

# Definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnoga prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže

---

Husnjak, Siniša

Doctoral thesis / Disertacija

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:025203>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-01**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Siniša Husnjak

**DEFINIRANJE OBRAZACA PONAŠANJA  
KORISNIKA PAMETNIH TELEFONA PRI  
PREBACIVANJU PODATKOVNOGA PROMETA  
S POKRETNIH NA WI-FI MREŽE**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2017.



UNIVERSITY OF ZAGREB  
FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC SCIENCES

Siniša Husnjak

**DEFINING THE BEHAVIORAL PATTERNS OF  
SMARTPHONE USERS IN MOBILE TO WI-FI  
DATA TRAFFIC OFFLOAD**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2017.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Siniša Husnjak

**DEFINIRANJE OBRAZACA PONAŠANJA  
KORISNIKA PAMETNIH TELEFONA PRI  
PREBACIVANJU PODATKOVNOGA PROMETA  
S POKRETNIH NA WI-FI MREŽE**

DOKTORSKI RAD

Mentor:

prof. dr. sc. Dragan Peraković

Zagreb, 2017.





UNIVERSITY OF ZAGREB  
FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC SCIENCES

Siniša Husnjak

**DEFINING THE BEHAVIORAL PATTERNS OF  
SMARTPHONE USERS IN MOBILE TO WI-FI  
DATA TRAFFIC OFFLOAD**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:

prof. dr. sc. Dragan Peraković

Zagreb, 2017.

## Sažetak

U ovom doktorskom radu razvijen je model za definiranje obrazaca korisničkog ponašanja u prebacivanju podatkovnog prometa s pokretne na Wi-Fi mrežu pri upotrebi pametnih telefona i vezanih aplikacija. Model uključuje precizno definirane faze i korake rada koji se odnose na specifičnu proceduru prikupljanja, združivanja, anonimizacije, obrade i analize dobivenih podataka. Istraživanje se temelji na analizi podataka o individualnim karakteristikama korisnika pametnih telefona i količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže prikupljenog pomoću integrirane aplikacije.

Individualne karakteristike korisnika pametnih telefona određene su na temelju odgovora prikupljenih *online* anketnim upitnikom. U cilju pravilnoga i preciznog određivanja korisničkih karakteristika identificirani su relevantni čimbenici koji utječu na generiranje podatkovnog prometa pametnih telefona te su utvrđene preferencije korisnika za prebacivanje podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže, pri upotrebi pametnih telefona i vezanih aplikacija. Na temelju identificiranih relevantnih čimbenika i utvrđenih preferencija korisnika određena su pitanja anketnog upitnika usmjerena karakteristikama korisnika koje imaju potencijal da budu parametri značajni za razvoj modela, kao nezavisne varijable istraživanja.

Mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa izvršeno je upotrebom integrirane aplikacije pametnih telefona temeljenih na operativnom sustavu (OS-u) Android. Realni podaci o generiranom podatkovnom prometu korisničkih pametnih telefona uključuju podatke o količinama prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Korisnici su segmentirani prema količinama prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže u pet kategorija, kao zavisna varijabla istraživanja. Izvršena je anonimizacija i združivanje prikupljenih podataka o generiranom podatkovnom prometu pametnih telefona i karakteristikama korisnika. Istraživanje je uključivalo analizu 298 pravilno i cjelokupno ispunjenih zapisa sa združenim podacima, a sudionici istraživanja izabrani su metodom prigodnog odabira uzorka.

Razvijenim modelom dokazano je kako je matematičkom metodom ordinalne logističke regresije moguće analizirati međuovisnosti združenih podataka o karakteristikama korisnika prikupljenih anketnim upitnikom s podacima o količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona, segmentiranih u pet korisničkih kategorija. Na temelju faza i koraka razvoja modela određene su karakteristike korisnika koje, sukladno vrijednostima parametara modela, predstavljaju nezavisne varijable sa značajnim utjecajem na zavisnu varijablu, odnosno kategoriju korisnika određenoj prema količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže.

Rezultati istraživanja i razvijenog modela utvrđuju vjerojatnosti da će korisnici određenih karakteristika (koje su određene kao značajne) pripadati jednoj od pet definiranih skupina korisnika prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže, pri upotrebi pametnih telefona, što definira obrasce korisničkog ponašanja.

**Ključne riječi:** pametni telefon, prebacivanje podatkovnog prometa, pokretne mreže, Wi-Fi, obrasci ponašanja korisnika

## Summary

This doctoral dissertation provides developed model for defining the patterns of users' behavior in data traffic offloading while using smartphones and related applications. Provided model includes precisely defined phases and steps of research work related to the specific procedures of collecting, gathering, anonymization, processing and analysis of given data. The research is based on the data analysis of individual smartphone users' characteristics and on the amount of offloaded data traffic from mobile networks onto Wi-Fi networks assessed by integrated application.

The individual characteristics of the smartphone users are determined based on answers of the on-line survey. To determine the proper and precise users' characteristics relevant factors have been identified, affecting the generation of the smartphone data traffic and users' preferences for transferring data traffic while using smartphone devices and related applications. Based on the identified factors and determined users' preferences, the questions for the survey have been specified directly aiming user's characteristics having a potential to become significant parameters in the development of model, as independent variables of the research.

The measurement of the generated data traffic has been conducted through the integrated smartphone application based on Android operating system. The real data of generated data traffic from the users' smartphones include information about the amount of offloaded data traffic from mobile onto W-Fi networks. The users have been segmented based on the amount of the Wi-Fi offload into five categories, making a dependent variable of the research. The anonymization and merging of the collected information about generated data traffic of smart mobile devices and the users' characteristics is being made. The research has included the analysis of 298 regularly and entirely fulfilled records of joint data, and the participants of the research have been selected by the method of appropriate sampling.

The fully developed model has proven the mathematical method of ordinal logistic regression as a useful method for the analysis of interdependence of joint data on the characteristics of users gathered by the survey providing the information on the amount of offloaded smartphone data traffic, segmented into five categories of users. Based on the phases and steps of the model development, the users' preferences have been determined, which, in accordance to the values of the parameters of the model, represent the independent variables with a significant impact on the dependent variable, i.e. users category, determined by the amount of data traffic being offloaded from mobile onto Wi-Fi networks.

Provided results of the research and the given model affirm the probability that the users of certain characteristics (marked as significant) will belong to the one of the five determined groups of users, classified by the amount of offloaded mobile data traffic from mobile to Wi-Fi networks while using smartphones, thus defining the patterns of users' behavior.

**Keywords:** smartphone, data traffic offload, mobile networks, Wi-Fi, users behavioral patterns

*Mojoj obitelji.*

# SADRŽAJ

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1	Predmet istraživanja i znanstvene hipoteze.....	2
1.2	Cilj istraživanja i znanstveni doprinos .....	4
1.3	Osvrt na dosadašnja istraživanja .....	5
1.4	Korištene znanstvene metode.....	10
1.5	Struktura doktorske disertacije.....	11
<b>2</b>	<b>STATISTIČKI POKAZATELJI O UPOTREBI PAMETNIH TELEFONA I PONAŠANJA KORISNIKA .....</b>	<b>13</b>
2.1	Upotreba pametnih telefona .....	14
2.1.1	Proizvođači pametnih telefona.....	16
2.1.2	Operativni sustavi pametnih telefona .....	17
2.1.3	Aplikacije pametnih telefona.....	19
2.2	Ponašanje korisnika pametnih telefona .....	22
<b>3</b>	<b>RAZVOJ I UPOTREBA POKRETNE I WI-FI PRISTUPNE MREŽE .....</b>	<b>31</b>
3.1	Evolucija komunikacijskih sustava pokretne mreže .....	32
3.1.1	Razvoj sustava pokretnih mreža 1G do 5G.....	33
3.1.2	Upotreba sustava pokretnih mreža.....	37
3.2	Razvoj i upotreba Wi-Fi mreža .....	40
3.2.1	Razvoj Wi-Fi mreža.....	40
3.2.2	Upotreba Wi-Fi mreža .....	41
<b>4</b>	<b>GENERIRANJE I MJERENJE PODATKOVNOG PROMETA PAMETNIH TELEFONA.....</b>	<b>45</b>
4.1	Podatkovni promet ostvaren pristupom pokretnim mrežama .....	46
4.1.1	Rast mobilnoga podatkovnog prometa .....	46
4.1.2	Usluge i terminalni uređaji .....	50
4.2	Prebačeni podatkovni promet s pokretnih na Wi-Fi mreže.....	53
4.2.1	Pristupi za prebacivanje podatkovnog prometa .....	54
4.2.2	Načini prebacivanja podatkovnog prometa .....	55
4.2.2.1	Privatno prebacivanje .....	56
4.2.2.2	Javno prebacivanje.....	57
4.2.2.3	Prebacivanje u nadležnosti operatora pokretne mreže .....	57
4.2.2.4	Carrier-class Wi-Fi prebacivanje .....	57
4.2.3	Količine prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona.....	58
4.3	Mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona .....	62
4.3.1	Subjektivne istraživačke metode za mjerenje .....	63
4.3.1.1	Anketni upitnici .....	64
4.3.1.2	Intervjui.....	64
4.3.2	Objektivne istraživačke metode za mjerenje .....	65
4.3.2.1	Laboratorijski testovi .....	65
4.3.2.2	Mjerenja prometa bežičnih mreža.....	65
4.3.2.3	Mjerenja na strani poslužitelja .....	66
4.3.2.4	Zapisi o naplati.....	67

4.3.2.5	Mjerenje na uređaju .....	68
4.3.2.5.1	Integrirane (izvorne) aplikacije.....	69
4.3.2.5.2	Aplikacije trećih strana .....	70

## **5 FAZE I KORACI U RAZVOJU MODELA ZA DEFINIRANJE OBRAZACA PONAŠANJA KORISNIKA PAMETNIH TELEFONA U PREBACIVANJU PODATKOVNOG PROMETA S POKRETNIH NA WI-FI MREŽE ..... 71**

5.1	Opis faza i koraka potrebnih za razvoj modela.....	72
5.2	Identifikacija relevantnih čimbenika ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona.....	74
5.2.1	Komunikacijska tehnologija mobilne mreže .....	75
5.2.2	Tehničke mogućnosti uređaja ovisno o generaciji mobilne mreže .....	76
5.2.3	Veličina i rezolucija zaslona uređaja .....	77
5.2.4	Operativni sustav uređaja.....	78
5.2.5	Postavke uređaja i aplikacija.....	79
5.2.6	Upotreba usluga i aplikacija .....	80
5.2.7	Sociodemografske karakteristike korisnika pametnih telefona .....	82
5.2.8	Kontekst korištenja .....	83
5.2.9	Tarifni plan i opcije .....	83
5.2.10	Alternativne komunikacijske tehnologije .....	85
5.2.11	Nadogradnje sustava i aplikacija .....	85
5.2.12	Personalnost korisnika i upotreba višestrukih uređaja.....	86
5.2.13	Sažimanje podataka .....	86
5.3	Utvrđivanje preferencija korisnika za prebacivanjem podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.....	88
5.3.1	Brzina prijenosa podataka Wi-Fi mreža .....	90
5.3.2	Neograničene količine podatkovnog prometa Wi-Fi mreža .....	91
5.3.3	Niska cijena pristupa Wi-Fi mrežama .....	92
5.3.4	Iskustvena kvaliteta usluge pristupa Wi-Fi mrežama .....	92
5.3.5	Dostupnost Wi-Fi tehnologije različitim korisničkim uređajima .....	93
5.3.6	Široko razmještena Wi-Fi infrastruktura .....	93
5.3.7	Kvaliteta i jačina signala pokretne mreže .....	95
5.3.8	Automatska prijava i pristup Wi-Fi mrežama.....	95
5.3.9	Sigurnost primjene.....	96
5.3.10	Manja potrošnja energije pametnog telefona.....	96
5.3.11	Međunarodni roaming.....	97
5.3.12	Poboljšana pokrivenost zatvorenih prostora .....	97
5.4	Mjerenje, prikupljanje i obrada podataka za istraživanje.....	99
5.4.1	Intervju s korisnicima i anketni upitnik .....	100
5.4.2	Mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona .....	103
5.4.3	Anketni upitnik o karakteristikama korisnika pametnih telefona .....	106
5.5	Anonimizacija i združivanje podataka za istraživanje .....	108
5.6	Sudionici i uzorak znanstvenog istraživanja .....	110
5.6.1	Demografske karakteristike ispitanika.....	112
5.6.2	Upotreba pametnih telefona i komunikacijskih mreža .....	113
5.6.3	Analiza količina generiranoga podatkovnog prometa .....	117

<b>6</b>	<b>MODEL ZA DEFINIRANJE OBRAZACA PONAŠANJA KORISNIKA PAMETNIH TELEFONA PRI PREBACIVANJU PODATKOVNOGA PROMETA S POKRETNIM NA WI-FI MREŽE .....</b>	<b>126</b>
6.1	Odabir matematičke metode za razvoj modela u istraživanju .....	127
6.1.1	Modeli diskretnog odabira .....	127
6.1.2	Logistička regresija.....	129
6.1.2.1	Logistički regresijski model.....	130
6.1.2.2	Ordinalna logistička regresija .....	133
6.1.2.2.1	Funkcija vjerodostojnosti i devijanca .....	135
6.1.2.2.2	Test omjera vjerodostojnosti.....	136
6.1.2.2.3	McFaden-ov $R^2$ koeficijent .....	137
6.1.2.2.4	Testiranje značajnosti koeficijenata.....	138
6.1.2.2.5	Interval povjerenja nezavisnih varijabli.....	139
6.1.2.2.6	Interpretacija koeficijenata .....	140
6.2	Određivanje varijabli modela .....	142
6.2.1	Određivanje zavisnih varijabli modela .....	143
6.2.2	Određivanje nezavisnih varijabli modela.....	147
6.2.2.1	Deskriptivna analiza .....	149
6.2.2.2	Jednodimenzionalna analiza pojedine nezavisne varijable .....	151
6.2.2.3	Višedimenzionalna analiza nezavisnih varijabli .....	155
6.2.2.3.1	Backward procedura .....	156
6.2.2.3.2	Forward procedura.....	158
6.2.2.4	Logistička diskriminativna analiza .....	160
6.3	Interpretacija i procjene parametara modela .....	161
6.3.1	Iteracije logaritma vjerodostojnosti .....	163
6.3.2	Parametri kvalitete modela .....	163
6.3.3	Interpretacija parametara varijabli .....	165
6.3.4	Koeficijenti i standardna odstupanja nezavisnih varijabli .....	167
6.3.5	Wald z statistika i p-test.....	168
6.3.6	95 % interval povjerenja .....	169
6.3.7	Pomoćni parametri.....	170
6.4	Interpretacija omjera izgleda i vezanih parametara .....	171
6.4.1	Izgledi realizacije određene ili više od određene kategorije zavisne varijable .....	173
6.4.2	Izgledi realizacije određene ili niže od određene kategorije zavisne varijable.....	175
6.5	Definiranje obrazaca ponašanja određivanjem vjerojatnosti pojave događaja .....	176
<b>7</b>	<b>DISKUSIJA DOBIVENIH REZULTATA .....</b>	<b>185</b>
7.1	Potencijal prebačenoga podatkovnog prometa kao dodana vrijednost za operatore pokretne komunikacijske mreže.....	186
7.2	Mogućnost primjene razvijenog modela .....	189
7.3	Daljnja istraživanja predmetnog područja .....	190
7.4	Ograničenja znanstvenog istraživanja .....	191
7.5	Originalnost rada .....	192
<b>8</b>	<b>ZAKLJUČAK .....</b>	<b>193</b>
	Popis korištene literature .....	197
	Popis slika .....	213

Popis tablica .....	215
Popis grafikona.....	218
Prilog 1: Upute za ispunjavanje Obrasca i anketnog upitnika .....	221
Prilog 2: Obrazac o generiranom podatkovnom prometu .....	222
Prilog 3: Potvrda Etičkog povjerenstva.....	223
Prilog 4: Segment združenih podataka Obrasca i anketnog upitnika.....	224
Prilog 5: Primjer ispunjenog Obrasca .....	225
Prilog 6: Kodirani podaci nezavisnih i zavisnih varijabli istraživanja.....	226
Prilog 7: Rezultati jednodimenzionalne analize nezavisnih varijabli istraživanja .....	238
Prilog 8: Obrasci ponašanja korisnika definirani vjerojatnostima .....	246
Životopis autora.....	254
Popis radova autora .....	255



# 1 Uvod

U uvodnom poglavlju pojasnit će se predmet istraživanja i motivacija autora te definirati znanstvene hipoteze rada. Odredit će se glavni cilj rada, način prikupljanja podataka za analizu te će se odrediti znanstveni doprinosi na temelju rezultata doktorske disertacije. Detaljno će se prikazati dosadašnja istraživanja predmetnog područja kao i uočeni nedostaci. Objasnit će se korištene znanstvene metode u sklopu rada te će se pojasniti kompozicija doktorske disertacije.

## 1.1 Predmet istraživanja i znanstvene hipoteze

Mobilni telefoni omogućuju pristup nizu različitih informacijsko-komunikacijskih usluga. Mogućnosti njihove upotrebe povećavaju se, a sve se više upotrebljavaju za obavljanje funkcija baziranih na prijenosu podataka koje su donedavno obavljala računala. Cisco u [1] navodi da pametni telefoni predstavljaju mobilne telefone naprednih karakteristika kao što je mogućnost pokretanja aplikacija i pristup mreži Internet, često s funkcionalnostima koje omogućuju računala. Pokretani su specifičnim OS-ima i omogućuju standardizirano sučelje te platforme za razvoj aplikacija.

Broj pretplatničkih priključaka pametnih telefona na globalnoj razini dostigao je tri milijarde, a u posljednjih pet godina ostvareni podatkovni promet (*data traffic*) povećao se više od 40 puta [2], [3], [4]. Povećana upotreba pametnih telefona, prilagodba tarifnih planova te korisnički zahtjevi za uslugama zabavnog i videosadržaja dovode do ubrzanog rasta količine prenesenoga podatkovnog prometa te se očekuje da će se taj rast nastaviti [5], [6]. Prema Ciscovu izvješću iz [7], očekuje se da će podatkovni promet generiran primjenom pametnih telefona prijeći 4/5 ukupnoga podatkovnog prometa ostvarenog pokretnim mrežama do 2020. godine.

Bošnjak u [8] navodi da podatkovni promet nastaje prijenosom podatkovnog oblika informacija između izvorišnoga i odredišnoga podatkovnog terminalnog uređaja upotrebom dijela kapaciteta zajedničkih resursa javne telekomunikacijske mreže. U ovom radu podatkovnog promet podrazumijeva upotrebu usluga i aplikacija baziranih na komutaciji paketa, isključujući komutaciju kanala.

Korisnici primjenom pametnih telefona i vezanih aplikacija generiraju podatkovni promet upotrebom pokretnih (mobilnih) i Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) mreža te značajno utječu na povećanje globalno ostvarenoga podatkovnog prometa. Prema autorima u [3], [9] i [10] prebacivanje (*offload*) podatkovnog prometa podrazumijeva korištenje komplementarnom pristupnom mrežnom tehnologijom (*Wi-Fi*, *WiMax* i sl.) za prijenos podatkovnog prometa umjesto prijenosa upotrebom pokretnih mreža. U slučaju pametnih telefona u ovom radu alternativnu pristupnu mrežnu tehnologiju predstavlja isključivo mreža Wi-Fi. Pametni telefoni u suštini su namijenjeni povezivanju s pokretnom mrežom, no tehnološki razvoj istih omogućio je korištenje i Wi-Fi mrežom. Količina podatkovnog prometa pametnih telefona ostvarena upotrebom Wi-Fi mreže predstavlja količinu prebačenog (*offload*) podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.

S obzirom na navedenu činjenicu, u ovom će se radu upotrebljavati sljedeći pojmovi vezani uz generiranje podatkovnog prometa pametnih telefona:

- mobilni podatkovni promet pametnog telefona – količina podatkovnog prometa ostvarena (generirana) od strane pametnog telefona pristupom isključivo pokretnim (mobilnim) mrežama
- prebačeni podatkovni promet pametnog telefona (*offload*) – količina podatkovnog prometa pametnog telefona prebačena s pokretne na Wi-Fi mrežu odnosno ostvarena (generirana) od strane pametnog telefona pristupom isključivo Wi-Fi mrežama

- podatkovni promet pametnog telefona – sumarna količina podatkovnog prometa ostvarena (generirana) od strane pametnog telefona pristupom pokretnim (mobilnim) i Wi-Fi mrežama.

Prosječna individualna razina mobilnoga podatkovnog prometa značajno se povećala tijekom vremena, a neki autori navode da količina ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa po korisniku nije porasla linearno, već eksponencijalno [11]. Pametni telefoni povezuju se s raznovrsnim širokopojasnim mrežama i omogućuju svojim korisnicima stalno rastući opseg usluga i aplikacija te dovode do eksplozivnog rasta u generiranju podatkovnog prometa [12]. Povećana funkcionalnost pametnih telefona označava povećanje propusne moći uređaja i količine ostvarenoga podatkovnog prometa [13]. Tijekom proteklih nekoliko godina cijene mobilnoga širokopojasnog pristupa Internetu pale su, povećala se propusnost komunikacijskih mreža te se korištenje mobilnim Internetom brzo povećalo [14]. Kada se karakteristike uređaja kombiniraju s bržim i većim širinama prijenosnog pojasa te inteligentnim mrežama, dolazi do široke primjene naprednih multimedijских aplikacija koje doprinose povećanju ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona [15].

Promjena pristupne mreže s pokretnih na Wi-Fi mreže trenutno je jedna od najintragantnijih poslovnih mogućnosti u okviru industrije pokretnih komunikacijskih sustava [16]. Marcus i ostali u [5] navode da ako pametni telefon ima sučelje prema pokretnim i Wi-Fi mrežama, onda je razumna pretpostavka da će se podatkovni promet prenositi putem pokretne mreže u trenucima nedostatka Wi-Fi pristupa. Wi-Fi pristupne točke široko su rasprostranjene. U vrijeme istraživanja [17] više od 180 milijuna Wi-Fi pristupnih točaka bilo je razmješteno diljem svijeta.

Količina podatkovnog prometa koja se trenutno prebacuje na Wi-Fi mreže, prvenstveno zbog Wi-Fi pristupnih točaka u kućanstvima, već prelazi ukupnu količinu podatkovnog prometa u pokretnoj mreži te se očekuje da će i dalje rasti [5]. Cisco u [7] ističe da će količina podatkovnog prometa pametnih telefona prebačenoga s pokretne na Wi-Fi mrežu biti 56 % do 2020. godine, dok autori u [18] navode da se više od 70 % podatkovnog prometa pametnih telefona prebacuje na Wi-Fi mrežu.

Kako mogućnost prijenosa podataka pametnih telefona postaje sve snažnija, mijenja se i pogled telekomunikacijskih operatora. Današnjih dana po prvi puta kvaliteta usluge prijenosa podataka i određivanje cijena mobilnoga podatkovnog prometa postaje važnija od prijenosa glasa [19]. Povećana upotreba pametnih telefona i aplikacija, koja zahtijeva pristup mreži u svakom trenutku, promijenila je korisničko ponašanje. Operatori pokretnih mreža nemaju potpuni uvid u ponašanje korisnika i generiranje podatkovnog prometa za vrijeme korisničkog pristupa Wi-Fi mreži.

Operatori pokretnih mreža svjesni su da je upotreba Wi-Fi mreža ukorijenjena u korisničko ponašanje i korištenje, ali je fragmentacija Wi-Fi mreža otežala precizno mjerenje takvog korištenja. Povezivanje pametnih telefona s pristupnim Wi-Fi točkama i tako ostvareni podatkovni promet predstavljaju dio generiranoga podatkovnog prometa koji operator pokretne mreže ne može izmjeriti.

Predmet istraživanja ove doktorske disertacije jesu obrasci ponašanja korisnika pametnih telefona kod generiranja podatkovnog prometa u području u kojemu im je omogućen pristup informacijsko-komunikacijskim uslugama korištenjem mrežom Wi-Fi umjesto pokretnom pristupnom mrežom.

Na temelju nedostataka u dosadašnjoj literaturi s obzirom na predmet istraživanja, utvrđene su sljedeće znanstvene hipoteze:

- pridruživanjem prikupljenih podataka o ostvarenom podatkovnom prometu pametnog telefona integriranom aplikacijom s anketnim podacima o individualnim karakteristikama korisnika moguće je definirati obrasce ponašanja korisnika
- identifikacija čimbenika koji utječu na generiranje podatkovnog prometa pametnog telefona i utvrđivanje preferencija za prebacivanje podatkovnog prometa pametnog telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže podloga su za istraživanje karakteristika korisnika pametnih telefona.

Motivacija autora ove disertacije vođena je snažnim rastom upotrebe pametnih telefona i aplikacija, a time i generiranja podatkovnog prometa upotrebom pokretnih i Wi-Fi mreža. Mjerenja ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona integriranom aplikacijom nude mogućnosti istraživanja obrazaca ponašanja korisnika vezanih uz prebacivanje podatkovnog prometa s pokretne na Wi-Fi pristupnu komunikacijsku mrežu. Navedene informacije nisu poznate u okviru znanstvene i stručne literature. Iste mogu poslužiti operatorima pokretnih mreža za potrebe strateškog djelovanja i optimizacije poslovanja u vidu personalizacije usluga i tarifnih planova, segmentacije i targetiranja korisnika te planiranja telekomunikacije mreže na temelju potencijalne implementacije komplementarne Wi-Fi pristupne mreže.

## **1.2 Cilj istraživanja i znanstveni doprinos**

Cilj istraživanja ove doktorske disertacije je definirati obrasce korisničkog ponašanja u prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih mreža na Wi-Fi mreže pri upotrebi pametnog telefona i vezanih aplikacija.

Planirano istraživanje odnosi se na utvrđivanje karakteristika korisnika na temelju relevantnih čimbenika koji utječu na generiranje podatkovnog prometa pametnih telefona (tarifni plan, OS uređaja, veličina i rezolucija zaslona uređaja, usluge i aplikacije kojima se koristi i dr.) i preferencije korisnika u prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže (brzina prijenosa podataka korištenjem Wi-Fi mrežama, neograničena količina podatkovnog prometa, nizak trošak pristupa i dr.).

Istraživanje se temelji na analizi ostvarenoga podatkovnog prometa pametnog telefona (primjenom integrirane aplikacije) i na analizi individualnih karakteristika korisnika tih pametnih telefona (prikupljenih *online* anketnim upitnikom). Prikupljeni podaci združeni su i anonimizirani. Raspoloživim programskim alatima Microsoft Office Excel 2013 i Stata te matematičkom metodom ordinalne logističke regresije, utvrđen je utjecaj odabranih karakteristika korisnika na izgled pripadnosti određenoj skupini korisnika, segmentiranih prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.

Ostvarenje budućeg potencijala rasta industrije mobilne telefonije uz poticanje upotrebe pametnih telefona i generiranja podatkovnog prometa od strane trenutno neiskorištenih segmenata korisnika zahtijevat će od operatora detaljnije razumijevanje ponašanja korisnika kako bi se implementirali održivi i profitabilni modeli utvrđivanja cijena i optimizacije poslovanja. Navedeno uključuje potrebu za razumijevanjem potražnje za podatkovnim prometom korisnika pametnih telefona prema načinu primjene, mjestu i dobu dana, kao i prema korisnikovom najpoželjnijem načinu pristupa mreži, odnosno upotrebom pokretne ili Wi-Fi pristupne mreže.

Rezultati istraživanja mogu poslužiti u donošenju odluka operatorima pokretnih mreža u procesima planiranja telekomunikacijske mreže i razvoja tarifnih planova. Na temelju definiranog cilja istraživanja te postavljenih znanstvenih hipoteza, izvorni znanstveni doprinosi u polju Tehnologija prometa i transport jesu:

- identificirani relevantni čimbenici koji utječu na generiranje podatkovnog prometa pametnog telefona i utvrđene preferencije korisnika pri donošenju odluke o prebacivanju podatkovnog prometa pametnog telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže
- razvijena nova metodologija združivanja podataka o ostvarenom podatkovnom prometu korištenjem pokretnih i Wi-Fi mreža te prikupljenih integriranom aplikacijom pametnog telefona s anketnim podacima o individualnim karakteristikama korisnika tih pametnih telefona
- razvijen model za definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.

### **1.3 Osvrt na dosadašnja istraživanja**

Značajan broj autora analizirao je upotrebu mobilnih telefona unutar različitih konteksta, no manji broj istraživanja bavi se razlozima individualnih razlika u količini ostvarenoga podatkovnog prometa specifično za pametne telefone i mogućnosti njihovog korištenja. Pojedina istraživanja usmjerena su na analizu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa (korištenjem isključivo pokretnim mrežama), dok neka od istraživanja analiziraju razlike u ostvarenom podatkovnom prometu upotrebom pokretnih mreža različitih generacija ili pokretnih i Wi-Fi mreža. Pojedini autori prikazuju ponašanje korisnika u okviru korištenja pametnim telefonima te generiranja podatkovnog prometa pokretnim i/ili Wi-Fi mrežama. Nastavak teksta sadrži osvrt na prethodna istraživanja predmetnog područja sa sažetim opisom pojedinog istraživanja.

Neki od autora analizirali su upotrebu pametnih telefona, povezanih aplikacija i informacijsko-komunikacijskih usluga. Tako Rana u radu [20] primjenom aplikacije za nadzor korištenja pametnim telefonima analizira upotrebu aplikacija uređaja, bez obzira na njegov tip. Slična istraživanja Verkasalo prikazuje u [21] i [22], a daju podatke o praćenju rada mobilnih telefona i analiziraju upotrebu različitih informacijsko-komunikacijskih usluga mobilnih telefona u Finskoj.

Upotreba mobilnih telefona u vidu generiranja mobilnoga podatkovnog prometa prikazana je kroz niz istraživanja, s poveznicama između ponašanja korisnika, mobilnih telefona i

korištenih informacijsko-komunikacijskih usluga. Tako Alwahaishi u [23] analizira ponašanje i karakteristike korisnika te njihove namjere za korištenje mobilnim Internetom, dok Falaki u [24] prikazuje detaljnu analizu obrazaca i količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa koji generiraju pametni telefoni upotrebom različitih informacijsko-komunikacijskih usluga i aplikacija kao što su pretraživanje Interneta, trenutačno poručivanje, korištenje navigacijskim kartama i sl. Baghel u [25] analizira količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa različitih aplikacija pametnih telefona. Ghose u [26] na velikom broju ispitanika daje prikaz korisničkog ponašanja, odnosno obrazaca ponašanja upotrebe informacijsko-komunikacijskih usluga i aplikacija baziranih na generiranju mobilnoga podatkovnog prometa, a He u radu [27] analizira obrasce generiranja mobilnoga podatkovnog prometa kod različitih pametnih telefona za dizajniranje potrebnih performansi mobilne mreže. Yang u [28] prikazuje vezu između količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa, aplikacija povezanih s pametnim telefonima i mobilnosti korisnika, dok Binde u [29] prikazuje razvoj mobilne komunikacijske mreže i informacijsko-komunikacijskih usluga kao čimbenike koji utječu na korištenje mobilnim Internetom u Latviji.

Korelaciju između količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa te glasovnih i SMS usluga analizirao je Gerpott u istraživanju [30], s rezultatima da veće količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa označavaju smanjenje broja poslanih/primljenih SMS poruka, dok se ne zamjećuje značajna korelacija povećanja količine mobilnoga podatkovnog prometa i korištenja glasovnim informacijsko-komunikacijskim uslugama kao čimbenika. Isti autor u istraživanju [31] određuje tri čimbenika (tarifni plan, klasa uređaja i Wi-Fi pristup) za koje smatra da utječu na količinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa te analizira njihovu međuovisnost.

Rezultati istraživanja prikazani u [32], [33], [34] dokazuju kako postoje značajne razlike u individualnim varijancama u količinama ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa korisnika različitih pametnih telefona. Iscrpno istraživanje korištenja mobilnim Internetom prikazano je u [32], s naglaskom na sve vrste mobilnih telefona koji omogućuju generiranje mobilnoga podatkovnog prometa. Rad daje podatke o mogućim čimbenicima koji utječu na generiranje mobilnoga podatkovnog prometa različitih pametnih telefona.

U radu [33] Gerpott i ostali prikazuju vezu između mjesečno ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa, osobnih karakteristika korisnika (starost, spol, vrijeme korištenja pretplatničkim ugovorom, iskustvo korištenja mobilnim Internetom, OS i veličina zaslona uređaja) i četiriju različitih vrsta pametnih telefona (prema OS-u). U tom radu korišteni su podaci o mjesečno ostvarenom mobilnom podatkovnom prometu dobiveni od strane operatora pokretne mreže. Rezultati su usmjereni na individualne korisničke varijacije u količinama ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa u ovisnosti o navedenim čimbenicima.

Neka od istraživanja prikazuju mogućnosti i istraživačke metode za mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa mobilnog uređaja ili pametnog telefona. Razvoj softvera za nadzor podatkovnog prometa na uređaju i testovi ostvareni su 2003. godine, dok su prvi akademski rezultati koji su se koristili takvim softverom iznijeti 2005. godine [35]. U istraživanju [32] prikazani su različiti pristupi mjerenju mobilnoga podatkovnog prometa, svaki sa zasebnim prednostima i nedostacima. Tako su definirane objektivne i subjektivne metode sa svojim

karakteristikama. Istraživanje [36] predstavlja detaljan pregled istraživačkih metoda, njihove prednosti i nedostatke, primjenjivost određene metode na ciljeve istraživanja, mjerne točke unutar telekomunikacijske mreže te mogućnosti predviđanja ponašanja i korištenja informacijsko-komunikacijskim uslugama korisnika pametnih telefona. Istraživanje također analizira razlike u pogledu opsega istraživanja i karakteristika prikupljenih podataka. Osim toga, razmatraju se i pitanja privatnosti podataka te ostala ograničenja.

U istraživanju [37] mjerenja izvršena na samim mobilnim telefonima dopunjena su upitnicima ispunjenim od strane korisnika koji su sudjelovali u istraživanju. Istraživanje Riikonena u [14] usmjereno je na mjerenje podatkovnog prometa generiranog upotrebom pokretnih mreža i omogućava primjenjivost u razumijevanju tržišta za različite interesne subjekte. Kivi u istraživanju [38] korištenje mobilnim pristupom Internetu mjeri pomoću triju temeljno različitih metoda: prikupljanje podataka iz sustava izvještaja/naplate operatora pokretne mreže, mjerenja podatkovnog prometa u pojedinim elementima pokretne mreže i mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa na individualnim uređajima.

Lee u [39] prikazuje i vrednuje rezultate mjerenja među korisnicima Android mobilnih uređaja, koji su dali pristup podacima o njihovoj podatkovnoj mrežnoj aktivnosti na razini uređaja putem razvijene mobilne aplikacije. Istraživanje [40] predstavilo je Android aplikaciju za mjerenja upotrebe mreže i uređaja mjerenjem mrežnih parametara kao što su kašnjenje, brzine prijenosa podataka, gubitak paketa i pasivna mjerenja koja prikazuju aplikacije instalirane na uređaju korisnika i mrežnu upotrebu u bajtovima za svaku od aplikacija. Istraživanje [41] analiziralo je karakteristike podatkovnog prometa i istražilo neka važna pitanja vezana uz podatkovni promet pametnih telefona. Aplikacija na Android platformi razvijena je za prikupljanje ostvarenoga mrežnog prometa. Prikupljeni su podaci analizirani kako bi se razumjele karakteristike podatkovnog prometa pametnih telefona i proučio odnos između konteksta i upotrebe pametnog telefona. Istražena je količina prometa generirana u različitim periodima u danu i u različitim danima u tjednu, zajedno s korištenim protokolima i generiranim vrstama sadržaja.

Soikkeli u [42] koristi se mjerenjem na samim mobilnim uređajima za prikupljanje informacija vezanih uz razdoblje upotrebe mobilnih telefona. Podaci su prikupljeni od skupine testnih korisnika koji su imali unaprijed instalirani softver/aplikaciju za nadziranje prometa. Podaci su upotrijebljeni za opisivanje konteksta korištenja mobilnim uređajima, pri čemu navedeni pomažu u razumijevanju ponašanja korisnika. Istraživanje [35] definira metodu mjerenja na samim mobilnim uređajima za analiziranje korištenja mobilnim uslugama. Metoda kombinira upotrebu prikupljenih podataka izmjerenih na mobilnom uređaju i podatke dobivene anketnim upitnikom. Metoda mjerenja na samim mobilnim uređajima temelji se na poslužiteljskoj infrastrukturi koja komunicira sa softverom za praćenje razvijenim za Nokia S60 pametne telefone. Istraživanje [43] uspoređuje pristupne mreže LTE i Wi-Fi za prijenos različitih količina podatkovnog prometa u silaznoj vezi (preuzimanje, *download*) i uzlaznoj vezi (učitavanje, *upload*) pomoću mobilne aplikacije. Mobilna aplikacija mjeri krajnje performanse Wi-Fi i pokretne mreže te se koristi tim mjerenjima kako bi dala informaciju korisnicima pametnih telefona trebaju li se koristiti Wi-Fi ili pokretnom pristupnom mrežom u aktualnom vremenu i na aktualnoj lokaciji. Aplikacija također služi kao mjerni alat tako da prenosi detaljne mjerne podatke poslužitelju, na razini paketa. Neka od istraživanja temelje se na upitnicima pa

se tako istraživanje [44] koristi prikupljenim podacima iz triju različitih studija o upotrebi pametnih telefona kako bi se ponovio prethodni rad na primjeni mobilne aplikacije i na razumijevanju ponašanja korisnika mobilnih uređaja.

Postoji mali broj istraživanja o tome kako korisnici pametnih telefona pristupaju Wi-Fi mreži, kako ju žele upotrebljavati u budućnosti i što ih potiče da radije povežu svoj uređaj na Wi-Fi, a ne na pokretnu mrežu [2]. Tako istraživanje [45] primjenom aplikacije za OS-e iOS i Android prikazuje kako se korisnici pametnih telefona koriste pristupnim mrežama (3G, 4G i Wi-Fi pristupom), te navodi da pri odabiru odgovarajuće pristupne mreže korisnici pametnih telefona uzimaju u obzir pristup novijim komunikacijskim tehnologijama, njihovim mogućnostima za brzinama prijenosa podataka i ekonomskim mogućnostima. Kako navodi istraživanje [46], ponašanje korisnika pametnih telefona mijenja se ovisno o izboru pristupne mreže, dok Salter i ostali u [18] prikazuju sklonost pretplatnika pokretnih mreža da pristupe Wi-Fi, a ne pokretnoj (3G ili 4G) mreži iako je ona dostupna. Aijaz u istraživanju [9] daje pregled izazova s kojima se susreću telekomunikacijski operatori, a vezani su uz prebacivanje podatkovnog prometa s pokretne na Wi-Fi mrežu te također nudi prijedloge za uspješno rješavanje tih izazova.

Bakhit u [47] navodi da se unatoč različitim rješenjima za prebacivanje podatkovnog prometa, prebacivanje na Wi-Fi mreže pokazuje kao optimalno jer iskorištava resurse koje Wi-Fi nudi u smislu dostupnosti i propusnosti. Autori u [46] prikazuju da je prebacivanje podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže potaknuto „besplatnom” dostupnošću Wi-Fi pristupa u domovima, jednostavnošću automatskog odabira Wi-Fi mreže od strane pametnih telefona, iskustvenom kvalitetom (*Quality of Experience* – QoE) na pokretnim mrežama i cjenovnom strukturom podatkovnih usluga pokretnih mreža. Hetting u [16] navodi da većina korisnika razmišlja o pristupu putem Wi-Fi mreža kao jeftinijem, jednostavnijem, bržem i pouzdanijem načinom pristupa u odnosu na pristup upotrebom pokretnih mreža.

Neka od istraživanja daju prikaz generiranja i prebacivanja podatkovnog prometa pametnih telefona. Tako istraživanje [46], prikupljanjem podataka upotrebom aplikacije pametnih telefona, prikazuje trendove u generiranju podatkovnog prometa pametnih telefona i vezanih aplikacija pristupom pokretnim i Wi-Fi mrežama. Nastavak istraživanja prikazan u [48] i baziran na većem uzorku prikazuje generiranje podatkovnog prometa upotrebom različitih pristupnih tehnologija, aplikacija i OS-a, varijacije unutar pojedinih tržišta pokretnih mreža, utjecaj tarifnog plana na ostvareni podatkovni promet i razlike u generiranju podatkovnog prometa 3G i 4G pametnih telefona. Istraživanje [49] prikazuje trend da se generiranje podatkovnog prometa putem pokretnih mreža povećava ukoliko se poveća količina podatkovnog prometa uključenog u tarifni plan, no generiranje podatkovnog prometa Wi-Fi mrežama ostaje konzistentno bez obzira na korišteni tarifni plan. Autori u [50] prezentiraju karakteristike prebacivanja podatkovnog prometa s 3G na Wi-Fi mreže i prikazuju da se pristupom Wi-Fi mrežama prenosi oko 65 % ukupnoga podatkovnog prometa, dok je Teshager u istraživanju [6] dao prijedlog i diskusiju o arhitekturi koja omogućuje međusobni rad između Wi-Fi i 3G mreža.

Soikkeli u [51] ističe da pametni telefoni nude mogućnost prikupljanja informacija o generiranju podatkovnog prometa upotrebom aplikativnog rješenja. Podaci se mogu iskoristiti



za dobivanje informacija o navikama i ponašanju korisnika. Paolini u [52] napominje da u trenucima kada se pretplatnici prebacuju na Wi-Fi mreže, većina operatora pokretnih mreža gubi trag o tome što ti korisnici rade, koja je količina prenesenoga podatkovnog prometa, korisničku iskustvenu kvalitetu i sigurnost pristupne veze.

Istraživanje [53] korištenjem aplikacijom OS-a Android prikazuje razlike u ostvarenom podatkovnom prometu ukoliko je implementirana tehnologija 4G uz prijašnju omogućenu tehnologiju 3G, kao i da se pokrivenost Wi-Fi mrežama i dalje širi. Sani i ostali u [54] analiziraju generiranje podatkovnog prometa usporedbom različitih aplikacija iste kategorije te istih popularnih aplikacija na različitim OS-ima. Prikupljeni su podaci putem razvijene aplikacije, a prati se generiranje podatkovnog prometa putem Wi-Fi i pokretne mreže te vrijeme provedeno u korištenju aplikacijama. Rezultati istraživanja [45] ističu povećanje prenesenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže tako da se više od 40 % korisnika spaja na više od jedne Wi-Fi pristupne točke u jednom danu. Predložena aplikacija mjeri brzinu preuzimanja sadržaja internetske stranice istovremeno pristupom putem Wi-Fi i 3G mreže. Nakon usporedbe rezultata, uređaj se prebacuje na pogodniju pristupnu mrežu. Navedeno telekomunikacijskim operatorima omogućuje adekvatno upravljanje mrežom i poboljšanje kvalitete usluge (*Quality of Service – QoS*).

Taylor i ostali u [2] prikazuju ponašanje korisnika i upotrebu pametnih telefona te razinu interesa za korištenjem pristupom putem Wi-Fi mreža. Kaiser u [41] uspoređuje podatkovni promet generiran putem pokretnih i Wi-Fi mreža, a podaci su prikupljeni korištenjem aplikacijom kako bi se mogle razumjeti karakteristike sudionika u različitim kontekstima (mreža, lokacija, vrijeme i sl.). Podaci prikupljeni kroz istraživanje uključuju 39 sudionika. Verkasalo u [35] prikazuje korisničko ponašanje kod upotrebe pokretnih informacijsko-komunikacijskih usluga kombinacijom anketnih upitnika i prikupljanja podataka o korištenju uslugama putem aplikacije. Li i ostali u [55] navode obrasce korištenja aplikacijama s obzirom na popularnost aplikacija, upravljanje aplikacijama, izbor aplikacija, napuštanje/deinstalaciju aplikacija i korištenje različitim pristupnim mrežama za generiranje podatkovnog prometa. Istraživanje [39] razvijenom aplikacijom prikazuje tjednu i dnevnu distribuciju podatkovnog prometa pametnih telefona pristupom pokretnim i Wi-Fi mrežama na temelju dana u tjednu i vremenskom periodu u danu. Navedeno se pripisuje uobičajenim radnim navikama i obrascima ponašanja korisnika.

Iako autori u prethodnim istraživanjima prikazuju različitost pristupa, generiranje i prebacivanje podatkovnog prometa pametnih telefona korištenjem pokretnim i Wi-Fi mrežama te neke od karakteristika korisnika, kao nedostatak prethodnih istraživanja ističe se potreba za definiranjem obrazaca ponašanja korisnika u prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Navedeno će omogućiti segmentaciju korisnika prema količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže, sukladno njihovim karakteristikama i obrascima ponašanja. Rezultati istraživanja mogu poslužiti u donošenju odluka operatorima pokretnih mreža u procesima planiranja telekomunikacijske mreže i razvoja tarifnih planova. Time će se omogućiti detaljnija segmentacija korisnika, a u skladu s time i targetiranje korisnika za ponudu informacijsko-komunikacijskih usluga baziranih na prijenosu podataka.

## 1.4 Korištene znanstvene metode

Na temelju postavljenog predmeta istraživanja, hipoteza, cilja istraživanja, znanstvenih doprinosa rada te formuliranih i prezentiranih rezultata istraživanja, u odgovarajućoj su mjeri primijenjene sljedeće znanstvene metode:

Za prikupljanja informacija o ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona korištena je metoda mjerenja, budući da integrirana aplikacija pametnog telefona omogućuje mjerenje i prikaz rezultata izmjenoga podatkovnog prometa pametnih telefona sudionika istraživanja.

Budući da se izmjereni podaci o ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona združuju s prikupljenim podacima o karakteristikama navedenih korisnika, korištena je metoda anketnog upitnika. Navedeni anketni upitnik distribuiran je i mrežno dostupan (*online*) na temelju poveznice dobivene u sklopu intervjua s korisnicima. S obzirom na to da je bila potrebna edukacija korisnika o načinu prikupljanja podataka i korisnička privola za navedeno, korištena je metoda intervjua kao još jedna od znanstvenih metoda u sklopu istraživanja.

Nadalje, na temelju rezultata prethodnih znanstveno-istraživačkih i stručnih radova te praktičnih primjera, korištena je metoda kompilacije i povijesna metoda u vidu preuzimanja tuđih opažanja, stavova, razmišljanja, zaključaka i spoznaja. Metodom deskripcije pojašnjen je predmet istraživanja i pojedini postupci u okviru doktorske disertacije, kao što je način prikupljanja i mjerenja podataka o ostvarenom podatkovnom prometu te način provedbe i pitanja anketnog upitnika.

Metodom analize izvršena je raščlamba složenijih misaonih tvorevina – kao što je razvijeni model za definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže (u daljnjem tekstu: model) na njegove jednostavnije sastavne dijelove i elemente te pojašnjenje svakog pojedinog dijela (pojedini statistički parametri, koeficijenti i sl.). Nastavno na metodu analize, korištena je i metoda modeliranja čime je razvijen model kao odgovor na predmet istraživanja.

Metodom klasifikacije izvršena je klasifikacija korisnika u pet skupina sukladno količinama prenesenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Nadalje, matematička i statistička metoda omogućile su razvoj modela i analizu pojedinih parametara na temelju prikupljenih podataka, kao i statistički opis uzorka istraživanja i značajki sudionika istraživanja.

Zaključci o obrascima ponašanja korisnika pojedine skupine izvršeni su na temelju metode dedukcije na način da obrazac ponašanja korisnika određene skupine slijede pojedinci te skupine klasificirani prema određenim karakteristikama. Metodom generalizacije i metodom indukcije doneseni su zaključci koji na temelju pojedinačnih obrazaca ponašanja korisnika dovode do općenitijih zaključaka o cjelokupnoj skupini korisnika određenih karakteristika.

## 1.5 Struktura doktorske disertacije

Na temelju postavljenog predmeta i cilja istraživanja, osvrta na dosadašnja istraživanja predmetnog područja te primjene spomenutih znanstveno-istraživačkih metoda, proizlazi struktura rada kroz poglavlja navedena u nastavku teksta.

U uvodnom poglavlju pojašnjen je predmet istraživanja i autorova motivacija te su definirane znanstvene hipoteze rada. Određen je glavni cilj rada, način prikupljanja podataka za analizu te su određeni znanstveni doprinosi na temelju dobivenih rezultata razvijenog modela. Detaljno su prikazana dosadašnja istraživanja predmetnog područja, kao i uočeni nedostaci. Objašnjene su korištene znanstvene metode u sklopu rada te je pojašnjena kompozicija doktorske disertacije.

S obzirom na diferencijaciju karakteristika pametnih telefona, drugo poglavlje opisuje proizvođače i isporuke pametnih telefona te različitosti na tržištu, s predviđanjima budućeg stanja. Prikazano je globalno i regionalno stanje korištenih OS-a pametnih telefona, kao i detalji korištenja dominantnim OS-om Android. Prikazani su i statistički podaci o korištenju aplikacijama pametnih telefona. Ponašanje korisnika pametnih telefona opisano je podacima o upotrebi pametnih telefona i vezanih aplikacija u različitim državama i kategorijama korisnika. Ujedno su dani primjeri uočenih obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona i aplikacija unutar različitih vremenskih perioda i raznovrsnih konteksta korištenja.

Razvoj bežičnih komunikacijskih mreža jedan je od značajnih elemenata vezanih uz ekosustav pametnih telefona i aplikacija, upotrebu i isporuku informacijsko-komunikacijskih usluga te generiranje i prebacivanje podatkovnog prometa. U tom vidu treće poglavlje opisuje razvoj pokretnih mreža sukladno generacijskim podjelama, kao i upotrebu te trendove pojedine tehnologije pokretne mreže. Nadalje, u vidu prebacivanja podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže opisan je razvoj pristupnih Wi-Fi tehnologija i njihove značajke. Prikazana je i upotreba Wi-Fi mreža.

S obzirom na karakteristike i upotrebu pametnih telefona u četvrtom poglavlju dan je prikaz elemenata koji se odnose na ostvareni podatkovni promet pametnih telefona. Navedeno uključuje opis rasta ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona upotrebom pokretne mreže, s pripadajućim statističkim analizama. Nadalje, navedeni su podaci o raznolikosti informacijsko-komunikacijskih usluga i terminalnih uređaja pri generiranju podatkovnog prometa pametnih telefona upotrebom pokretnih mreža. Usporedno su definirani načini prebacivanja podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže kao i pregled statistika koje daju informacije o količinama prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Na kraju poglavlja analizirane su istraživačke metode koje omogućuju mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pripadajućim karakteristikama.

Faze i koraci u razvoju modela za definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže detaljno su prikazani u petom poglavlju. Identificirani su relevantni čimbenici koji utječu na generiranje podatkovnog prometa pametnih telefona te su utvrđene preferencije korisnika za prebacivanjem podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Detaljno je prikazan postupak mjerenja, prikupljanja i naknadne obrade prikupljenih podataka o ostvarenom podatkovnom prometu

pametnih telefona sudionika istraživanja. Opisan je postupak anonimizacije prikupljenih podataka kao i združivanje prikupljenih podataka o ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona s podacima anketnih upitnika sudionika istraživanja. Analizirane su karakteristike sudionika istraživanja koje uključuju demografiju, upotrebu pametnih telefona i aplikacija te generiranje podatkovnog prometa.

Razvijeni model prikazan u šestom poglavlju uključuje opis potrebnih te korištenih zavisnih i nezavisnih varijabli te prikazuje mogućnosti primjene regresijske analize nad prikupljenim podacima u sklopu istraživanja. Nadalje, dan je opis značajki korištene matematičke metode ordinalne logističke regresije kao podskupa logističke regresije. U tom vidu definirane su značajke kao što su izgledi, omjer izgleda i parametri specifični za postupak validacije modela zasnovanog na upotrebi metode ordinalne logističke regresije. Detaljno je specificiran postupak određivanja zavisnih i nezavisnih varijabli u postupku razvoja modela. U tom vidu utvrđeni su kriteriji određivanja zavisne varijable istraživanja te koraci kojima su određene nezavisne varijable sa značajnim utjecajem na zavisnu varijablu. Osim interpretiranih omjera izgleda i vezanih parametara, na kraju poglavlja definirani su obrasci ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Navedeni obrasci temelje se na izračunatim vjerojatnostima da korisnik određenih karakteristika koje su definirane kao značajne pripada određenoj kategoriji korisnika. Segmentacija korisnika načinjena je prema količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže.

Sedmo poglavlje prikazuje diskusiju glavnih rezultata dobivenih istraživanjem. Prikazan je potencijal prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže kao dodana vrijednost za telekomunikacijske operatore u vidu učinkovitijeg korištenja resursa kojima raspolažu. Iskazane su mogućnosti upotrebe matematičke metode ordinalne logističke regresije i razvijenog modela za potrebe operatora i davatelja usluga pokretnih i Wi-Fi mreža. Navedeni su planovi daljnjih istraživanja. Iako je disertacija ispunila zadane ciljeve i potvrdila znanstvene hipoteze rada, napomenuta su ograničenja rada. Na kraju poglavlja istaknuti su elementi koji utječu na originalnost rada.

Osmo poglavlje donosi zaključna razmatranja na temelju dobivenih rezultata kojima su dokazane postavljene hipoteze i potvrđeni izvorni znanstveni doprinosi istraživanja. Osim toga, dana su zaključna razmatranja u pogledu razvijene metodologije za izradu modela te upotrijebljene metode ordinalne logističke regresije te je pojašnjeno tumačenje dobivenih rezultata modela kojima je ostvaren zadani cilj istraživanja.

## 2 Statistički pokazatelji o upotrebi pametnih telefona i ponašanja korisnika

S obzirom na diferencijaciju karakteristika pametnih telefona, drugo poglavlje opisuje proizvođače i isporuke pametnih telefona te različitosti na tržištu, s predviđanjima budućeg stanja. Prikazano je globalno i regionalno stanje korištenih operativnih sustava pametnih telefona, kao i detalji korištenja dominantnim operativnim sustavom Android. Prikazani su statistički podaci o korištenju aplikacijama pametnih telefona. Ponašanje korisnika pametnih telefona opisano je podacima o upotrebi pametnih telefona i vezanih aplikacija u različitim državama i kategorijama korisnika. Ujedno su dani primjeri uočenih obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona i aplikacija unutar različitih vremenskih perioda i raznovrsnih konteksta korištenja.

## 2.1 Upotreba pametnih telefona

Broj mobilnih telefona 2014. godine nadmašio je ukupnu svjetsku populaciju [15]. Danas se većina pretplatničkih priključaka mobilnih mreža i dalje temelji na upotrebi mobilnih telefona s osnovnim (*feature*) funkcionalnostima. U vrijeme istraživanja [56] i [57] predviđalo se da će do 2016. godine broj korisnika pametnih telefona premašiti broj korisnika mobilnih telefona s osnovnim funkcionalnostima, jer će pametni telefoni postati sve pristupačniji na tržištima u razvoju. Pametni telefon predstavlja najuspješniji korisnički elektronički uređaj u povijesti. Dok televizijski i radioprijamnici imaju veći stupanj posjedovanja u Ujedinjenom Kraljevstvu, s više od 90 % dostupnosti pristupa od strane korisnika, pametni telefoni prodaju se u većim količinama. Globalno, broj prodanih pametnih telefona premašuje broj prodanih tablet uređaja, televizijskih prijamnika i igračih konzola zajedno [58]. Povećanje broja isporučenih pametnih telefona djelomično je rezultat sniženja njihove cijene [59].

Penetracija pametnih telefona među najvećima je u svijetu. Do kraja 2020. broj pametnih telefona u Europi će dosegnuti 800 milijuna pretplatnika, što će značiti da će više od 70 % pretplatnika izabrati pametni telefon [56]. Predviđanje i postotak rasta različitih vrsta mobilnih terminalnih uređaja u razdoblju od 2014. do 2020. prikazani su u tablici 1.

Tablica 1: Usporedba i predviđanje rasta broja različitih pretplatničkih priključaka mobilne mreže u 2014. i 2020. godini

Broj priključaka (u milijardama)	2014.	2020.	Indeks rasta
Pametni telefoni	2,7	6,1	225
Mobilni širokopojasni uređaji	2,9	8,4	289
Mobilni PC, tableti i ruteri	0,3	0,65	217
Ukupno – mobilni telefoni	7,1	9,5	134

Izvor: [56]

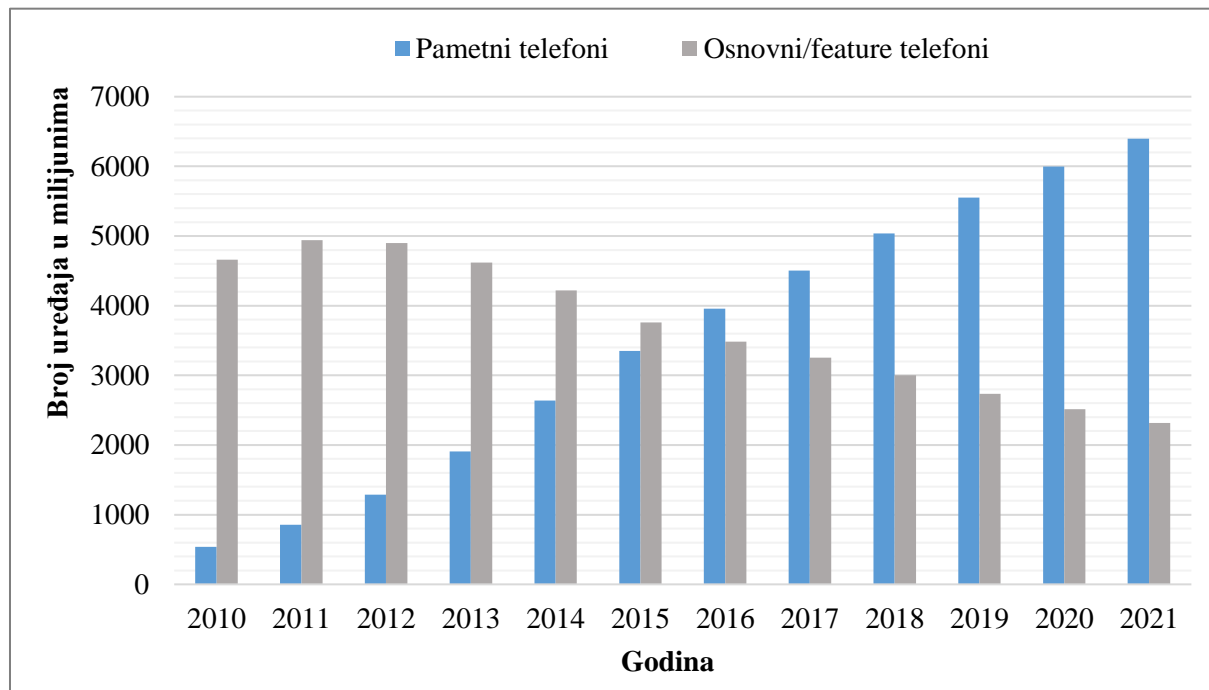
Predviđanja prikazuju da je, dok ukupne isporuke mobilnih telefona i dalje rastu, došlo do promjene u tehnologiji mobilnih telefona, tako da pametni telefoni čine većinu mobilnih terminalnih uređaja isporučenih od rujna 2013. na globalnoj razini, pa čak i u zemljama u razvoju od rujna 2014. Očekuje se da će se razlika u broju isporučenih pametnih telefona i (nepametnih) mobilnih telefona povećati, tako da se prognozira da će broj isporučenih pametnih telefona doseći 1,67 milijardi u 2018., a u tom će trenutku broj isporučenih ostalih mobilnih telefona iznositi svega 0,47 milijardi [60].

Svjetsko tržište pametnih telefona u drugom kvartalu 2015. je poraslo je za 13,0 % u odnosu na drugi kvartal 2014. godine, s 341,5 milijuna isporučenih uređaja [61]. U 2015. godini 800 milijuna ljudi diljem svijeta kupilo je svoje prve pametne telefone. U 2016. godini, kako navodi [62], pridružit će im se još 600 milijuna ljudi. Time će se upotreba pametnih telefona po prvi put povećati iznad 50 % na globalnoj razini. Do 2020. godine predviđa se da će se broj pametnih telefona povećati na 6,5 milijuna.

Trendovi rasta u broju isporuka pametnih telefona na globalnoj razini kao i smanjenja u broju isporučenih mobilnih uređaja s osnovnim funkcionalnostima analizirani od strane tvrtke Ericsson prikazani su na grafikonu 1. Kao što je vidljivo na navedenom grafikonu, gotovo linearan porast broja isporučenih pametnih telefona prati isto tako gotovo linearno smanjenje

broja isporučenih mobilnih telefona s osnovnim funkcionalnostima. Prema navedenim predviđanjima, broj isporučenih pametnih telefona u 2020. godini trebao bi dostići broj od oko 6 milijardi.

Grafikon 1: Usporedba broja isporučenih pametnih telefona nasuprot broju isporučenih osnovnih (*feature*) telefona na globalnoj razini



Izvor: [63]

Pametni telefoni čine većinu širokopojasnih mobilnih uređaja današnjice te se očekuje da će se broj pretplatnika udvostručiti do 2021. Pametni telefoni predstavljali su gotovo 75 % prodanih mobilnih uređaja u trećem kvartalu 2015. godine. Danas oko 45 % svih pretplatničkih priključaka na mobilne uređaje povezane su s pametnim telefonima, dok je u 2014. godini taj postotak iznosio 40 %, što ostavlja dosta prostora za daljnje povećanje [57], [64]. Globalno, pametni telefoni su tijekom 2014. bili zastupljeni s 26 % od ukupnog broja mobilnih telefona, a obuhvaćali su 88 % ukupno generiranog mobilnog podatkovnog prometa [15].

U Republici Hrvatskoj (RH), kako navodi [65], više od polovine hrvatskih korisnika mobilnih usluga (55 %) u 2015. godini posjedovalo je pametni telefon, što je za gotovo 20 postotnih bodova više nego godinu dana ranije. Pametnim telefonima najskloniji su mlađi, obrazovaniji korisnici, posebno studenti i učenici, kao i osobe s višim prihodima u kućanstvu. Nadalje, u tablici 2 prikazani su podaci o broju i postotku mobilnih priključaka i vezanih statističkih podataka, isključivo za RH.

Tablica 2: Upotreba pametnih telefona u RH u drugom kvartalu 2015. godine

Broj priključaka	% prepaid priključaka	% 3G i 4G priključaka	Broj stanovnika	Penetracija SIM kartica	BDP po stanovniku
4800000	53 %	54 %	4200000	112 %	13000 \$

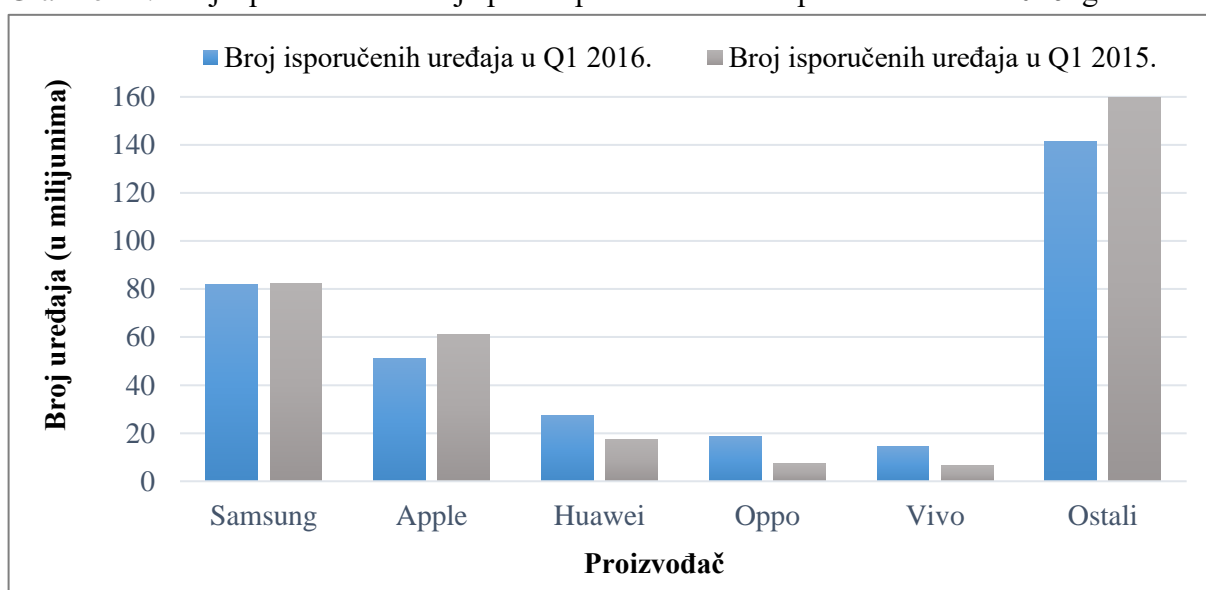
Izvor: [66]

Kao što je vidljivo u tablici 2, broj priključaka mobilnih uređaja prelazi broj stanovnika, što znači da penetracija SIM kartica u RH iznosi 112 %. Postotak 3G i 4G priključaka od ukupnog broja priključaka iznosi 54 %.

### 2.1.1 Proizvođači pametnih telefona

U prvom tromjesečju 2016. godine u svijetu je isporučeno ukupno 334,9 milijuna pametnih telefona. Minimalan rast u ovom tromjesečju prvenstveno se pripisuje snažnom zasićenju pametnim telefonima na razvijenim tržištima, kao i usporedan godišnji pad proizvođača Apple i Samsung, dva lidera na tržištu [67]. Najveća promjena na tržištu bio je dodatak manje poznatih kineskih proizvođača pametnih telefona Oppo i Vivo, koji su s četvrtog i petog mjesta istisnuli proizvođače Lenovo i Xiaomi, što je vidljivo na grafikonu 2.

Grafikon 2: Broj isporučenih uređaja prema proizvođačima u prvom kvartalu 2016. godine



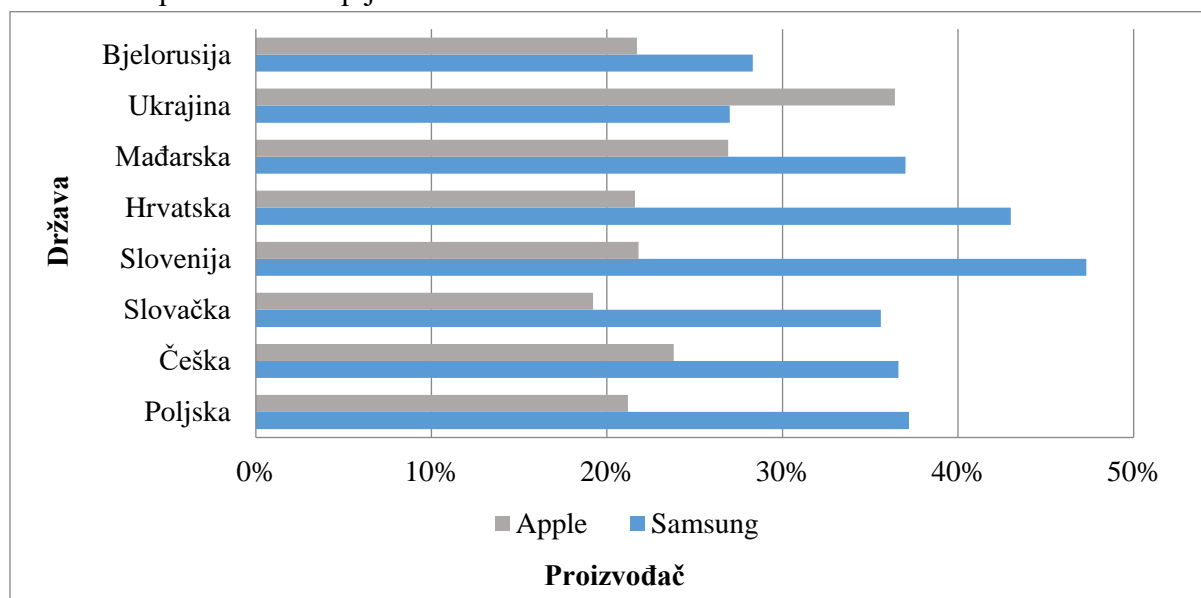
Izvor: [67]

Na temelju podataka u 4. tromjesečju 2015. godine, najpopularniji Android uređaji su proizvodi tvrtke Samsung, a posebno iz serije Galaxy [67]. Samsung je dominantni proizvođač u mnogim zemljama širom svijeta, uz iznimke u Meksiku, Indiji i Kini.

Grafikon 3 prikazuje najčešće korištene pametne telefone u osam europskih država prema podacima iz siječnja 2016. godine. Rangiranje se temeljilo na broju prikazivanja na domaćim internetskim stranicama upotrebom različitih uređaja. U gotovo svim analiziranim zemljama Samsung je najpopularniji proizvođač uređaja koji se koriste za pretraživanje Interneta. Najveći broj pregleda internetskih stranica napravljen je na Samsung uređajima u Sloveniji (47,3 %). Jedina zemlja u kojoj je Samsung zauzeo drugo mjesto (27 % pregleda), bila je Ukrajina [68].



Grafikon 3: Najčešće korištena dva proizvođača pametnih telefona u pojedinim europskim državama i postotak zastupljenosti



Izvor: [68]

Četiri proizvođača pametnih telefona bila su na poziciji trećeg mjesta poredanih prema udjelu proizvođača uređaja koji se koriste za pretraživanje Interneta. Proizvođač uređaja LG na poziciji je trećeg mjesta na četiri tržišta – Poljska, Slovenija, Hrvatska i Mađarska. Proizvođač uređaja Nokia na poziciji je trećeg mjesta na dva tržišta – Bjelorusija (11,6 %) i Ukrajina (9,1 %). Proizvođač uređaja Sony na poziciji je trećeg mjesta u Slovačkoj (10,2 %), a proizvođač uređaja Lenovo na poziciji je trećeg mjesta u Češkoj (7,8 % pregleda) [68].

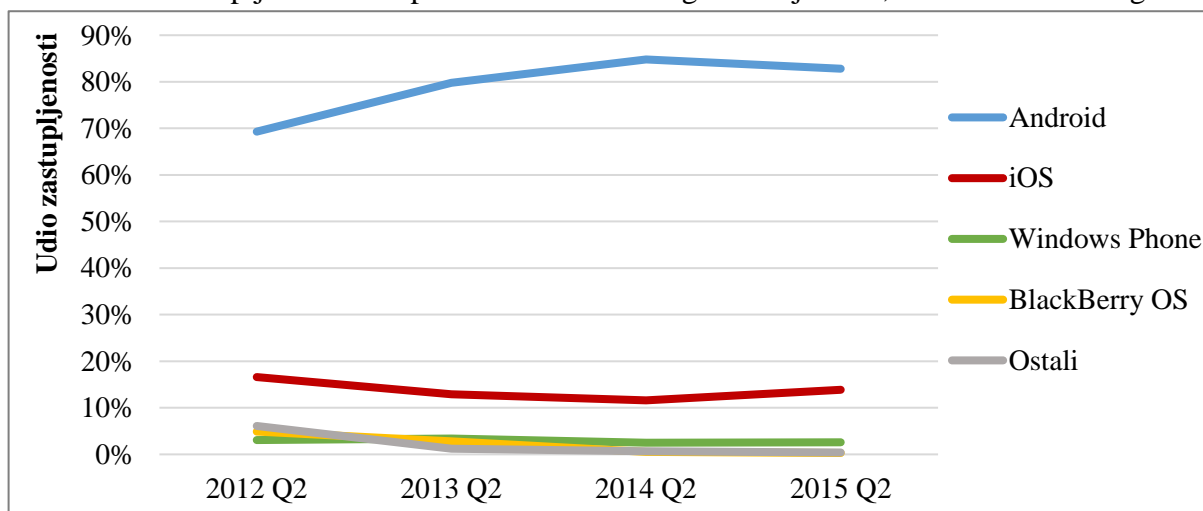
### 2.1.2 Operativni sustavi pametnih telefona

Operativni sustav (OS) predstavlja softver koji djeluje kao veza između korisnika računala i računarskog hardvera odnosno predstavlja skup složenih računarskih kodova koji omogućuju protokole operacijskih procesa ili pravila djelovanja. OS se sastoji od skupa programa koji vode kontrolu korištenja resursa u računarskom sustavu i kontrolu izvođenja programa. Razvoj pametnih telefona doveo je do činjenice da se danas uređaji kao što su mobilni telefoni temelje na OS-ima koje su do nedavno koristila računala. Navedeno predstavlja jedan od osnovnih razloga što su navedeni uređaji poprimili karakteristiku „pametni“.

Po zastupljenosti OS-a pametnih telefona na globalnoj razini značajno dominira OS Android, kao što je i prikazano na grafikonu 4, a prema analizi tvrtke International Data Corporation (IDC)<sup>1</sup>. Kao što je i vidljivo na navedenom grafikonu, dominantan je udio upotrebe pametnih telefona temeljenih na OS-u Android, s udjelom od 82,8 % u drugom kvartalu 2015. godine. U istom razdoblju slijedi ga OS iOS s udjelom od 13,9 %, Windows Phone s 2,6 % i OS BlackBerry s udjelom od 0,3 %. Ostali OS-i u istom razdoblju ostvarili su udio u iznosu od 0,4 %. U nastavku će teksta biti objašnjene najvažnije karakteristike najviše korištenih OS-a.

<sup>1</sup> Vodeća svjetska market intelligence i konzalting tvrtka u industriji informacijskih i komunikacijskih tehnologija

Grafikon 4: Zastupljenost OS-a pametnih telefona na globalnoj razini, od 2012. do 2015. godine



Izvor: [61]

Pametni telefoni odlikuju se prema OS-u i isporučitelju te je u tom smislu Android postao najpopularniji OS na pametnim telefonima koji nude brojni dobavljači. Vodeći položaj Androida na tržištu ojačao je u prvom kvartalu 2016., dijelom zbog pada popularnosti OS-a kao što su BlackBerry i dijelom zbog konkurentne cjenovne strategije, s prosječnom prodajnom cijenom Android uređaja u trećem kvartalu 2014. od 230 američkih dolara, u usporedbi s 267 američkih dolara u trećem kvartalu 2013. godine [60].

Postoje mnoge različite verzije OS-a Android koje su istodobno aktivne, što daje još jedan stupanj fragmentacije navedenih. Godine 2015. povećana je fragmentacija proizvođača s više od 1000 proizvođača u odnosu na 2012. godinu. Samsung, i dalje lider na tržištu, vidio je svoj udio pada na globalnom tržištu Android uređaja s 43 % na 37,8 % (iako tržište i dalje raste). Velika snaga ekosustava OS-a Android s korisničke perspektive uvijek je bila sposobnost da se odabere uređaj koji je savršeno prilagođen korisničkim specifikacijama, budući da postoji mnogo uređaja na izbor. Ovaj se trend samo nastavio te je 2015. godine moguće vidjeti više Android uređaja i proizvođača nego ikada prije [69]. Značajke fragmentacije uređaja baziranih na OS-u Android tvrtke OpenSignal i njihove aplikacije prikazane su u tablici 3.

Tablica 3: Raznovrsnost pametnih telefona baziranih na OS-u Android

Značajka	Različiti Android OS uređaji u 2015.	Različiti Android OS uređaji u 2014.	Broj analiziranih uređaja	Zastupljenost Samsung uređaja	Broj različitih proizvođača u 2015.
Broj uređaja	24093	18796	682000	37,8 %	1294

Izvor: [69]

Zabilježena su 24093 različita uređaja koja su preuzela aplikaciju tvrtke OpenSignal u 2015. godini. U 2014. godini zabilježeno je 18796, a u 2013. godini zabilježeno je 11868 različitih uređaja baziranih na OS-u Android [69].

Pametni telefoni temeljeni na OS-u Android ekstremno su fragmentirani s velikim brojem telefona u svakoj cjenovnoj kategoriji [70]. Svi indikatori sugeriraju kako je fragmentacija pametnih telefona u porastu. Prije 10 do 15 godina predstavljale su se mogućnosti mobilno ili

stolno. Međutim, sada postoje nebrojeni uređaji koji premošćuju granice pojedine kategorije, svaki sa svojim značajkama i ograničenjima [71]. U tablici 4 prikazane su neke od važnijih značajki mobilnih telefona temeljenih na OS-u Android s različitim brojem detektiranih uređaja pojedinih značajki.

Tablica 4: Fragmentacija mobilnih telefona baziranih na OS-u Android

Značajka	Detektiran broj
Različiti proizvođači uređaja	1325
Broj novih uređaja proizvedenih u 2014.	2298
Različiti operativni sustavi	34
Različite veličine dijagonala zaslona uređaja	395
Unikatne vrijednosti broja piksela kamere uređaja	103
Jedinstveni različiti uređaji	> 21000

Izvor: [71]

Podaci tvrtke DeviceAtlas vidljivi u tablici 4 ukazuju na veliku različitost broja novo proizvedenih uređaja i cjelokupne fragmentacije uređaja koji su temeljeni na OS-u Android. U svakom slučaju, vrijednosti svake pojedine kategorije i značajke uređaja impresivne su. Primjerice, broj jedinstvenih različitih mobilnih telefona prelazi vrijednost 21000 i svakim danom se povećava.

### 2.1.3 Aplikacije pametnih telefona

Mobilne aplikacije softverski su programi dizajnirani za rad na pametnim telefonima, tablet uređajima i drugim mobilnim uređajima. Uobičajeno su dostupne putem izvornih distribucijskih platformi, takozvanih trgovina aplikacijama koje vode vlasnici mobilnog operativnog sustava. Neke od najpopularnijih trgovina vezanih za OS-e su Apple App Store, Google Play, kao i Windows Phone Store i BlackBerry App World.

Aplikacije su postale primaran način na koji korisnici stupaju u interakciju s medijima, brandovima i naposljetku, jedni s drugima. Aplikacije će postati još važnije u narednim godinama jer se očekuje da će se instalirana baza pametnih telefona i tablet uređaja udvostručiti s 2,6 milijardi u 2015. na 6,2 milijarde u 2020. godini. Navedeni će rast prvenstveno doći iz prihvaćanja pametnih telefona na tržištima u razvoju, kako će se cijene pametnih telefona i dalje nastavljati smanjivati [72]. Upotreba aplikacija odgovorna je za značajnu količinu vremena provedenog na mobilnim uređajima i za pristup mobilnom Internetu. Kako mobilna tehnologija postaje sve više dominantna tehnologija za spajanje s digitalnim medijima, navedeno također dovodi do činjenice da mobilne aplikacije čine povećani udio ukupnog digitalnog tržišta, i pokretnih i nepokretnih komunikacija.

U razdoblju od 12 mjeseci (od lipnja 2013. do lipnja 2014.) udio vremena korištenja digitalnim medijima u pokretu u SAD-u porastao je sa 51 % na 60 %, a udio tog vremena koji otpada na upotrebu aplikacija također raste. Početkom 2014. godine vrijeme provedeno u interakciji s mobilnim aplikacijama premašilo je vrijeme potrošeno za stolnim računalima, tako da je do lipnja 2014. vrijeme provedeno na mobilnim aplikacijama činilo više od polovice (52 %) od cjelokupnog korištenja digitalnih usluga u SAD-u [60].

Neki od statističkih podataka vezanih uz preuzimanja mobilnih aplikacija, kao i predviđanja istih, prikazani su u tablici 5.

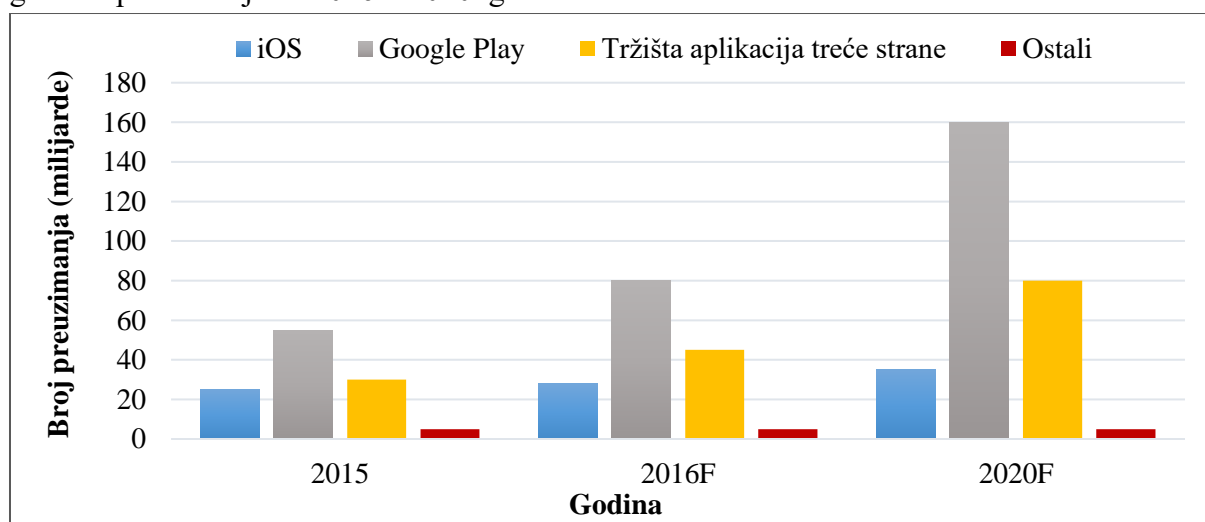
Tablica 5: Statistika upotrebe i preuzimanja mobilnih aplikacija

Pregled uporabe mobilnih aplikacija	Vrijednosti
Broj preuzimanja mobilnih aplikacija u svijetu u 2013. godini	102,062 milijarde
Predviđeni broj preuzimanja aplikacija u 2017. godini	268,692 milijarde
Broj preuzimanja besplatnih mobilnih aplikacija u 2013. godini	92,88 milijardi
Broj preuzimanja plaćenih mobilnih aplikacija u 2013. godini	9,19 milijardi
Prihodi u svijetu od mobilnih aplikacija u 2013. godini	41,1 milijarde dolara

Izvor: [73]

Predviđa se da će broj preuzimanja u App Storeu rasti za 33 % na 147,3 milijarde u 2016. godini i doći do 284,3 milijarde u 2020. godini [72]. Grafikonom 5 prikazano je stanje u broju preuzimanja aplikacija prema pojedinom tržištu aplikacija u 2015. godini, kao i predviđanja o broju preuzimanja istih u 2016. i 2020. godini.

Grafikon 5: Distribucija broja preuzetih aplikacija prema pojedinom tržištu aplikacija u 2015. godini i predviđanja za 2016. i 2020. godinu



Izvor: [72]

Trgovina aplikacijama Google Play bit će primarni pokretač globalnog rasta jer se predviđa da će broj njegovih preuzimanja porasti više nego trostruko nakon 2015. godine i dosegnuti 166,4 milijarde preuzimanja u 2020. godini, što je vidljivo na grafikonu 5 [72]. Statistički podaci koje su vezani uz pojedina tržišta aplikacijama među kojima su najznačajnija Google Play, Windows Phone Store i Apple App Store u tablici 6 prikazuju karakteristike vezane uz broj dostupnih i kumulativnih preuzimanja aplikacija.

Tablica 6: Statistički podaci o trgovinama aplikacijama

Trgovine aplikacijama	Vrijednosti
Broj aplikacija dostupnih u trgovini Google Play u 2013. godini	1600000
Broj aplikacija dostupnih u trgovini Windows Phone u 2013. godini	340000
Broj kumulativnih preuzimanja aplikacija s Apple App Store trgovine	100000000

Izvor: [73]

Prema podacima navedenim u tablici 6 vidljivi su značajni iznosi koji se odnose na broj aplikacija dostupnih na pojedinom tržištu aplikacija. Značajno je naglasiti kako trgovine aplikacijama Google Play i Apple App Store u velikoj mjeri dominiraju na tržištu aplikacijama. Lista najpopularnijih aplikacija prema zajedničkom broju preuzimanja u trgovinama App Store i Google Play prikazane su u tablici 7.

Tablica 7: Lista najpopularnijih aplikacija prema zajedničkom broju preuzimanja u trgovinama Google Play i App Store

R.Br.	Aplikacija	Tvrtka
1	WhatsApp	Facebook
2	Facebook Messenger	Facebook
3	Facebook	Facebook
4	Instagram	Facebook
5	Clean Master	Cheetah Mobile
6	360 Mobile Security	Qihoo 360
7	Skype	Microsoft
8	Youtube	Google
9	UC Browser	Alibaba Group
10	Snapchat	Snapchat

Izvor: [74]

Na temelju podataka dostupnih u tablici 7 vidljivo je kako unutar fragmentiranog tržišta aplikacija i davatelja mobilnih usluga dominira nekoliko tvrtki koje posjeduju neke od najviše preuzetih i najviše korištenih aplikacija, bez obzira na trgovinu aplikacijama. Podaci o najviše korištenim aplikacijama prema broju aktivnih korisnika na mjesečnoj razini i lista aplikacija prikazani su u tablici 8.

Tablica 8: Lista aplikacija trgovine Google Play s najvećim brojem aktivnih korisnika na mjesečnoj razini

R.Br.	Aplikacija	Tvrtka
1	Facebook	Facebook
2	WhatsApp	Facebook
3	Facebook Messenger	Facebook
4	Instagram	Facebook
5	Clan Master	Cheetah Mobile
6	Skype	Microsoft
7	Twitter	Twitter
8	Viber	Rakuten
9	Dropbox	Dropbox
10	MX Player	J2 Interactive

Izvor: [74]

Razvojni programeri dodali su 400000 novih aplikacija u 2015. godini na Google Play i App Store, zajedno s dodatnim aplikacijama u manjim trgovinama aplikacija, kao što su one Amazona, Microsofta i BlackBerryja. Isto tako, postoje i stotine drugih tržišta aplikacijama širom svijeta [62].

## 2.2 Ponašanje korisnika pametnih telefona

Pametni telefoni ne rastu samo u popularnosti, već i u svojim mogućnostima i sposobnostima. Nove aplikacije i poboljšano mobilno širokopojasno povezivanje znači da korisnici mogu učiniti više sa svojim telefonima, na više mjesta i više puta tijekom dana ili noći. U Indiji se prosječno vrijeme provedeno u korištenju aplikacijama povećalo za 63 % u posljednje dvije godine, a vrijeme provedeno u upotrebi pametnih telefona povećano je za 20 %. Ovaj rast doveo je do promjena u navikama korisnika telefona [75]. Različita istraživanja daju raznovrsni skup podataka o upotrebi pametnih telefona od strane korisnika tijekom dana. Porast u prihvaćanju mobilnoga širokopojasnog povezivanja doveo je do činjenice da korisnici koriste svoje pametne telefone u različito doba dana i za nove svrhe. Mjerenja korisničkih aktivnosti na uređaju pomažu u pružanju konteksta aktivnostima koje korisnici ostvaruju na svojim pametnim telefonima, pružajući dubinski uvid u to koliko često i kada se aplikacijom koriste te koliko dugo.

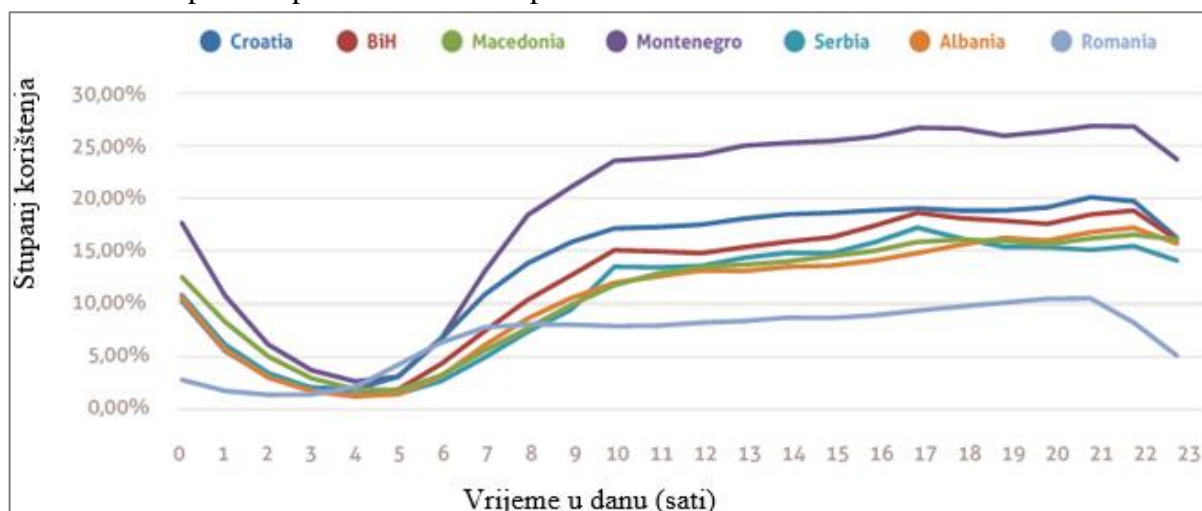
Znatna većina vlasnika pametnih telefona koristi svoj telefon kako bi pratili novosti i događanja te za dijeljenje informacija o lokalnim zbivanjima s ostalima [76]:

- 68 % vlasnika pametnih telefona koristi se svojim telefonom povremeno kako bi pratili događanja i novosti, s 33 % onih koji kažu da to čine često
- 67 % vlasnika pametnih telefona koristi se svojim telefonom za dijeljenje fotografija, videozapisa ili komentara o događajima koji se odvijaju u njihovoj zajednici, a 35 % korisnika to čini često
- 56 % vlasnika pametnih telefona koristi se svojim telefonom povremeno za dobivanje informacija o društvenim događanjima ili aktivnostima, a 18 % njih to čini često

Istraživanje [75] navodi da, premda se uvijek vjerovalo da je vrhunac upotrebe pametnih telefona u kasnim večernjim satima, mjerenja korisničkog ponašanja pokazuju da su jutro glavno vrijeme za upotrebu pametnih telefona, s mnoštvom različitih poduzetih aktivnosti. Na primjer, 61 % korisnika pametnih telefona pregledava internetske stranice na svojim telefonima prije nego započnu dan. Pregled videozapisa strujanjem u ranim jutarnjim satima također postaje sve češći, kao i *online* kupovina u kasnim večernjim satima, što čini 17 % korisnika pametnih telefona.

Nasuprot navedenome, kao što je vidljivo na grafikonu 6, a prema podacima istraživanja [77], obrasci ponašanja u korištenju pametnim telefonima prema satima u jednom danu vrlo su slični prema odabranim europskim državama. Što se tiče samog intenziteta korištenja, na temelju navedenih podataka moguće je zaključiti kako su stanovnici Crne Gore (*Montenegro*) najintenzivniji korisnici, dok stanovnici Rumunjske (*Romania*) najmanje vremena provode u upotrebi vlastitih pametnih telefona, u prosjeku. Stanovnici RH slijede obrasce i intenzitet ponašanja korisnika iz Crne Gore, tako da su, u procjeku, visoko na ljestvici prema upotrebi pametnih telefona, s povećanjem intenziteta korištenja od jutarnjih sati prema večernjim satima u toku dana.

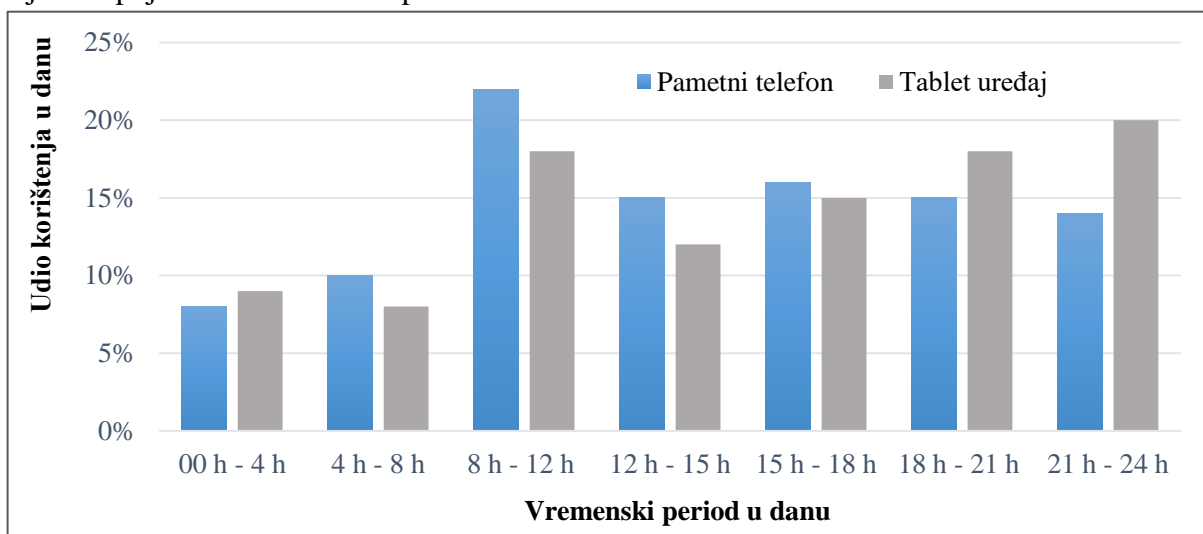
Grafikon 6: Upotreba pametnih telefona prema satima u danu u odabranim državama



Izvor: [77]

Pametni telefoni, kako navodi [78], najviše se upotrebljavaju između 8 i 18 sati, dok se upotreba tablet uređaja povećava poslije 18 sati. S obzirom na ukupno tjedno korištenje minimalne su razlike kod uspoređivanja upotrebe pametnih telefona i tablet uređaja iz dana u dan u tjednu, kao što je i vidljivo na podacima u grafikonu 7.

Grafikon 7: Prosječan udio vremena provedenog u upotrebi pametnih telefona i tablet uređaja tijekom pojedinih vremenskih perioda u danu



Izvor: [78]

E-pošta (91 % provjerava e-poštu na svojim pametnim telefonima barem jedanput dnevno) i tekstualne poruke (90 % piše poruke barem jednom dnevno) najčešće su izvođene aktivnosti na pametnim telefonima, dok su e-pošta (69 %) i *online* traženje informacija (70 %) najčešće aktivnosti na tablet uređajima [78].

Stanovnici Sjedinjenih Američkih Država (SAD) u prosjeku su proveli 3 sata i 40 minuta dnevno koristeći mobilne uređaje u drugom tromjesečju 2015. Navedeno predstavlja porast od 35 % u provedenom vremenu u odnosu na godinu dana ranije te povećanje za 24 % od drugog tromjesečja 2014. U samo šest mjeseci prosječno vrijeme koje američki korisnici provedu uz

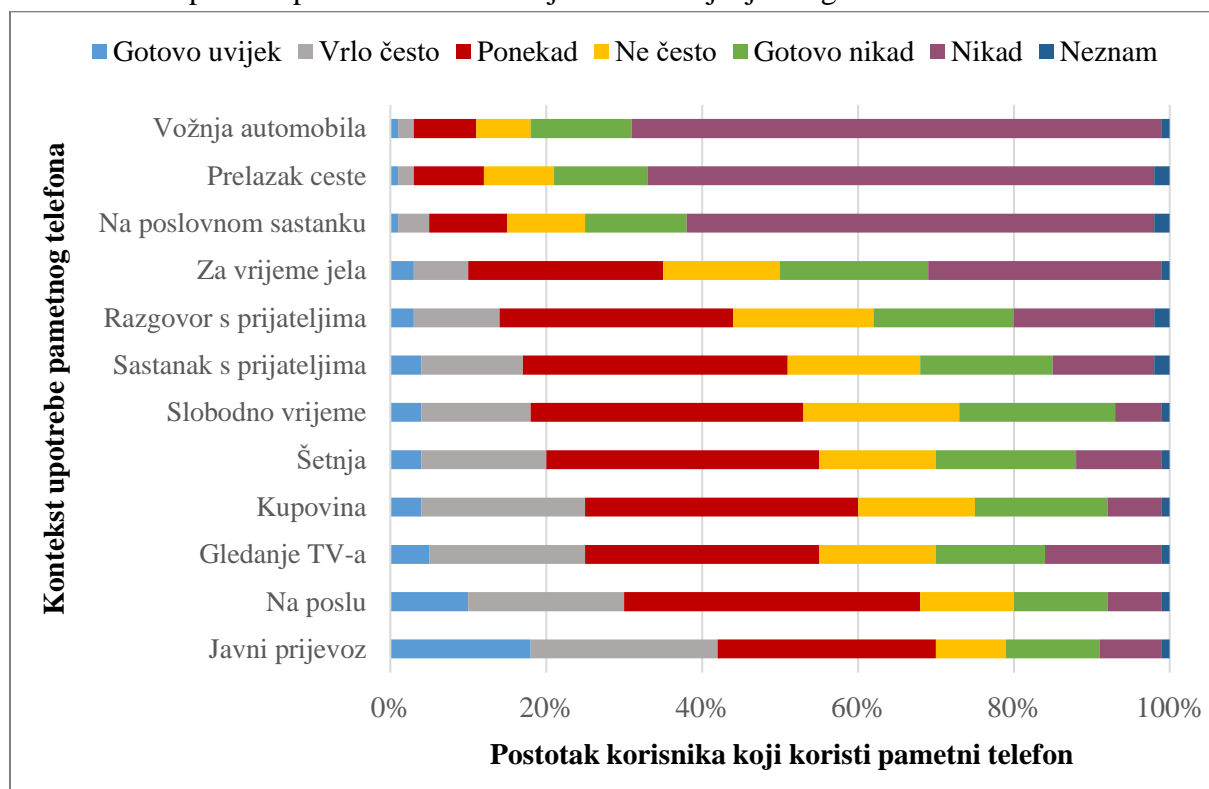


svoje telefone svaki dan povećalo se za 43 minute. Od tog ukupnog broja, u drugom tromjesečju 2015. godine proveli su 90 % vremena koristeći aplikacije, a samo 10 % koristeći mobilni preglednik [79].

Korisnička razina ovisnosti o mobilnom telefonu toliko je intenzivna da prosječna osoba gleda na svoj mobilni telefon 150 puta na dan. To znači da se prilika za interakciju događa, u prosjeku, svakih 6,5 minuta. Uređaj koji ljudi biraju često je vođen prema kontekstu: gdje se nalaze, što žele postići i koliko vremena imaju. Razlog leži u tome što iskustvo počinje za vrijeme pregleda TV programa, nastavlja se na pametnom telefonu na putu do posla i završava na tablet uređaju u večernjim satima [80].

Jedan od 10 (11 %) ispitanika kaže da bi izdržao manje od jednog sata bez svog pametnog telefona. Od navedenih, više od polovice (52 %) provjerava svoj pametni telefon svakih pet do deset minuta [81]. Većina se korisnika u Velikoj Britaniji koristi svojim pametnim telefonima u svakoj prilici. Kao što je vidljivo na grafikonu 8, dvije trećine vlasnika pametnih telefona upotrebljava svoje uređaje kada koriste javni prijevoz; 60 % kada se nalaze na poslu i gotovo polovica kada se sastaju s prijateljima. Za korisnike mlađe dobne skupine intenzitet upotrebe još je uvijek veći: 80 % korisnika od 18 do 24 godine starosti koristi se svojim uređajima u javnom prijevozu; petina kada prelaze cestu. Gotovo trećina korisnika (i 43 % korisnika od 18 do 24 godine starosti) upotrebljava svoje telefone kad je u restoranu [58].

Grafikon 8: Upotreba pametnih telefona tijekom obavljanja drugih aktivnosti



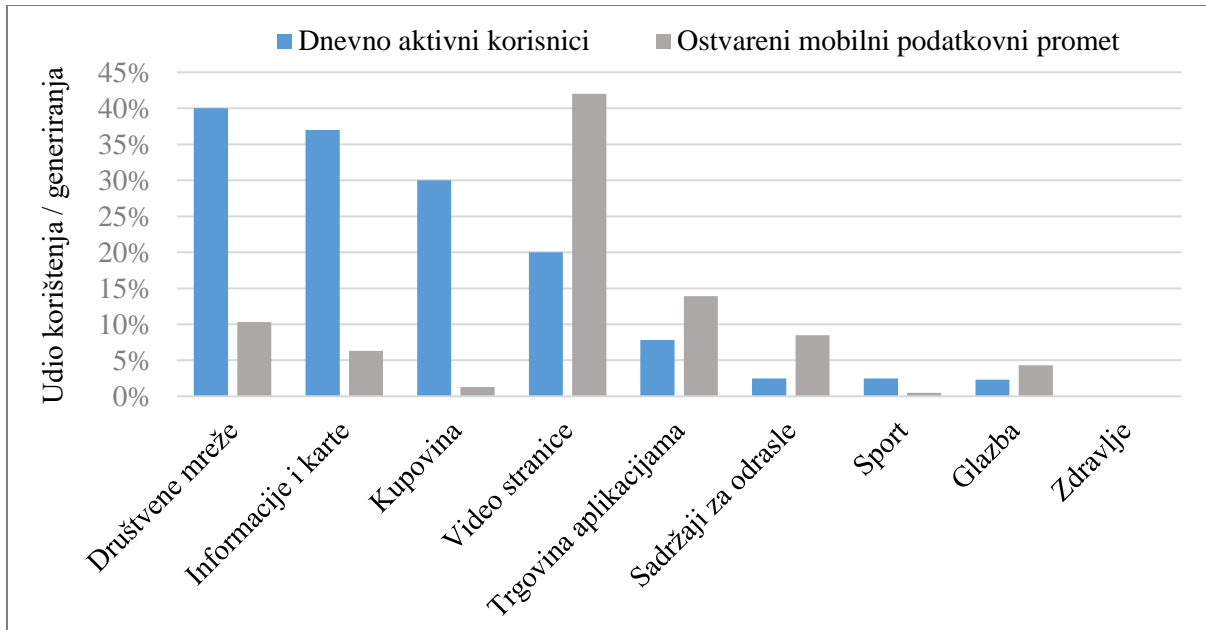
Izvor: [58]

Na grafikonu 9 vidljivo je da na dnevnoj bazi društvene mreže predstavljaju najpopularnije mobilne aplikacije kojima se služi 40 % mobilnih pretplatnika, nakon nje slijede novosti i informacije s 37 % i kupovina s 30 %. U prosječnom danu 40 % pretplatnika uključeno je u društvene mreže, dok samo 2,5 % odraslih pregledava informacijski sadržaj preko mobilne



mreže. Međutim, svaka od ovih kategorija generira usporedivu količinu mobilnoga podatkovnog prometa od 10,3 % i 8,5 % ukupne dnevne količine podatkovnog prometa. Svakog dana, 20 % pretplatnika pristupa videozapisima putem stranica kao što su YouTube, Netflix i DailyMotion. Ta aktivnost generira 42 % dnevne količine podatkovnog prometa na mobilnoj mreži. Šest kategorija sadržaja čini 85 % količine mobilnoga podatkovnog prometa: mobilni videozapisi, trgovina aplikacijama, društvene mreže, sadržaji za odrasle, glazba i informacije te karte [82].

Grafikon 9: Stupanj upotrebe i udio u generiranju podatkovnog prometa pojedinih kategorija aplikacija



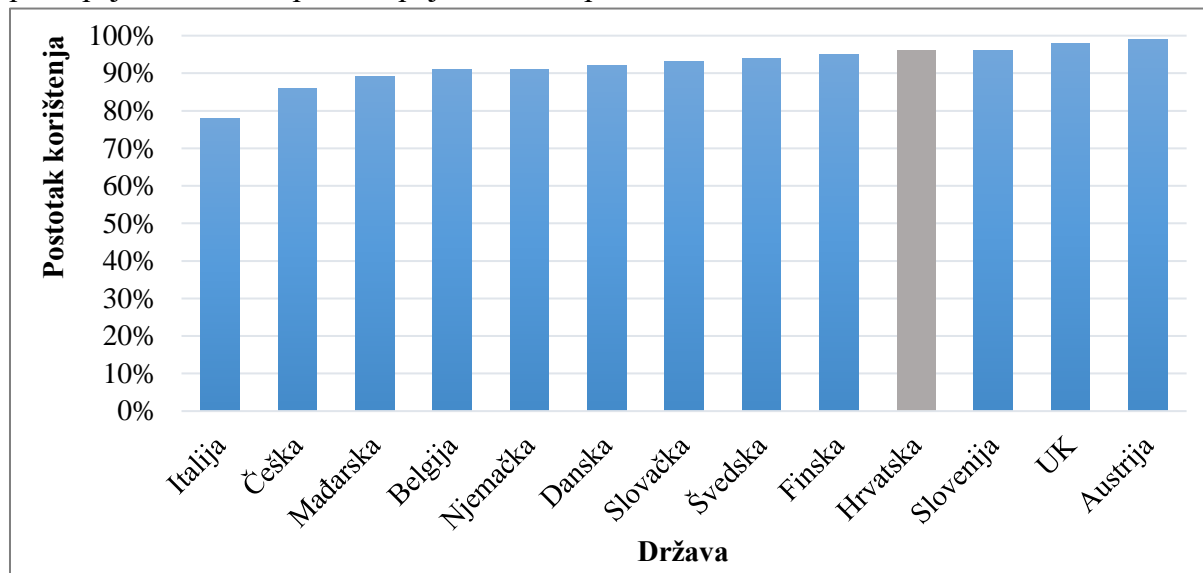
Izvor: [82]

Pojedini stupac na grafikonu 9 osjenčan sivom bojom označava postotak ostvarenoga podatkovnog prometa pretplatnika pametnih telefona prema različitim kategorijama sadržaja ostvarenim upotrebom pokretne mreže.

Istraživanja ukazuju na činjenicu da varijacije u kapacitetima prijenosa podataka upotrebom pokretne mreže također imaju utjecaj na oblikovanje ponašanja korisnika pametnih telefona. Korisnici koji ostvaruju veće brzine prijenosa podataka provode dvostruko više vremena na aplikacijama za prijenos videosadržaja strujanjem i pretražujući internetske stranice u odnosu na one koji imaju iskustva s manjim brzinama prijenosa podataka. Korisnici s manjim brzinama prijenosa podataka nadoknađuju svoje sporije mrežno povezivanje provodeći više vremena na društvenim stranicama kao što su Facebook, igrajući zabavne igre (a da nisu povezani na mrežu) te provodeći više vremena na aplikacijama za pričaonice (*chat*), koje generiraju manje količine podatkovnog prometa i nisu toliko ovisne o kapacitetu kanala mreže [75]. Čak 15 % Amerikanaca u dobi između 18 i 29 godina u velikoj mjeri koristi pametne telefone kako bi pristupili mreži, dok 30 % Amerikanaca koji ovisе o pametnim telefonima kažu da oni često dosežu maksimalnu količinu ostvarenoga podatkovnog prometa koja je dio njihovog tarifnog plana, a 51 % kaže da im se to događa povremeno [76].

Istraživanje [83] na grafikonu 10 prikazuje upotrebu mobilnih uređaja putem mobilne ili bežične veze za pojedince u dobi od 16 do 24 godine: pametni telefon, prijenosno računalo (npr. prijenosnik, tablet) ili neki drugi mobilni uređaj (npr. PDA, e-knjiga čitač) izvan doma ili ureda.

Grafikon 10: Postotak korisnika u dobi od 16 do 24 godine koji primjenom mobilnih uređaja pristupaju Internetu u pokretu pojedinih europskih država

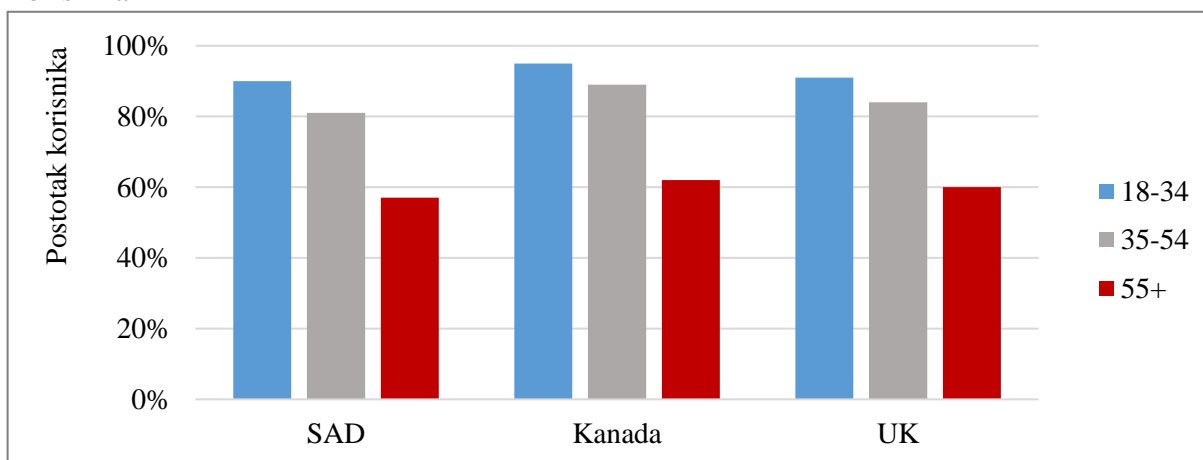


Izvor: [83]

Na grafikonu 10 vidljivi su trendovi u upotrebi pametnih telefona za pristup Internetu od strane korisnika u dobi između 16 i 24 godine. Vidljivo je kako navedena kategorija korisnika u RH ne zaostaje u trendovima upotrebe mobilnih telefona za pristup Internetu. Dapače, postotak navedene kategorije korisnika u pristupu Internetu mobilnim uređajima u RH jest 96 %, što je više od prosjeka 27 država članica Europske unije (EU).

Generacija milenijalaca<sup>2</sup> (*Millennials*) najviše se koristi pametnim telefonima, kako je prikazano na grafikonu 11 [84].

Grafikon 11: Stupanj upotrebe pametnih telefona u pojedinim državama prema skupinama korisnika



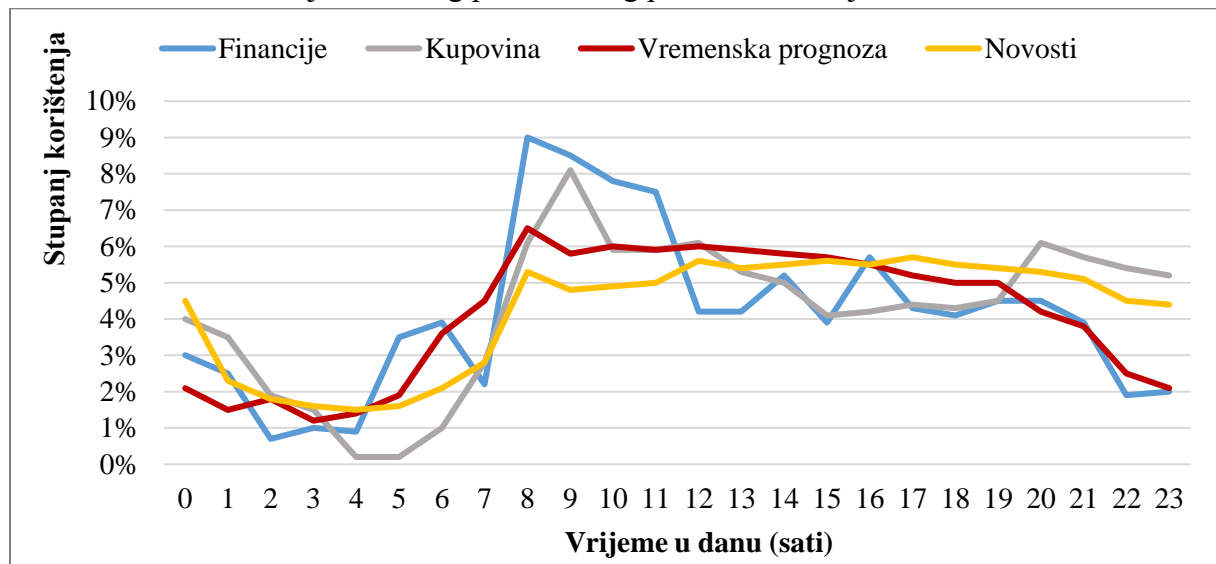
Izvor: [84]

<sup>2</sup> Korisnici od 18 do 34 godina

Nadalje, Lella u [84] prikazuje da više od 9 od 10 pripadnika milenijske generacije ima pametni telefon i oni ih koriste u velikoj mjeri, dnevno troše u prosjeku 50 do 100 % više vremena na pametni telefon nego na stolno računalo. Kategorije sadržaja kao što su karte, vrijeme, fotografije i društvene mreže danas su dominantne na pametnim telefonima.

Pametni telefoni prioritet su korisnicima kada se probude. Više od jedne trećine (35 %) ispitanika najprije poseže za svojim mobilnim uređajima, prije kave (17 %), pranja zuba (13 %), pa čak i prije drugih bitnih obaveza (10 %). Gotovo jedna četvrtina (23 %) stanovnika SAD-a zaspala je sa svojim pametnim telefonom u ruci. Ta je brojka gotovo dvostruko veća kod mlađih milenijalaca (od 18 do 24 godine). Gotovo polovica (44 %) stanovnika SAD-a kaže da ne može zamisliti dan bez svog pametnog telefona. Stariji milenijalci (u dobi od 25 do 34 godine) i korisnici generacije *GenX* (od 35 do 49 godina) čak su i više ovisni o svojim pametnim telefonima [10].

Grafikon 12: Generiranje mobilnog podatkovnog prometa: sadržaj varira ovisno o dobu dana

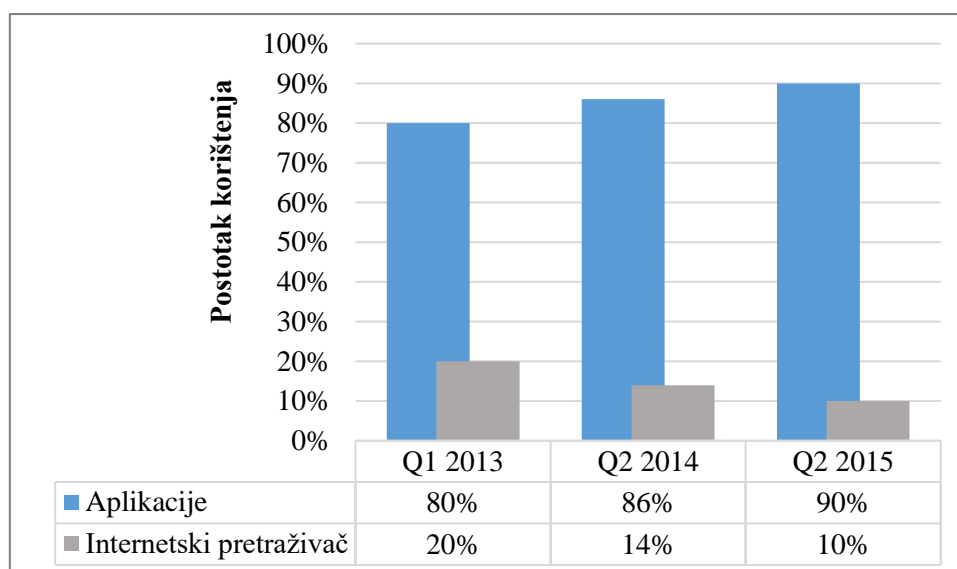


Izvor: [85]

Kako navodi istraživanje [85], a vidljivo u na grafikonu 12, informacije o financijama i vremenu korisnicima su od najvećeg značaja u jutarnjim satima. Usluge kupovine doseže svoj maksimum u devet sati ujutro i ponovo u 20 sati. Usluge čitanja novosti pokazuju interes korisnika tijekom dana te se poklapaju s doručkom, ručkom i večerom. Interes za mobilnim videozapisima slijedi sličan obrazac kao i novosti, ali s većom upotrebom tijekom večernjeg „udarnog termina“ u 20 sati. Internetske stranice i aplikacije za dogovore s drugim osobama postaju sve posjećenije tijekom druge polovice dana, kao i društvene mreže, koje dosežu svoj vrhunac između 19 i 22 sati. Sadržaji za odrasle najpopularniji su u kasnim večernjim satima, s početkom u 23 sata pa sve do jedan sat u noći

Nadalje, grafikon 13 prikazuje vremenski odnos upotrebe aplikacija pametnih telefona nasuprot upotrebi internetskog preglednika u određenim kvartalnim razdobljima 2013., 2014. i 2015. godine. Iz navedenih trendova vidljivo je kako upotreba aplikacija raste, dok je utvrđen pad upotrebe internetskog preglednika – promatrano s vremenskog aspekta [79].

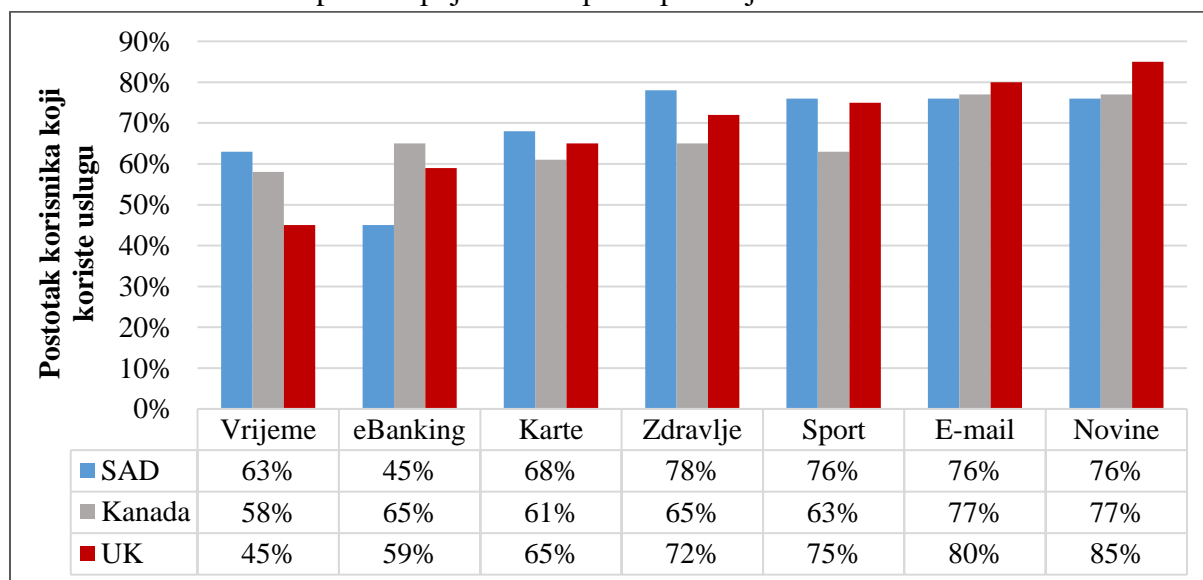
Grafikon 13: Vremenski odnos upotrebe aplikacija i internetskih pretraživača pametnih telefona u SAD-u



Izvor: [79]

Društvene mreže i zabava vodeće su kategorije za svako tržište. Korisnici u SAD-u provode najveći dio vremena koristeći se zabavnim sadržajima, dok stanovnici Kanade prednjače u društvenim mrežama. Učestalost kategorija korištenja varira od zemlje do zemlje. Korisnici u Ujedinjenom Kraljevstvu (UK) čitaju najviše vijesti, dok su korisnici u SAD-u više zainteresirani za zdravlje i vrijeme. Kanađani najviše obavljaju svoje usluge bankarstva *online*, što je moguće vidjeti na temelju podataka prikazanih na grafikonu 14 [84].

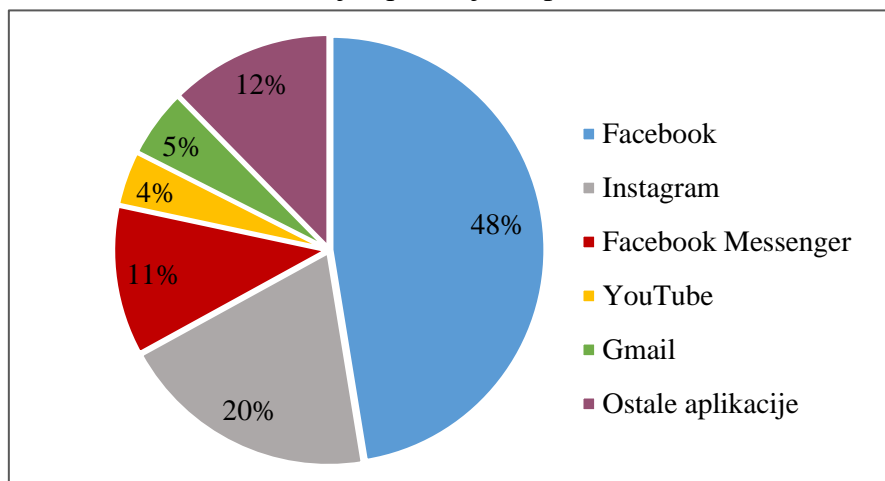
Grafikon 14: Postotak upotrebe pojedine skupine aplikacija u odabranim državama



Izvor: [84]

U prosjeku, prema Hussonovim navodima u [86], korisnici u UK-u i SAD-u u prosjeku upotrebljavaju oko 25 aplikacija mjesečno. Međutim, prosječan vlasnik pametnog telefona provodi više od 88 % svog vremena upotrebljavajući samo njih pet, vidljivo na grafikonu 15.

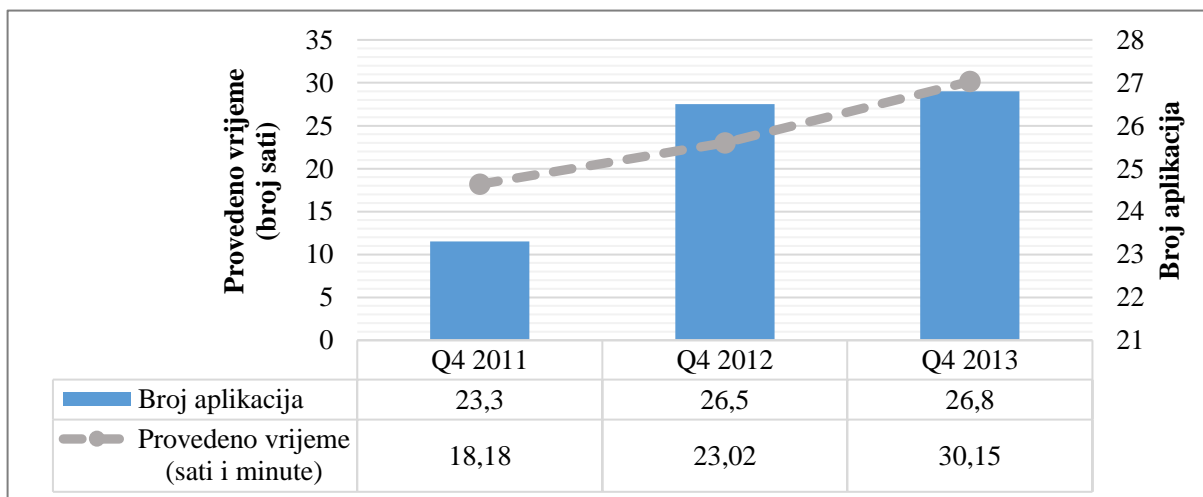
Grafikon 15: Udio vremena u korištenju aplikacijama pametnih telefona u UK-u i SAD-u



Izvor: [86]

Korisnici provode sve više vremena koristeći se aplikacijama pametnih telefona. U posljednjih nekoliko godina, razvojem mobilnih telefona i uređaja društvo je postalo aplikacijski orijentirano. Prema istraživanju [87], podaci za korisnike Android i iOS pametnih telefona u SAD-u pokazuju da isti provode 65 % više vremena u korištenju aplikacijama nego što su to radili dvije godine ranije. Isto tako, korisnici su u četvrtom kvartalu 2013. godine u prosjeku mjesečno provodili 30 sati i 15 minuta u korištenju aplikacijama, dok su u istom razdoblju 2011. godine provodili u prosjeku mjesečno 18 sati i 18 minuta, što je prikazano na grafikonu 16.

Grafikon 16: Rast prosječnog broja i vremena korištenja aplikacijama pametnih telefona u SAD-u



Izvor: [87]

Kao što je i prikazano na grafikonu 16, a prema analizi izvora [87], prosječan broj korištenih aplikacija pametnih telefona povećao se s broja 23,3 u četvrtom kvartalu 2011. godine na 26,5 u četvrtom kvartalu 2012. godine te na 26,8 u četvrtom kvartalu 2013. godine. Navedeno pokazuje kako postoji određena gornja granica broja aplikacija kojima se korisnici žele (i mogu) koristiti unutar perioda od jednog mjeseca. Međutim, vrijeme provedeno u korištenju aplikacijama od strane korisnika ne pokazuje znakove smanjenja.

Ljudi troše sve više vremena koristeći se aplikacijama pametnih telefona. Godine 2015. prosječno vrijeme u korištenju aplikacijama povećano je za 11 %. To znači da su, u pravilu, ljudi češće u interakciji s aplikacijama i provode više vremena koristeći se navedenima. Također je vidljivo da je prosječna duljina sesije povećana s 5,7 minuta 2014. godine na 6,02 minute 2015. godine, što znači da su stvarne sesije unutar određene aplikacije sve duže [88].

U okviru RH rezultati istraživanja prikazuju da su društvene mreže, slušanje glazbe i gledanje video zapisa karakteristike korisnika pametnih telefona u svim regijama, ali postoje i razlike u korištenju pojedinim aplikacijama. Gotovo se 70 % korisnika koristi internetskim preglednikom na pametnom telefonu više od 30 minuta dnevno, a među mlađima od 24 godine čak 91 %. Četiri petine ispitanika pristupa mreži Internet i izvan kuće, pritom koristeći isključivo 3G/4G mobilni pristup ili kombinirajući mobilni pristup i fiksne pristupne točke. Mobilnim Internetom koristi se za četiri do pet usluga: najviše za društvene mreže i za pristup Internetu, više od 45 %. Osim toga, 32 % korisnika pristup Internetu služi za gledanje videozapisa i slušanje glazbe te za slanje i primanje elektroničke pošte [89].

Opisano ponašanje korisnika pametnih telefona sugerira moguće postupke za operatore pokretnih mreža koji žele poboljšati iskustvenu kvalitetu usluga. Na primjer, operatori mogu postaviti prioritetne kategorije aplikacija u generiranju podatkovnog prometa za vrijeme vršnih sati korištenja. Isto tako, omogućuju se partnerstva s davateljima sadržaja koji bi poticali dodatno generiranje podatkovnog prometa korisnika u vremenima slabijega prometnog opterećenja [85].

Raznovrsnost pametnih telefona i mogućnosti koje navedeni omogućavaju izrazito su velike. Drugim poglavljem ovog doktorskog rada ukazuje se na statističke podatke o upotrebi pametnih telefona, a samim time se daje i prikaz nekih od analiziranih obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona ostvarena dosadašnjim istraživanjima. Vidljiv je rast upotrebe pametnih telefona i aplikacija. Funkcionalnost navedenih u velikoj mjeri ovisi o prijenosu podataka odnosno generiranju podatkovnog prometa u funkciji ostvarenja željenih informacijsko-komunikacijskih mogućnosti pametnih telefona. Opisano ponašanje korisnika pametnih telefona temeljeno na generiranju podatkovnog prometa predstavlja okosnicu za razumijevanje osnovnih elemenata ovog doktorskog rada što će biti detaljno pojašnjeno u nastavku teksta.

# 3 Razvoj i upotreba pokretne i Wi-Fi pristupne mreže

Razvoj bežičnih komunikacijskih mreža jedan je od značajnih elemenata vezanih uz ekosustav pametnih telefona i aplikacija, upotrebu i isporuku informacijsko-komunikacijskih usluga te generiranje i prebacivanje podatkovnog prometa. Treće poglavlje opisuje razvoj pokretnih mreža sukladno generacijskim podjelama, kao i upotrebu te trendove pojedine tehnologije pokretne mreže. Glede prebacivanja podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže opisan je razvoj pristupnih Wi-Fi tehnologija i njihove značajke. Prikazana je i upotreba Wi-Fi mreža.

### 3.1 Evolucija komunikacijskih sustava pokretne mreže

Prema [90], pokretna elektronička komunikacijska mreža obuhvaća prijenosne sustave i, prema potrebi, opremu za prospajanje ili usmjeravanje i druga sredstva koja omogućuju prijenos signala radijskim ili drugim elektromagnetskim sustavom bez obzira na vrstu podataka koji se prenose te omogućavaju uspostavljanje elektroničke komunikacijske veze i u uvjetima fizičkog kretanja korisnika usluga te mreže. Kako navodi Shams u [91], različiti tipovi normi i tehnologija pojavljuju se sa svakom novom generacijom mobilne komunikacijske mreže, a iste uključuju različite promjene temeljne prirode usluge, u usporedbi s prethodnom nekompatibilnom tehnologijom, veće brzine prijenosa podataka, novo frekvencijsko područje koje se koristi za prijenos podataka te dostupne frekvencijske širine kanala.

Mobilni uređaji i konekcije ne samo da su sve napredniji u svojim računalnim sposobnostima, već se razvijaju na temelju mrežnih konekcija niže generacije (1G i 2G) prema mrežnim konekcijama više generacije (3G, 3.5G, 4G). Kombinacija mogućnosti uređaja s bržim, propusnijim i inteligentnijim mrežama dovodi do širokog usvajanja naprednih multimedijских aplikacija koje doprinose povećanju generiranoga podatkovnog prometa upotrebom pokretnih i Wi-Fi mreža [7]. Ericssonovo izvješće prikazano u [92] navodi kako većina mobilnih širokopojsnih uređaja jesu, te će i dalje biti, pametni telefoni.

Prema izvještaju izvora [60], pokretne komunikacijske mreže pokrivala su 94 % svjetske populacije u 2013. godini, s pokrivenošću u pojedinim regijama (kao što su zapadna Europa, središnja i istočna Europa, razvijene azijsko-pacifičke regije i Sjeverna Amerika) koje dosežu gotovo 100 % pokrivenosti već dugi niz godina. Pokrivenost pokretne mreže važna je jer predstavlja gornju granicu pokrivenosti mobilnog pristupa Internetu, s obzirom na relativno niske cijene nadogradnji pokretnih mreža za pristup Internetu. Cisco u [7] navodi da je brzina prijenosa podataka (kapacitet kanala) pokretne mreže narasla za 20 % u 2015. godini. Globalno gledajući, prosječna brzina prijenosa podataka pokretne mreže u 2015. godini bila je 2026 kbit/s, u odnosu na 1683 kbit/s u 2014. godini.

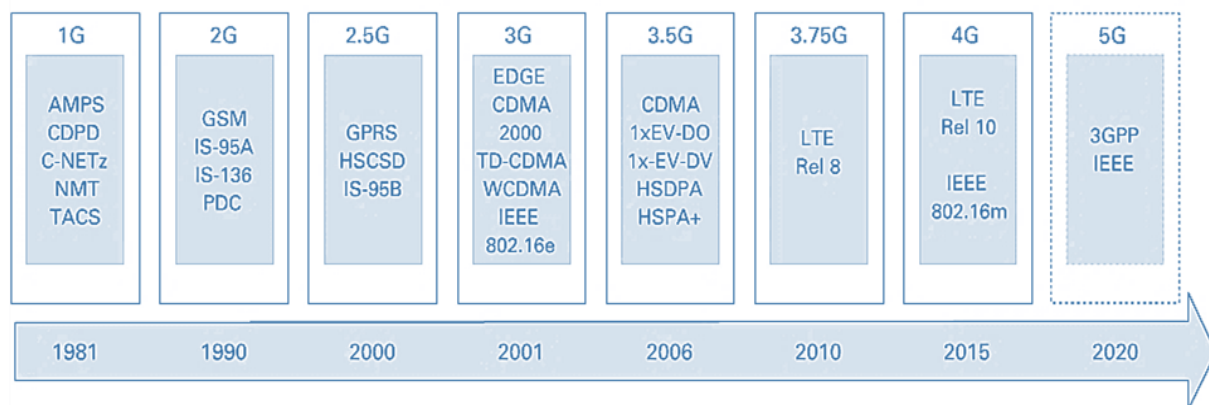
U nastavku poglavlja bit će prikazana evolucija sustava pokretnih mreža kroz generacije i značajke pojedine tehnologije. Ujedno, prikazat će se i statistički podaci o upotrebi pojedinih komunikacijskih sustava pokretne mreže.



### 3.1.1 Razvoj sustava pokretnih mreža 1G do 5G

Mnogi autori, kao [91], [93], [94], [95], prikazali su razvoj i tranziciju mobilnih komunikacijskih mreža i tehničko-tehnološka unaprjeđenja istih. U skladu s napretkom pametnih telefona te upotrebom novih informacijsko-komunikacijskih usluga i aplikacija ostvarenje potrebnih kapaciteta mreže kroz povijest se osiguravalo različitim pristupnim tehnologijama prijenosa podataka i njihovim izdanjima (*release*). Navedeno se obično, prema [96], promatra kroz generacijsku podjelu mobilnih mreža (sukladno zajedničkim karakteristikama) od 1G do trenutno 4G te kroz predviđanja značajki i planova primjene buduće mreže generacije 5G. Svaka tehnologija pristupa mobilnoj mreži jedinstvena je prema primijenjenim modulacijskim postupcima, upotrebi specifičnog dijela radiofrekvencijskog spektra, lokaciji korištenja, dometu te kapacitetima kanala za prijenos podataka.

Slika 1 prikazuje kronološku povijest pokretnih sustava iz njihovog početka 1970-ih (tj. 1G, prve generacije) sve do 2020-ih (tj. 5G, pete generacije) [97].



Slika 1: Evolucija pokretnih komunikacijskih ćelijskih sustava, [97]

Glavni koraci u razvoju mobilnih komunikacijskih sustava prikazani su na slici 1 i opisani se u nastavku teksta. Prvi komercijalni analogni mobilni komunikacijski sustavi stavljeni su u upotrebu 1950-ih i 1960-ih [98], iako sa slabom penetracijom. Godine 1981. pojavile su se prve komercijalne implementacije prve generacije (1G) standarda za mobilne telefone kao što su *Nordic Mobile Telephone* (NMT) u nordijskim zemljama; *C-Netz* u Njemačkoj, Portugalu i Južnoj Africi; *Total Access Communications System* (TACS) u Velikoj Britaniji i *Advanced Mobile Phone System* (AMPS) u Americi. Analognim standardima nazivaju se 1G standardi jer koriste analognu tehnologiju, tipično frekvencijski modulirane radiosignale s digitalnim signalizacijskim kanalom. Mobilni ćelijski sustavi prve generacije (1G) predstavljali su analogne komunikacijske sustave za prijenos govora [93].

Globalni sustav za mobilne komunikacije (*Global System for Mobile Communications – GSM*), dominantni 2G standard, počeo se upotrebljavati od 1991. Uvođenje 2G obilježilo je usvajanje digitalnog prijenosa i tehnologije prebacivanja. Digitalne komunikacije omogućile su znatna poboljšanja u pogledu kvalitete i kapaciteta mreže te ponudile rast u obliku dodatnih usluga i naprednih aplikacija kao što je usluga kratkih poruka (*Short Message Service – SMS*) za primanje i slanje tekstualnih informacija. Primarna svrha GSM-a (tj. 2G) bila je stvoriti zajedničku digitalnu mrežu za govornu uslugu koja bi omogućavala međunarodni *roaming* u Europi. GSM se temelji na hibridnoj metodi vremenskog i frekvencijskog multipleksa (*Time Division Multiple Access – TDMA / Frequency Division Multiple Access – FDMA*), u

suprotnosti s 1G sustavom koji se temelji samo na FDMA [99]. Paralelno s GSM-om, širom svijeta razvijeni su i drugi digitalni 2G sustavi koji su se međusobno natjecali [100].

Evolucija 2G nazvana 2,5G, uz glasovne usluge i prijenos podataka komutacijom kanala, omogućila je i prijenos podataka komutacijom paketa. Glavni 2,5G standard, *General Packet Radio Service* (GPRS) i TIA/EIA-951 bili su proširenje GSM i TIA/EIA IS-95A. Ubrzo nakon toga, GSM se dalje razvio u *Enhanced Data Rates for Global Evolution* (EDGE) i svoju pridruženu paketnu podatkovnu komponentu *Enhanced General Packet Radio Service* (EGPRS). GSM / EDGE nastavila se razvijati, a najnovije je izdanje standarda Partnerskog projekta 3. generacije (*3rd Generation Partnership Project – 3GPP*) koji podržava veće brzine prijenosa podataka i okupljanja nositelja za zračno sučelje [97]. GSM / EDGE predstavlja veliki udio današnjih mobilnih pretplatnika. U tržištima u razvoju postoji značajna migracija spram naprednijih tehnologija, a na globalnoj je razini navedeno rezultiralo manjim opadanjem broja pretplatnika GSM / EDGE tehnologije [56].

Ubrzo nakon što je 2G postao operativan, Međunarodna telekomunikacijska unija, Sektor radiokomunikacija (*International Telecommunication Union Radiocommunication Sector – ITU-R*) razvila je zahtjeve za sustave koji se kvalificiraju za *International Mobile Telecommunications 2000* (IMT-2000) klasifikacije. Usvojen je CDMA u dvjema varijantama – *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA) i *Time Division CDMA* (TD-CDMA), od strane Europskog instituta za telekomunikacijske norme (*European Telecommunications Standards Institute – ETSI*) kao Univerzalni mobilni telekomunikacijski sustav (*Universal Mobile Telecommunications System – UMTS*). UMTS bio je glavni 3G mobilni komunikacijski sustav i bio je jedan od prvih mobilnih sustava koji su se kvalificirali za IMT-2000 [101].

Mobilni ćelijski sustavi treće generacije (3G) razvijeni su od strane Međunarodne telekomunikacijske unije (*International Telecommunication Union – ITU*) pod imenima IMT-2000 ili UMTS. Kako navodi [93], 3G mobilni sustav ističe mogućnost širokopojasne komunikacije. Opći zahtjevi su: brzine prijenosa podataka do 2 Mbit/s (uređaji i korisnici su stacionarni), 384 Kbit/s za korisnike koji se kreću pješaćkom brzinom i 144 Kbit/s za korisnike koji su u pokretnom vozilu. 3G mreža koristi paketni prijenos, a obično se nalazi na 2,1 GHz frekvencijskom pojasu. Prema [95], UMTS mreža združuje posebne karakteristike 2G mreže s novom tehnologijom i protokolima, poput HSPA, CDMA, EV-DO, *GSM EDGE-Evolution* i WiMAX, koji i omogućuje brži prijenos podataka u usporedbi s 2G. Ovime je 3G mreža značajno brža i znatno poboljšana za razliku od 2G mreže.

U okviru Partnerskog projekta 3. generacije razvijene su nove specifikacije koje su zajedno poznate kao *3G Evolution*, a što je prikazano na slici 1 kao 3,5G. Za navedenu evoluciju predložena su dva načina pristupa u radiopristupnoj mreži (RAN) i evolucija osnovne mreže. Koristi se HSPA protokol kao kombinacija HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) za silazne veze i HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*) za uzlazne veze. Dok je 3G mreža u mogućnosti prenositi podatke pri brzinama od 14,4 Mbit/s, većina mobilnih uređaja danas je u mogućnosti prenijeti svega 7,2 Mbit/s podataka u silaznoj vezi. Mreže 3G imaju sljedeće prijelaze: 3,5G, 3,75G i 3,9G [95].

Druga UMTS evolucija, komercijalno prihvaćena kao 4G, naziva se LTE (*Long Term Evolution*) [102], a sastoji se od novoga zračnog sučelja na temelju OFDMA (*Orthogonal*

*Frequency Division Multiple Access*) i nove arhitekture osnovne mreže pod nazivom SAE/EPC (*System Architecture Evolution / Evolved Packet Core*). Prijelaz s 3,5G na 4G usluge ponudio je korisnicima pristup razmjerno većim brzinama prijenosa podataka uz znatno smanjeno kašnjenje te se stoga način na koji se korisnici koriste pristupom Internetu upotrebom mobilnih uređaja nastavio značajno mijenjati [103]. LTE nije kompatibilan s UMTS-om, a također je dizajniran za rad s komponentnim frekvencijskim nositeljima koji su vrlo fleksibilni u rasporedu i podržava frekvencijske nositelje od 1,4 MHz u širini do 20 MHz [97]. Tablica 9 prikazuje glavne značajke nekih od 3GPP standarda s naglaskom na trend prema upotrebi šireg dijela radiofrekvencijskog spektra, veće širine frekvencijskog pojasa, više spektralne učinkovitosti i manjeg kašnjenja.

Tablica 9: Glavne karakteristike 3GPP/ETSI standarda

	GSM	UMTS	HSPA+	LTE
<b>Frekvencijsko područje [MHz]</b>	450, 800, 900, 1800, 1900	850, 900, 1700, 1900, 2100	850, 900, 1700, 1900, 2100	700, 800, 850, 900, 1700, 1800, 1900, 2100, 2300, 2500, 2600, 3500
<b>Širina kanala</b>	200 kHz <sup>3</sup>	5 MHz	10 MHz	10 MHz
<b>Vršni kapacitet kanala</b>	9,6 kbit/s	384 kbit/s	42 Mbit/s	42 Mbit/s
<b>Kašnjenje [ms]</b>	600	75	41	20

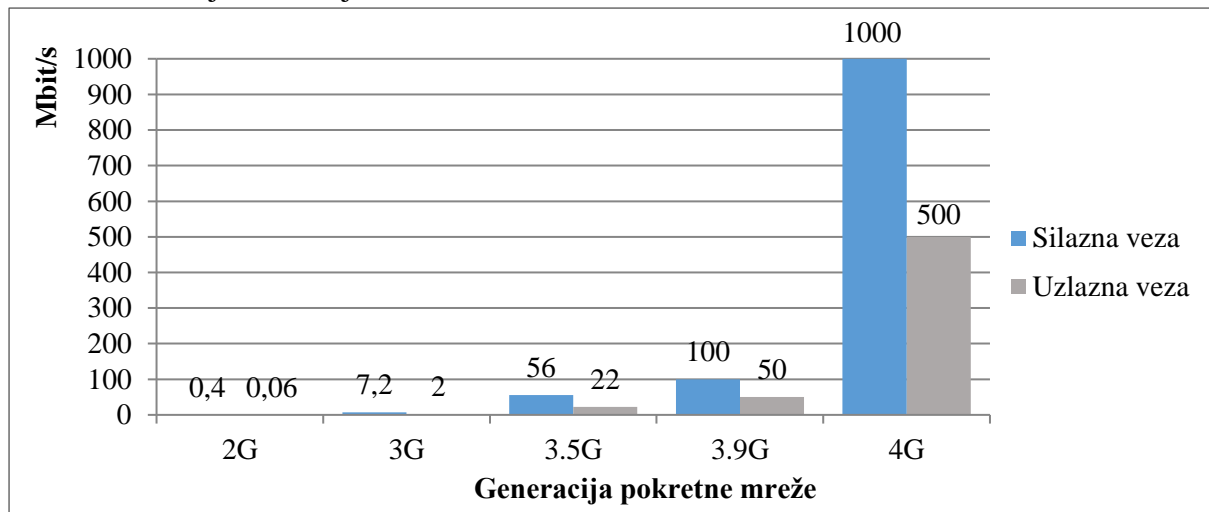
Izvor: [97]

Prema [97], LTE standard ponudio je značajna poboljšanja u pogledu kapaciteta prijenosa podataka i bio je dizajniran za prijelaz mobilnih mreža s komutiranim kanalom (*circuit-switched*), što je dalo veliko smanjenje troškova u usporedbi s prethodnim generacijama. Na kraju 2007. godine prve LTE specifikacije odobrene su u 3GPP kao LTE Izdanje 8 (*LTE Release 8*). Sustav LTE Izdanje 8 ima vršne brzine prijenosa podataka oko 326 Mbit/s, povećanu spektralnu učinkovitost i znatno kraće kašnjenje (do 20 ms) od prethodnih sustava. Istovremeno, ITU-R je razvijao zahtjeve za *IMT-Advanced*, nasljednika *IMT-2000* te nominalno za definiranje četvrte generacije. LTE Izdanje 8 nije u skladu s *IMT-Advanced* zahtjevima te je u početku smatrano prethodnikom 4G tehnologije, no naknadno je i LTE ravnomjerno prihvaćena kao 4G. 3GPP LTE Izdanje 10 i IEEE 802.16 m (WiMAX) bila su tehnički prva zračna sučelja razvijena kako bi ispunila *IMT-Advanced* zahtjeve. LTE Izdanje 10 dodalo je nekoliko tehničkih mogućnosti koje su omogućile povećanje vršne brzine prijenosa podataka do maksimalno 3 Gbit/s u silaznoj vezi i 1,5 Gbit/s u uzlaznoj vezi.

Nadalje, u LTE Izdanjima 12 i 13, nova rješenja (poznata kao LTE-M i uskopojasni IoT (NB-IoT)) uvedena su kako bi se podržali masivni *Machine Type Communication* (MTC) uređaji kao što su senzori. 3GPP standardizacija LTE-a nastavlja se i očekuje se da će se nastaviti s Izdanjem 13 i dalje [104]. Teorijske propusnosti u silaznoj i uzlaznoj vezi usporedno su, prema generacijama mreža, prikazane na grafikonu 17.

<sup>3</sup> zbog vremenskog multipleksa efektivna širina kanala jest  $200 / 8 = 25$  kHz

Grafikon 17: Usporedba teorijske propusnosti podataka po ćeliji prema generacijama pokretnih mreža u silaznoj i uzlaznoj vezi



Izvor: [91], [95], [105]

Globalno, prosječna brzina prijenosa podataka u silaznoj vezi za mobilne mreže u 2014. iznosila je 1683 kbit/s, u usporedbi s 1387 kbit/s tijekom 2013. godine. Prema predviđanjima istraživanja [106], navedena brzina premašila je 2 Mbit/s do 2016. godine. U 2016. godini dogodila se dugo očekivana prekretnica u komercijalnim LTE mrežama koje podržavaju vršne brzine prijenosa podataka u silaznoj vezi u iznosu od 1 Gbit/s. Takve vršne brzine prijenosa podataka korisnicima će omogućiti značajno brže pristupanje sadržaju u odnosu na trenutno dostupne brzine [92].

Prijelaz s upotrebe 2G na 3G ili 4G generaciju pokretne mreže globalni je fenomen. Očekuje se da će do 2020. godine 59 % mobilnih uređaja i povezivanja u Sjevernoj Americi imati mogućnost operabilnosti i pristupa 4G mreži te na taj način prelaziti postotak uređaja i povezivanja operabilnih uređaja isključivo na 3G mreži. Predviđa se da će zapadna Europa do 2020. imati drugi najveći omjer 4G povezivanja (53 %). Na razini pojedinih zemalja, predviđa se da će Australija imati 63 % te da će Japan imati 60 % udjela 4G povezivanja u odnosu na ukupna mrežna povezivanja do 2020. godine. Također se predviđa da će Kina, praćena SAD-om, imati vodeći postotak u korištenju 4G mrežom s 28 % i 12 % u ukupnoj globalnoj 4G povezanosti do 2020. godine [7].

5G mreža će sjediniti prednosti postojećih pristupa i radijske veze, *cloud* i jezgrenu mrežu s novim pripadajućim tehnologijama, poboljšanom učinkovitosti i podržavat će nove mogućnosti upotrebe uređaja [95]. 5G bežične mreže podržavat će 1000 puta veći kapacitet kanala, održivu povezanost za najmanje 100 milijardi uređaja te brzinu od predviđenih 10-ak Gbit/s, ekstremno malenog kašnjenja i vremena odziva informacije (*response time*). Plasiranje mreže 5G generacije predviđeno je između 2020. i 2030. godine. Radijski pristup 5G mreže bit će baziran na temelju novih radiopristupnih tehnologija (*Radio Access Technologies – RAT*) i uključenih postojećih bežičnih tehnologija (LTE, HSPA, GSM i Wi-Fi) [107].

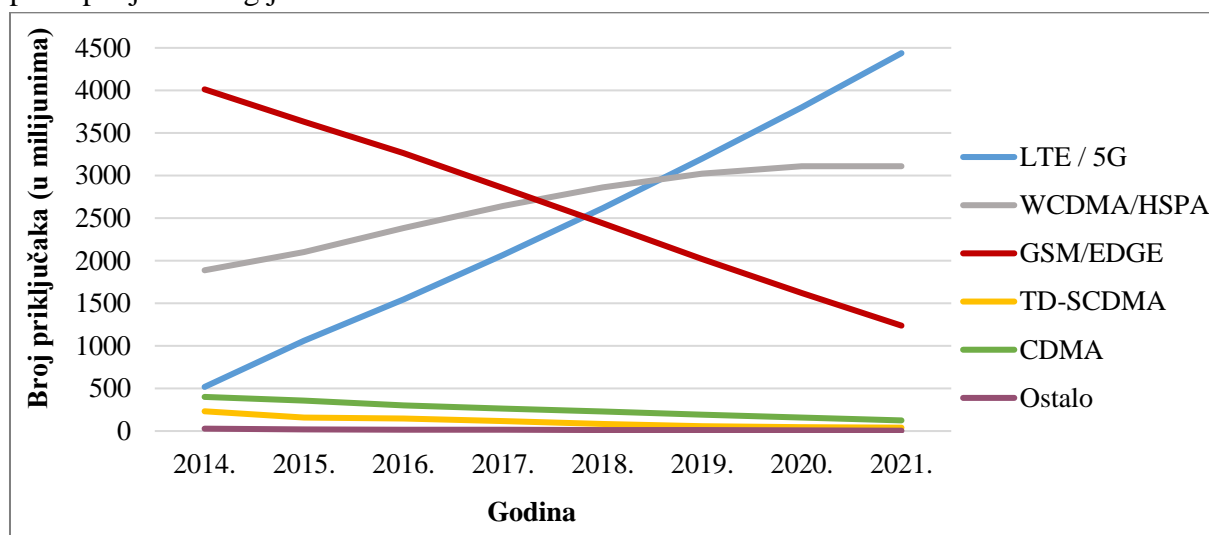
Pretplatnički priključci za 5G mrežu donijet će poboljšanja u području širokopoljnih mobilnih usluga te omogućiti širu upotrebu IoT tehnologije. Očekuje se da će SAD, Japan, Kina i Južna Koreja biti prve zemlje u kojima će biti moguća pretplata na korištenje 5G mrežom.

Očekuje se da će 5G mreže bazirane na standardima usklađenim s ITU IMT-2020 zahtjevima biti komercijalno plasirane 2020. godine. Predviđa se 150 milijuna pretplatnika 5G mreže globalno, do kraja 2021. godine. Povezivanje na mrežu 5G zahtijevat će terminalni uređaj koji podržava 5G usluge te je povezivanje na omogućenu 5G mrežu [92].

### 3.1.2 Upotreba sustava pokretnih mreža

Kretanje broja pretplatničkih priključaka pojedine pristupne tehnologije mobilne mreže vrlo je dinamično i specifično ovisno o geografskoj lokaciji koja se analizira. Razvoj i pristup novijim generacijama mobilne mreže, dostupnost tehnološki naprednih mobilnih telefona te adekvatni tarifni planovi samo su neki od čimbenika koji utječu na korištenu pristupnu mrežnu tehnologiju. Kako navodi [56], do 2020. godine oko 90 % svjetske populacije bit će pokriveno pokretnom širokopojasnom mrežom, koja podržava pristup Internetu, dok grafikon 18 u nastavku prikazuje trendove u korištenju pojedinom komunikacijskom tehnologijom pokretne komunikacijske mreže, na globalnoj razini.

Grafikon 18: Kretanje broja pretplatničkih priključaka u razdoblju 2014. – 2015. i predviđanje kretanja broja pretplatničkih priključaka u razdoblju 2016. – 2021. globalno, ovisno o pristupnoj tehnologiji



Izvor: [108]

Kako prikazuje grafikon 18, a i prema [109], broj pretplatnika isključivo mreže GSM / EDGE se smanjuje, dok je mreža WCDMA / HSPA zabilježila najveći broj novih pretplatnika tijekom trećeg kvartala 2014. Ujedno mreža LTE nastavlja s velikim rastom te se očekuje da će zauzeti udio od 75 % od ukupnog broja priključaka prema svim generacijama pokretne mreže do 2020. godine. Sukladno izvoru [106] do 2019. godine 26 % svih mobilnih telefona će se koristiti mrežom 4G.

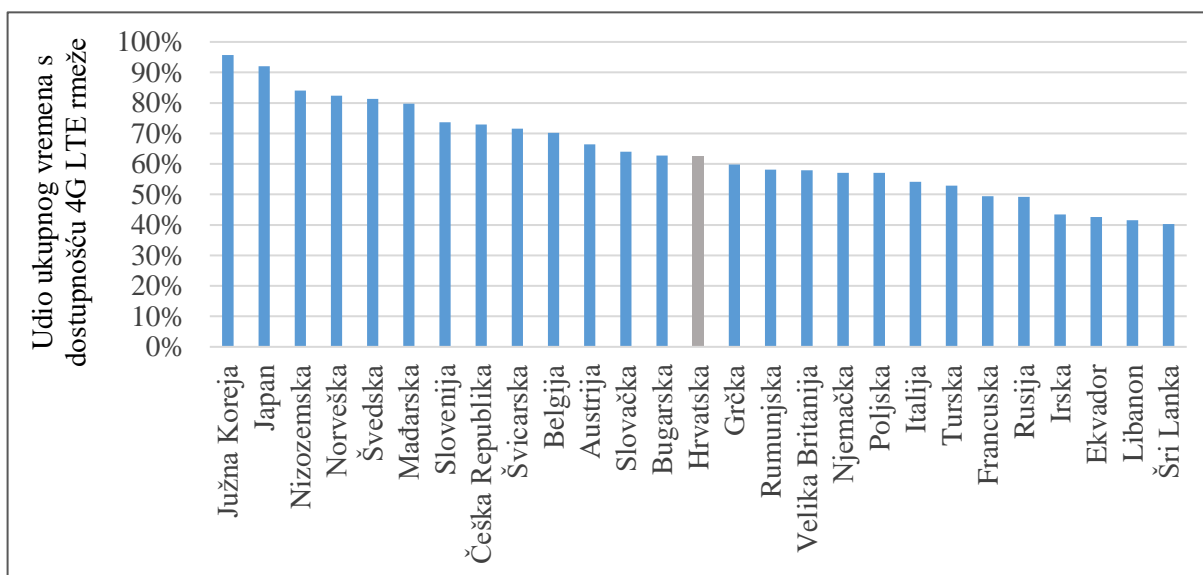
U 2017. godini, na globalnoj razini, relativni udio 3G i 3,5G kompatibilnih uređaja i konekcija premašit će 2G kompatibilne uređaje i konekcije. Sljedeća značajna prekretnica dogodit će se 2020. godine, kada će mreže 4G preuzeti vodstvo u udjelu pristupnih mreža u svijetu. Predviđa se da će do kraja 2020. globalno, 40,5 % od ukupnog broja uređaja i

povezivanja biti ostvareno 4G mrežom. Korištenje 4G mrežom u svijetu doživjet će porast s 1,1 milijarde u 2015. godini na 4,7 milijarde u 2020. godini [7].

Do sredine 2015. na globalnom mobilnom tržištu bilo je oko 7,49 milijardi pretplatnika [110]. GSM ima globalni tržišni udio veći od 57 % (što odgovara 4,26 milijuna pretplatnika), daleko je izvan vršnog korištenja i trenutno je u opadanju. S druge strane, broj 3G pretplatnika, uključujući HSPA porastao je od 2010. na 1,94 milijarde pretplatnika, što predstavlja 26 % udjela na tržištu. Izvješće Ericsson Mobilityja predviđa da će WCDMA/HSPA pretplate doseći vrhunac do 2020. godine te će se od tog trenutka početi smanjivati [4]. Do kraja 2020. godine oko 90 % svjetske populacije bit će pokriveno WCDMA/HSPA mrežom. Procjenjuje se da se oko 20 % svjetske populacije koristilo mrežom LTE do kraja 2013. Predviđeno je da će se ovaj broj povećati na oko 70 % do 2020. godine. WCDMA/HSPA činit će većinu pretplatnika 2020. godine, s oko 4,4 milijarde pretplatnika u usporedbi s 3,5 milijardi pretplatnika LTE mreže [56].

Performanse 4G mreže u vrijeme izrade istraživanja [58] dvostruko su bolje od onih 3G mreža. Povećanje u performansama ove vrste mreže može se činiti pretjerano. Ipak, korisničke su želje drugačije: u vremenu od godine dana, točnije do svibnja 2015., broj korisnika 4G mreže povećao se s 8 % na 25 % na globalnoj razini [58]. Dominantan 4G standard, LTE, imao je oko 910 milijuna pretplatnika (ili 12 % od ukupnog tržišta) do kraja 2015. godine, a očekuje se da će dosegnuti 4,1 milijardu pretplata do 2021. [4], što ga čini najvećom mobilnom tehnologijom. Dostupnost 4G LTE mreža u ukupnom vremenu upotrebe pokretnih mreža prikazano je na grafikonu 19.

Grafikon 19: Usporedba udjela dostupnosti 4G LTE mreže u ukupnom vremenu za pristup pokretnim mrežama pojedinih država



Izvor: [111]

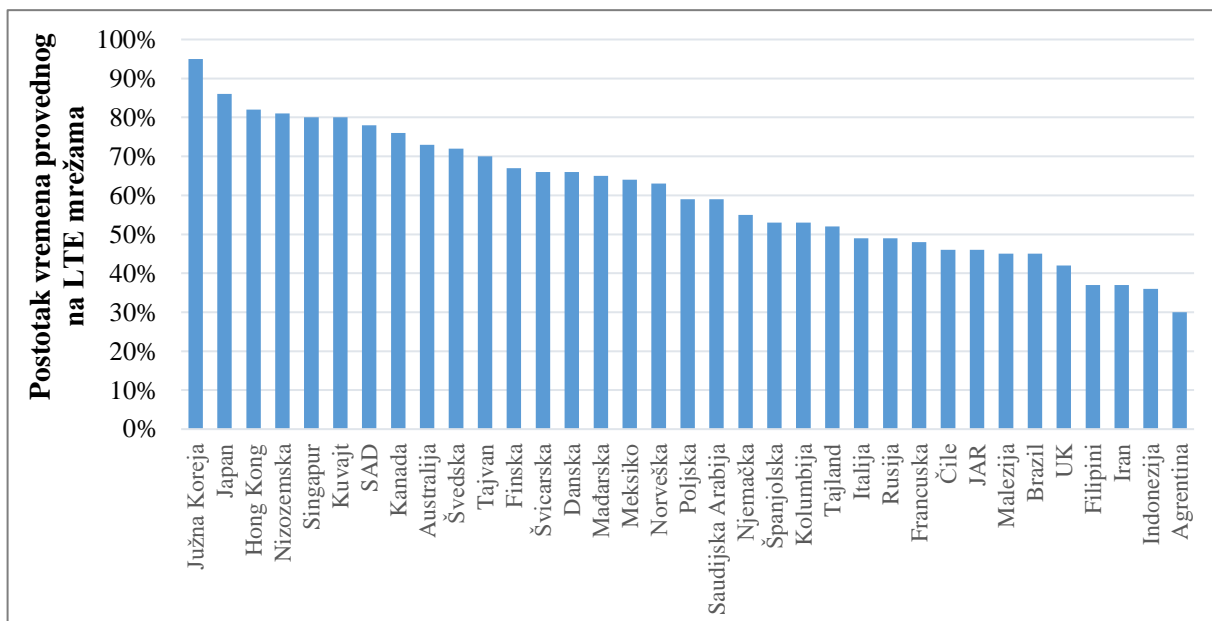
U zapadnoj Europi, rani ulazak tehnologije LTE i dobro razvijena mreža 3G odredile su regiju kao predvodnicu mobilnoga širokopojasnog sustava, pri čemu se 65 % pretplatnika odlučilo za WCDMA/HSPA opciju. Mreža LTE nastavlja s velikim rastom i dosegula je 350 milijuna pretplatnika, uz oko 50 milijuna novih pretplatnika u trećem kvartalu 2014. Gotovo svi navedeni pretplatnici mreže 3G/4G imaju pristup i mreži GSM/EDGE kao alternativnu



opciju. Broj pretplatnika isključivo mreže GSM/EDGE u opadanju je za 10 milijuna (0,2 %) pretplatnika. Broj LTE pretplatnika će iznositi oko 600 milijuna do kraja 2020., čime će se izjednačiti s oko 50 % od svih pretplatnika mobilnih usluga [56].

4G LTE mreža sve je važnija, glede iskustvene kvalitete usluge, korisnicima mobilnih uređaja pretplaćenim na usluge 4G mreže. Navedeno se očituje u značajnom porastu potražnje za dostupnošću proteklih godina. Što se tiče vremena provedenog u pristupu LTE mrežama, a prikazano na grafikonu 20, Južna Koreja ima vidljivo najbolju globalnu pokrivenost na temelju triju dostupnih mreža koje se po performansama nalaze na samom vrhu ljestvice. LG U+ mreža predstavlja najbolju mrežu prema predstavljenim uvjetima, što znači da se u 99 % od ukupnog vremena u kojem su korisnici povezani na pokretnu mrežu upotrebljava 4G LTE mreža. U SAD-u mreža Verizon ima najbolje performanse pri čemu se u 99 % od ukupnog vremena u kojem su korisnici povezani na pokretnu mrežu upotrebljava 4G LTE mreža [112].

Grafikon 20: Udio od ukupnog vremena (u kojem su korisnici povezani na pokretnu mrežu) koje provedu u upotrebi LTE mreža, prema pojedinoj državi



Izvor: [112]

Do 2019. mreža 4G činit će 26 % od svih priključaka, ali i 68 % od ukupnoga mobilnoga podatkovnog prometa. Do 2019. mreža 4G će generirati 10 puta više prometa nego mreža koja ne pripada navedenoj generaciji [93].

## 3.2 Razvoj i upotreba Wi-Fi mreža

Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) Alliance udruženje definira Wi-Fi kao „proizvode bežične lokalne mreže (*Wireless Local Area Network* – WLAN) koji se temelje na 802.11 standardima IEEE-a (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*)“ [113], [114]. IEEE 802 standard odnosi se na obitelj IEEE standarda koji se bave mrežama lokalnih područja (*Local Area Networks*) i mrežama gradskih područja (*Metropolitan Area Networks*). Bežična lokalna mreža vrsta je lokalne mreže koja koristi elektromagnetske valove za slanje i primanje informacija između mobilnog uređaja i žične okosnice mreže [115]. Pojam Wi-Fi postaje sinonim za „WLAN“ i kao takav će se upotrebljavati u ovom radu.

Od WLAN-ova, posebno IEEE 802.11 WLAN-ova (Wi-Fi mreža) očekuje se da će imati važnu ulogu kod budućih bežičnih komunikacijskih mreža. Glavni čimbenik koji Wi-Fi tehnologiji daje tako važnu ulogu gotovo je sveprisutna podrška kod modernih terminalnih uređaja. Wi-Fi Alliance udruženje ukazuje na činjenicu da je broj uređaja kompatibilnih s tehnologijom IEEE 802.11 nadmašio dvije milijarde krajem 2015. godine, a 97,5 % pametnih telefona trenutno podržava pristup Wi-Fi mrežama [113]. Wi-Fi Alliance u siječnju 2016. objavio je da su isporuke Wi-Fi modula dosegle 12 milijardi jedinica te se očekuje da će premašiti 15 milijardi jedinica do kraja 2016. godine [116].

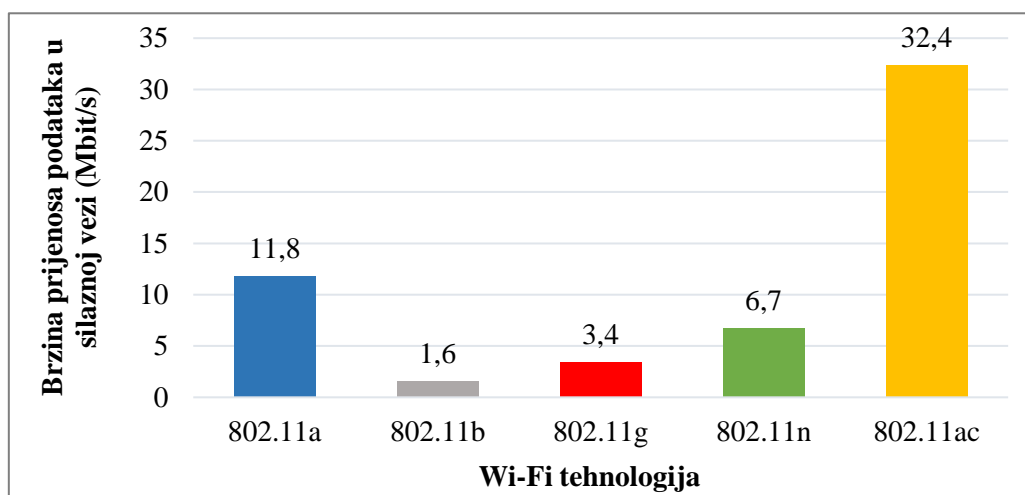
### 3.2.1 Razvoj Wi-Fi mreža

Skup standarda IEEE 802.11 definira fizički sloj i specifikacije sloja za kontrolu pristupa medijima za WLAN mreže te je značajno evoluirao od svoga izvornog objavljivanja 1997. godine. Izvorni standard omogućavao je za relativno nisku vršnu teoretsku brzinu prijenosa podataka (prema današnjim standardima) od 2 Mbit/s, ali je evoluirao kako bi se omogućile praktične brzine prijenosa od nekoliko desetaka, ponekad i stotina Mbit/s, ovisno o verziji koja se upotrebljava, uvjetima kanala i mrežnim postavkama [114].

IEEE 802.11 najrazvijenija je WLAN tehnologija današnjice. Još jedna vrlo poznata tehnologija jest HiperLAN standard definiran od strane udruženja ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*). Obje tehnologije ujedinjene su pod Wi-Fi udruženjem. U literaturi, IEEE 802.11 i Wi-Fi koriste se naizmjenično, što će se podrazumijevati i u ovoj disertaciji. Istraživanje [117] detaljno prikazuje pregled standarda IEEE 802.11 i rješavanje tehničkog sadržaja njegovih nadogradnji i proširenja. Fizički sloj (*Physical layer*) i kontrolni sloj pristupa mediju (*Medium Access Control*) uglavnom su u domeni standarda 802.11 IEEE udruženja. Najčešće razvijen i razmješten 802.11 standard ima mnogo novih verzija, a neke su još u izradi. Početni standardi daju maksimalnu brzinu prijenosa podataka od 2 Mbit/s po pristupnoj točki, što je poraslo na 11 Mbit/s po pristupnoj točki s implementacijom IEEE 802.11b. Novija proširenja kao što su IEEE 802.11g i IEEE 802.11a osiguravaju maksimalnu brzinu prijenosa podataka od 54 Mbit/s po pristupnoj točki koristeći se različitim metodama kako bi se poboljšale maksimalne brzine prijenosa podataka [117]. Na grafikonu 21 usporedno su prikazane prosječne brzine prijenosa podataka u silaznoj vezi nekih od zastupljenijih tehnologija Wi-Fi mreže.



Grafikon 21: Prosječna brzina prijenosa podataka u silaznoj vezi različitih tehnologija Wi-Fi mreže



Izvor: [118]

Wi-Fi tehnologija široko je prihvaćena i popularna tehnologija jer ne zahtijeva licencirani frekvencijski spektar. Upotrebljava se relativno jeftina oprema i veliki je broj kompatibilnih uređaja za fleksibilnu implementaciju bežičnog pristupa kroz različite pristupne točke. Wi-Fi pruža korisnicima mobilnost unutar lokalnog područja pokrivenosti. Wi-Fi i 4G konekcije sposobne su pružiti veze visokih brzina koje ne mogu pružiti ranije komunikacijske tehnologije pokretne mreže. Wi-Fi mreže mogu pokriti samo male prostore i omogućiti ograničenu pokretljivost, ali pružaju veće brzine prijenosa podataka. Dakle, Wi-Fi mreže pogodne su za pokrivenost pristupnih točaka gdje postoji visoka gustoća potražnje za bežičnim uslugama s visokim brzinama prijenosa podataka koje zahtijevaju ograničenu pokretljivost [119].

### 3.2.2 Upotreba Wi-Fi mreža

Wi-Fi tržište ima neprestan rast jer je Wi-Fi postala *de facto* glavna bežična tehnologija u domovima, na poslu, u maloprodajnim objektima i u ostalim komercijalnim prostorima u svijetu. Postoji nezasitna potražnja za povoljnim bežičnim prijenosom podataka i da se većina tih podataka generira u trenucima kada su korisnici stacionarni i u kući. Poznato je da se u posljednjih pet godina globalna penetracija Wi-Fi-a kod pametnih telefona povećala četiri puta [18]. Potrebno je naglasiti porast upotrebe Wi-Fi komunikacijskih mreža putem pametnih telefona, povećanje broja javnih Wi-Fi pristupnih točaka i korisničko prihvaćanje takvog načina pristupa mreži Internet [2]. Globalno će ukupan broj javnih pristupnih točaka Wi-Fi mreže porasti sedam puta od 2015. do 2020. godine, sa 64,2 milijuna u 2015. na 432,5 milijuna do 2020. godine [7].

Wi-Fi kompatibilan uređaj jednostavno znači da je spreman za mrežnu konekciju s WLAN mrežom [115]. Očekuje se da će se upotreba Wi-Fi tehnologije putem pametnih telefona i ostalih mobilnih uređaja drastično povećati s obzirom na to da će navedena tehnologija biti integrirana komponenta budućih mobilnih širokopojsnih mreža [113]. Mogućnost pristupa Wi-Fi mrežama postala je gotovo univerzalna za sve današnje pametne telefone. Za tablet uređaje, prijenosna računala i niz drugih terminalnih uređaja, Wi-Fi veza za pristup mreži Internet češća je od veze prema pokretnoj mreži [120].

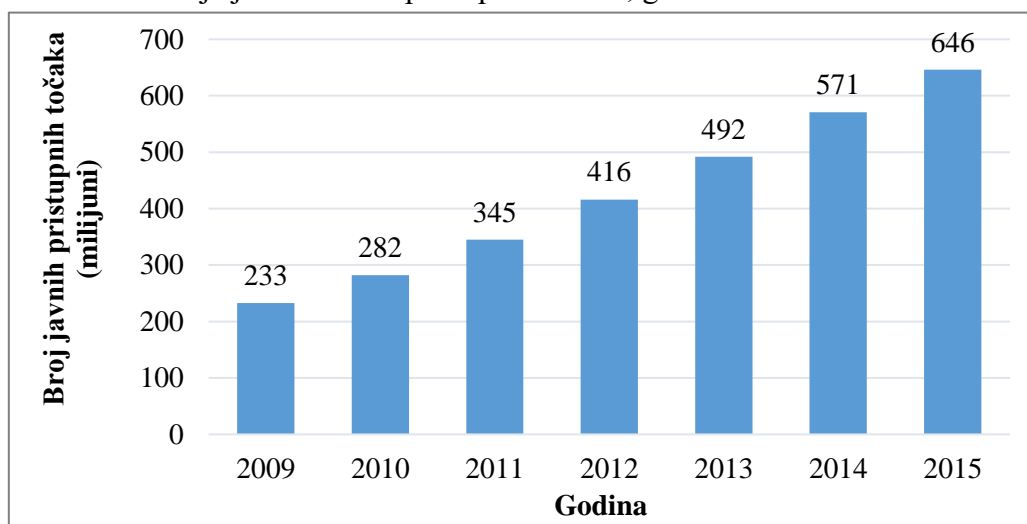
Za većinu današnjih mobilnih uređaja pristup putem Wi-Fi mreža i pokretnih mreža koegzistira paralelno, ali većinom kao odvojeni načini primjene. Većina korisnika pristupa Wi-Fi mrežama kada koriste podatkovno intenzivne aplikacije ili kada žele preuzeti softverske nadogradnje. Operatori pokretnih komunikacijskih mreža također potiču takav pristup; u nekim slučajevima stvaraju zadana sučelja za pristup Wi-Fi mrežama za usluge kao što su nadogradnje uređaja i aplikacija [52]. Sve je češći pristup putem Wi-Fi mreža za „automatizirane“ usluge, kao što su sinkronizacije i sigurnosne kopije podataka pohranjenih na pametnim telefonima zajedno s podatkovno intenzivnim uslugama krajnjih korisnika kao što su YouTube, Netflix i ostale usluge prijenosa videozapisa. Nasuprot tome, pristup putem pokretnih mreža, kao što i samo ime implicira, obično je usmjeren na manje podatkovno intenzivne aktivnosti inicirane od strane korisnika kad se nalaze u pokretu. Naravno, Wi-Fi pristup također je dominantan jer je najčešće besplatan ili se barem tako shvaća, osobito u domovima i tvrtkama, gdje se većinom pristupa Wi-Fi mreži primjenom pametnih telefona [53].

Ukupan će broj kućnih pristupnih točaka Wi-Fi mreže porasti s 56,6 milijuna u 2015. godini na 423,2 milijuna do 2020. godine. Kućna pristupna točka ili javna pristupna točka čine glavni dio javne Wi-Fi strategije. Wi-Fi pristupne točke uključuju i javne komercijalne Wi-Fi pristupne točke i kućne pristupne točke. Komercijalne pristupne točke uključuju nepokretne pristupne točke i pristupne točke koje pružaju mrežni operatori pokretne mreže koje mogu biti kupljene ili postavljene za plaćanje na mjesečnoj bazi. Pristupne točke postavljene su da pružaju Wi-Fi pokrivenost u kafićima i restoranima, maloprodajnim prodavaonicama, hotelima, zračnim lukama, zrakoplovima i vlakovima za kupce i posjetitelje. Komercijalne pristupne točke čine mali dio ukupnih javnih Wi-Fi pristupnih točaka koje će rasti sa 7,5 milijuna u 2015. na 9,3 milijuna do 2020. godine [7].

U današnje vrijeme u SAD-u ima 10 puta više Wi-Fi pristupnih točaka nego baznih stanica pokretnih mreža. Više od 30 milijuna domova ima Wi-Fi pristupnu točku sa širokopojasnom internetskom vezom. Izvan kuće, Wi-Fi je dostupan u školi i na poslu. Osim toga, postoji više od 93 000 javnih Wi-Fi pristupnih točaka u SAD-u. U više od 55 milijuna mobilnih telefona prodanih u SAD-u 2015. godine omogućen je pristup Wi-Fi mrežama. Oko 800 milijuna novih Wi-Fi kompatibilnih uređaja proizvodi se svake godine, uključujući usmjernike i prijenosna računala, igraće konzole, mobilne telefone, MP3 *playere*, pisače, digitalne kamere i televizijske prijarnike. Wi-Fi tehnologija upotrebljava se za povezivanje navedenih uređaja zajedno, kao i za povezivanje na lokalna mrežna područja i na mrežu Internet u suradnji s raznim davateljima usluga [121].

Od 1999. godine godišnja isporuka uređaja koji imaju omogućeni Wi-Fi pristup brzo je rasla. U 2014. godini bilo je isporučeno više od 2,4 milijarde uređaja kojima je omogućen pristup Wi-Fi mrežama, dok je početkom 2015. godine industrija premašila kumulativnu isporuku 10 milijardi Wi-Fi kompatibilnih uređaja. Više od polovice isporučenih proizvoda sada su dvostrukog opsega (2,4 GHz i 5 GHz). Prognozira se da će tržište i dalje ubrzano rasti u idućih pet godina s obzirom na to da će tehnologija biti usvojena na raznim tržištima [122]. Istraživanja procjenjuju da je više od 95 % američkih tvrtki sada usvojilo Wi-Fi pristup. Procjenjuje se da je u vrijeme izrade istraživanja [123] postojalo četiri milijuna javnih Wi-Fi pristupnih točaka u svijetu, a isto istraživanje predviđalo je da će se taj broj udvostručiti u sljedećih tri do četiri godine.

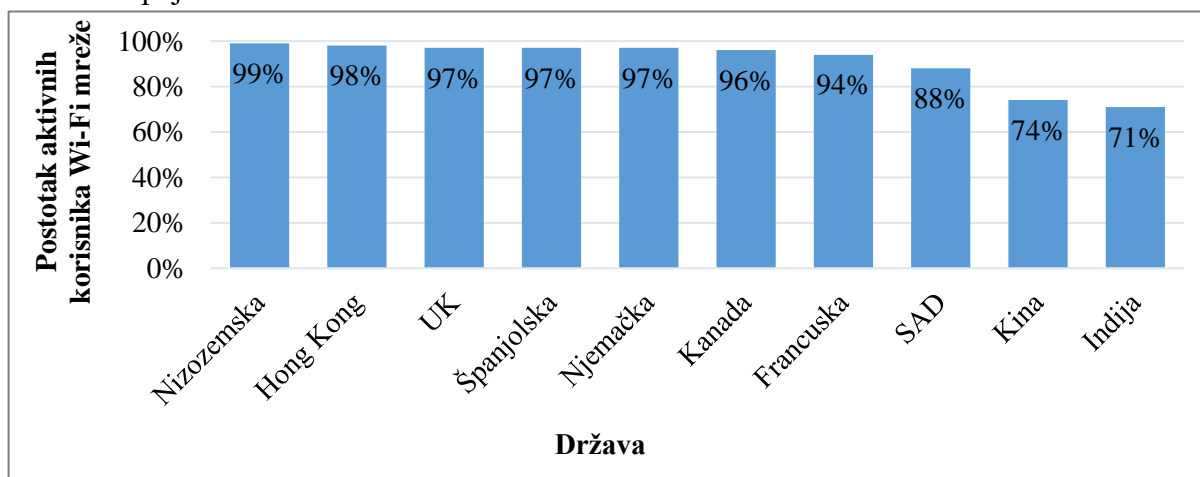
Grafikon 22: Rast broja javnih Wi-Fi pristupnih točaka, globalno



Izvor: [124]

Predviđa se da će više od 20 milijardi Wi-Fi modula biti isporučeno između 2016. i 2021. godine. Osim toga, istraživanja predviđaju da će 95 % uređaja isporučenih u 2021. godini podržavati Wi-Fi mreže koje za prijenos podataka upotrebljavaju frekvencijski spektar u području 5 GHz [122]. Niske cijene Wi-Fi modula dovode do činjenice kako svaki pametni telefon koji dolazi na tržište ima omogućen pristup Wi-Fi mrežama [46]. Wi-Fi proširuje svoju ulogu nositelja podatkovnog prometa i u privatnim i u javnim mrežama. Kako postaje dublje integriran u infrastrukturu pokretne mreže, Wi-Fi pristup dat će istu iskustvenu kvalitetu usluge na koju su pretplatnici navikli u pokretnim mrežama [52].

Grafikon 23: Postotak aktivnih korisnika Wi-Fi mreža od ukupnog broja korisnika pametnih telefona u pojedinim državama

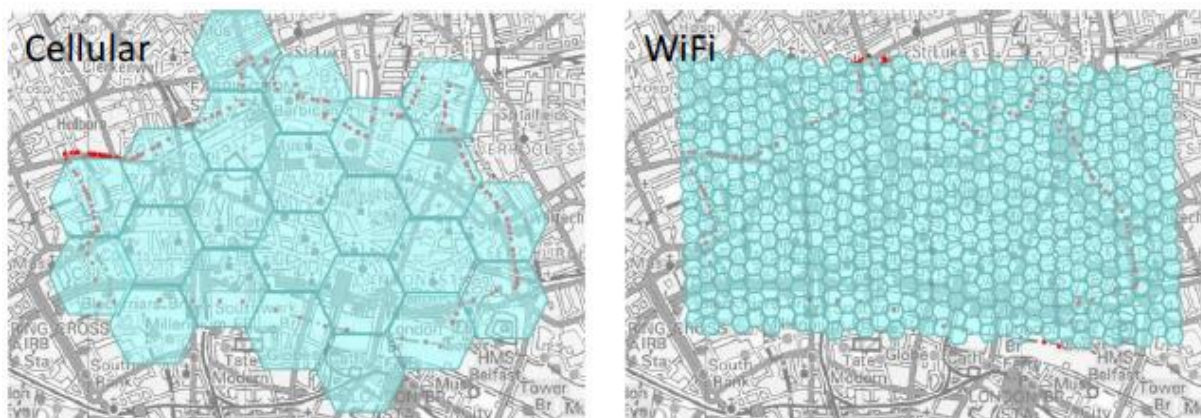


Izvor: [46]

Kako navodi [124], Wi-Fi se sve više kreće izvan tradicionalnih osnovnih lokacija prema novim generacijama lokacija pristupnih točaka, kao što su prodajna mjesta, budući da trgovci i operatori Wi-Fi mreža podjednako počinju shvaćati raznolikost profitabilnih poslovnih modela koji mogu biti postići raspoređivanjem Wi-Fi pristupnih točaka. Wi-Fi tehnologija postigla je više u 16 godina nego što su to uspjele učiniti mnoge tehnologije za svoga životnog vijeka –

uključujući omogućavanje rasta mobilnog podatkovnog prometa prijenosom značajnog dijela ukupnog svjetskog podatkovnog prometa, unaprjeđenje brzina prijenosa podataka s 11 Mbit/s na više od 1100 Mbit/s, povezivanje korisnika u više od 450 milijuna kućanstava širom svijeta te više od 47 milijuna pristupnih točaka u svijetu [116].

Wi-Fi tržište u cjelini vrlo je razvijeno u Europi, s više od 70 % kućanstava koja imaju Wi-Fi pristupnu mrežu u nekim državama članicama EU. Mogućnosti Wi-Fi mreža također sve više postaju standardna značajka na pametnim telefonima, pa je zato prebacivanje s pokretnih na Wi-Fi mreže dobro ustrojeno. Čini se da je najveći napredak u Europi postignut u Velikoj Britaniji, gdje je još u 2013. godini postojalo pet operatora (davatelja usluge) koji pružaju Wi-Fi mreže gradskog područja, uglavnom u gradskim središtima te često u suradnji s lokalnim zajednicama. S obzirom na činjenicu da središnji poslovni dio Londona može biti pokriven s manjim brojem konvencionalnih makroćelija – baznih stanica (čak i na relativno visokoj frekvenciji od 2 GHz), više od 450 Wi-Fi pristupnih točaka bit će potrebno za pružanje pokrivenosti na istom području, kako je prikazano na slici 2. Naravno, puno gušća Wi-Fi mreža imala bi veći odgovarajući mrežni kapacitet, čineći pristup malih ćelija privlačnijim u područjima gdje je gustoća prometa posebno visoka [120].



Slika 2: Procijenjeni broj baznih stanica 3G mreže i pristupnih točaka Wi-Fi mreže potrebnih za pokrivanje grada Londona, na temelju tipičnih veličina ćelija i dometa pristupnih točaka

Izvor: [120]

Za ostvarenje svoje potpune funkcionalnosti pametni telefoni povezuju se na dvije raznovrsne, no komplementarne pristupne širokopolasne mreže – pokretnu i Wi-Fi mrežu. Vrlo značajan čimbenik koji dovodi do rasta generiranoga podatkovnog prometa pametnih telefona jest razvoj tehnologija pokretne i Wi-Fi pristupne mreže. Povećane funkcionalnosti pametnih telefona omogućuju i povećanje propusne moći uređaja za prijenosom podataka budući da se isti povezuju na novije tehnologije pokretnih i Wi-Fi mreža. Prikazanim razvojem i upotrebom pokretne i Wi-Fi pristupne mreže u ovom poglavlju doktorskog rada ukazuje se na karakteristike i raznovrsnost pristupnih tehnologija pametnih telefona koje utječu na povećanje generiranoga podatkovnog prometa. Infrastrukturna unaprjeđenja pokretne i Wi-Fi mreže nude mogućnost pristupa mrežama novijih komunikacijskih tehnologija na sve širem području. Navedeno predstavlja preduvjet za sve veće količine generiranog, ali i prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže što se naglašava ovim poglavljem, te će se dodatno pojasniti u nastavku rada.

# 4 Podatkovni promet pametnih telefona

S obzirom na karakteristike i upotrebu pametnih telefona u četvrtom poglavlju dan je prikaz elemenata koji se odnose na ostvareni podatkovni promet pametnih telefona. Navedeno uključuje opis rasta ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona upotrebom pokretne mreže, s pripadajućim statističkim analizama. Nadalje, navedeni su podaci o raznolikosti informacijsko-komunikacijskih usluga i terminalnih uređaja pri generiranju podatkovnog prometa pametnih telefona upotrebom pokretnih mreža. Usporedno su definirani načini prebacivanja podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže kao i pregled statistika koje daju informacije o količinama prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Na kraju poglavlja analizirane su istraživačke metode koje omogućuju mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pripadajućim karakteristikama.

## 4.1 Podatkovni promet ostvaren pristupom pokretnim mrežama

Broj pretplatničkih ugovora za pametne telefone brzo se povećava, a razvoj komunikacijskih mreža osigurava sve veće brzine prijenosa podataka. Uz navedeno, kontinuirano povećanje prosječne količine ostvarenog podatkovnog prometa po pojedinom pretplatničkom ugovoru vodi do porasta ukupno ostvarenog podatkovnog prometa, globalno. Kako navodi Gerpott u [32], količina ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa, tj. podatkovnog prometa ostvarenog pokretnim mrežama, definira se kao broj prenesenih bitova u silaznoj i uzlaznoj vezi pristupom pokretnoj (mobilnoj) telekomunikacijskoj mreži upotrebom mobilnog telefona. Literatura mobilni podatkovni promet često definira kao količinu prenesenih podataka mobilnog Interneta, koji prema [125] i [31] predstavlja prijenos podataka komutacijom paketa baziranih na IP protokolu (*Internet Protocol*) upotrebom mobilne telekomunikacijske mreže i mobilnog telefona.

U ovom radu, pod pojmom mobilni podatkovni promet podrazumijeva se sav promet u pokretnoj (mobilnoj) komunikacijskoj mreži generiran od strane pametnog telefona primjenom svih dostupnih aplikacija, tj. funkcionalnosti uređaja za koji se koristi mod prijenosa paket.

Mobilne komunikacijske tehnologije brzo su se razvile zbog zahtjeva za većim brzinama prijenosa podataka i većom kvalitetom mobilnih komunikacijskih usluga, posebice za korisnike pametnih telefona. Nova generacija pametnih telefona, zajedno s 3G/4G kompatibilnim (*enabled*) prijenosnim računalima i tablet uređajima prenose iskustvo mreže Internet na mobilne uređaje. Količina podatkovnog prometa ostvarena upotrebom pokretnih mreža raste eksponencijalno, što je odlična prilika i veliki izazov za mobilnu komunikacijsku industriju. Korištenje mnogim popularnim uslugama društvenog umrežavanja primjenom pokretnih mreža generira veliku količinu podatkovnog prometa namijenjenome za prijenos pokretnim mrežama. S obzirom na sve veću popularnost različitih aplikacija pametnih telefona, pokretne komunikacijske mreže trenutačno su preopterećene [126].

### 4.1.1 Rast mobilnoga podatkovnog prometa

Rastući broj korisnika pametnih telefona glavni je pokretač rasta mobilnog podatkovnog prometa. Zbog sve veće uporabe pametnih telefona, navedeni uređaji će generirati tri četvrtine ukupnog mobilnog podatkovnog prometa do 2019. godine [15], a kako navodi [127], mobilni podatkovni promet generiran od strane pametnih telefona zauzima sve veći udio ukupnog internetskog prometa.

Ciscova istraživanja prikazana u [7], koja se odnose na ostvareni mobilni podatkovni promet i predviđanja navedenog na globalnoj razini, pokazuju da će mobilni podatkovni promet u sljedećih pet godina doseći sljedeće prekretnice:

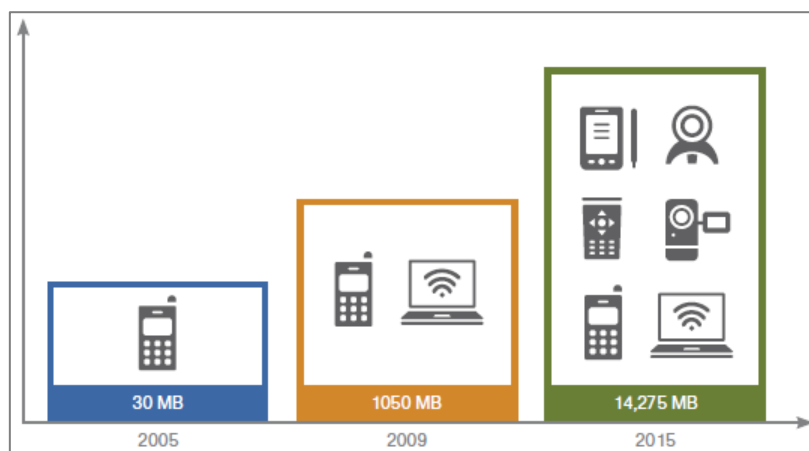
- količina mjesečno ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa bit će 30,6 eksabajta<sup>4</sup> do 2020. godine, globalno
- broj uređaja povezanih na pokretnu mrežu po jednom stanovniku dosegnut će 1,5 do 2020. godine

---

<sup>4</sup> 2<sup>60</sup> B(ajta).

- prosječna brzina pokretnih mreža nadmašit će 3 Mbit/s do 2017. godine
- ukupan će broj pametnih telefona (uključujući tablet uređaje) do 2020. godine biti oko 50 % od ukupnog broja terminalnih uređaja
- zbog povećane upotrebe pametnih telefona, isti će do 2020. godine ostvarivati više od 4/5 mobilnoga podatkovnog prometa
- 4G konekcije će do 2020. godine imati najveći udio (40,5 %) od ukupnog broja konekcija prema pokretnim mrežama
- ostvareni podatkovni promet 4G mrežama bit će više od polovine ukupno ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa do 2016. godine
- više podatkovnoga prometa prebačeno je s pokretnih na Wi-Fi mreže nego što je količina ostvarenoga podatkovnog prometa na pokretnim mrežama
- do 2020. godine tri četvrtine (75 %) ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa bit će videozapisi

Kako navodi [15], jedan pametni telefon može generirati onoliko mobilnoga podatkovnog prometa koliko i 37 osnovnih mobilnih telefona, dok prema [128] pametni telefon može generirati 35 puta više mobilnoga podatkovnog prometa nego osnovni mobilni telefoni. Generiranje mobilnoga podatkovnog prometa nastavlja rasti. Taj rast dijelom je potaknut rastom popularnosti videozapisa, budući da se korisnici oslanjaju na svoje mobilne uređaje u korištenju raznolikim uslugama [129]. Prema podacima vidljivim na slici 3, količina ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa jednoga mobilnog pretplatnika u 2015. godini jest i do 450 puta veća od onoga što je bila 2005. godine. Navedeno označava kako se pojedini korisnik, prosječno u 2005. godini, koristio jednim mobilnim telefonom te je njime ostvarivao prosječno 30 MB podatkovnog prometa. U 2015. godini, kao što je vidljivo na slici 3, prosječan korisnik upotrebljava šest različitih terminalnih uređaja i na mjesečnoj razini ostvaruje 14275 MB, u prosjeku. Navedena pojava ima veliki utjecaj na zahtjeve telekomunikacijske mreže kao i na prijelaz iz usluga dominacije glasa prema većem udjelu usluga temeljenim na podacima [130].



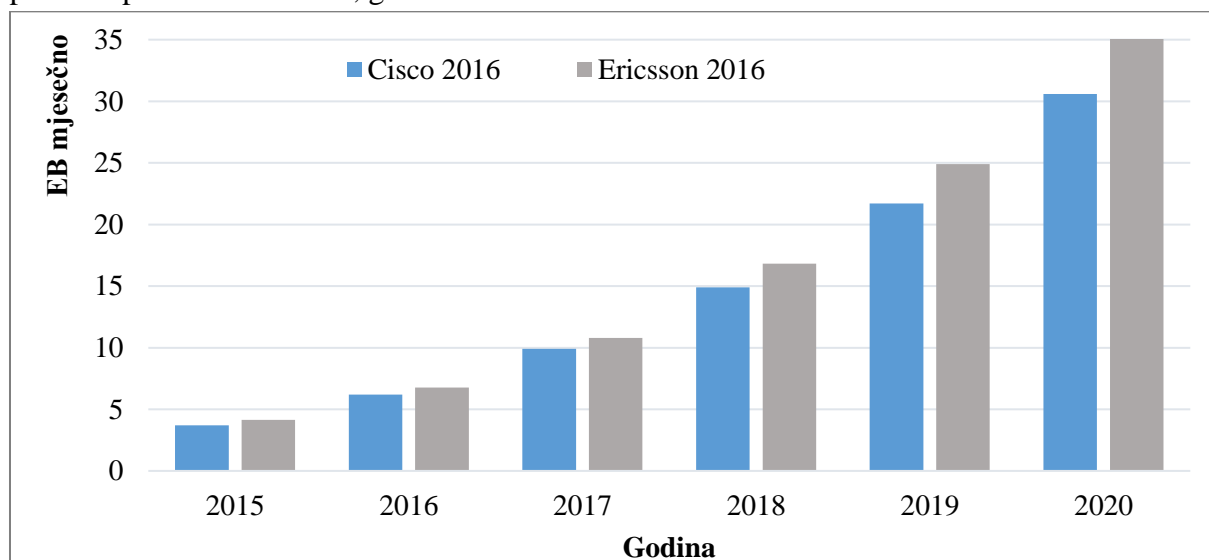
Slika 3: Rast podatkovnog prometa jednoga mobilnog pretplatnika i korištenje višestrukim uređajima u različitim vremenskim razdobljima

Izvor: [130]



Rast mobilnoga podatkovnog prometa upravljan je i povećanjem pretplatničkih priključaka pametnih telefona, rastom prosječne količine ostvarenoga podatkovnog prometa po pretplatničkom priključku te potaknut sve većim pregledom videosadržaja. Podatkovni promet porastao je za oko 10 % u odnosu na prvi kvartal 2016. godine i 60 % u odnosu na isto razdoblje 2015. godine. Treba napomenuti da postoje velike razlike u razinama ostvarenoga podatkovnog prometa između tržišta, regija i telekomunikacijskih operatora [92]. Povećanje količina i predviđanja porasta ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona analizirano je od strane različitih subjekata tako da su na grafikonu 24 vidljiva neka od navedenih.

Grafikon 24: Predviđanja tvrtki Cisco i Ericsson o rastu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa pametnih telefona, globalno



Izvor: [7], [92]

Kao što je i vidljivo na grafikonu 24, trendovi i predviđanje rasta u količinama ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona imaju slične uzlazne putanje, prema istraživanjima tvrtki Cisco i Ericsson iz 2016. godine. Tako je globalni mobilni podatkovni promet porastao za 74 % 2015. godine. Iako konekcije 4G mreže zastupaju samo 14 % od ukupnog broja mobilnih konekcija u 2015. godini, one već čine 47 % od ukupno ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa, dok 3G konekcije predstavljaju 34 % od ukupnog broja mobilnih konekcija i 43% ostvarenoga podatkovnog prometa. Godine 2015. 4G konekcije generirale su šest puta više podatkovnog prometa u prosjeku od ostalih vrsta konekcija [7].

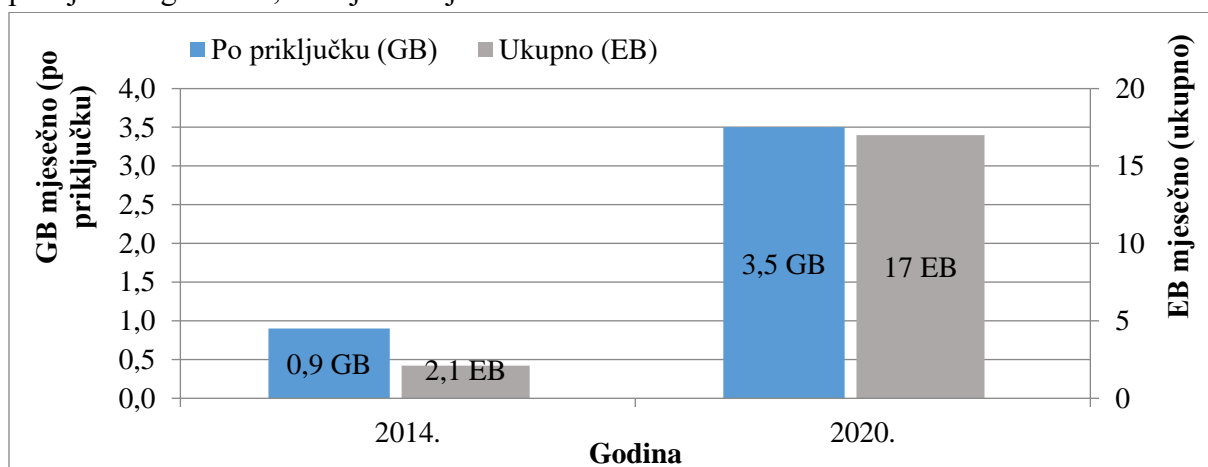
Značajan udio internetskog prometa proizlazi generiranjem podatkovnog prometa upotrebom pametnih telefona. Popularnost pametnih telefona utječe na podatkovni promet tako da taj promet raste deset puta brže u odnosu na podatkovni promet koji generiraju nepokretne mreže [41]. Pametni telefoni i *phablet*<sup>5</sup> uređaji nastavit će dominirati u generiranju mobilnog podatkovnog prometa [7]. Prema [56], količina prenesenih podataka po svakom pametnom telefonu značajno će se povećati od prosječnih 1,2 GB mjesečno u 2014. do predviđene vrijednosti od 4,6 GB mjesečno u 2020., dok se u [57] navodi kako će taj rast biti 0,9 GB mjesečno u 2014. do predviđenih 3,5 GB mjesečno u 2020. godini. Ujedno, predviđa se

<sup>5</sup> uređaj dijagonale ekrana 5,1 do 6,9 inča koji veličinom i karakteristikama predstavlja kombinaciju pametnoga mobilnog uređaja i tablet uređaja



mjesečna suma mobilnoga podatkovnog prometa od svih mobilnih priključaka u 2020. u iznosu od 17 EB (grafikon 25).

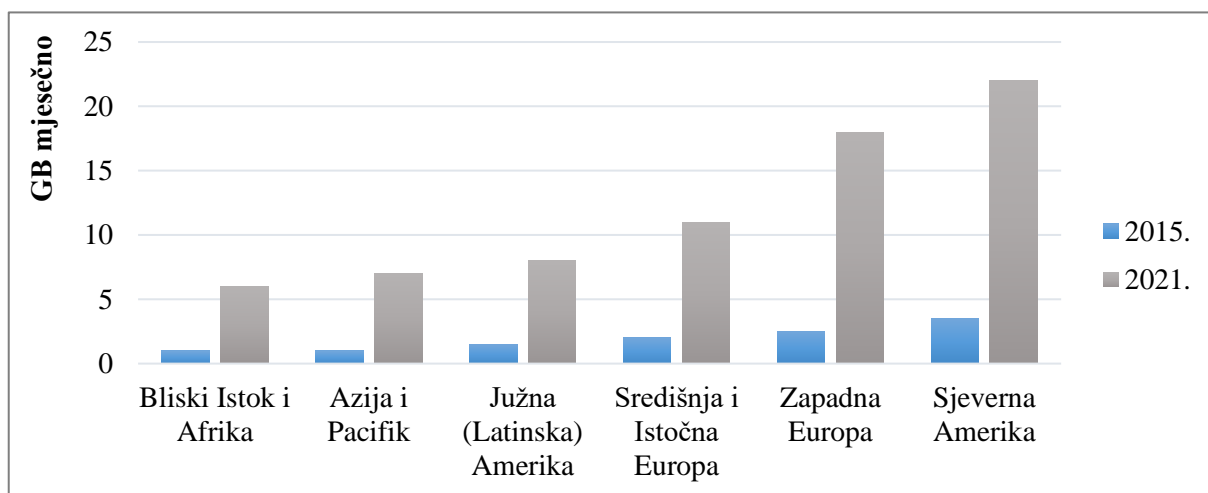
Grafikon 25: Prikaz predviđanja rasta mobilnoga podatkovnog prometa po priključku i svih priključaka globalno, na mjesečnoj razini



Izvor: [56], [57]

Sjeverna Amerika regija je s najvećim mjesečno ostvarenim podatkovnim prometom po aktivnoj pretplati pametnog telefona u svijetu. Taj će se trend, prema predviđanjima u [92], nastaviti i u narednim godinama, što je prikazano na grafikonu 26.

Grafikon 26: Regionalne razlike u svijetu prema generiranju mobilnoga podatkovnog prometa pametnih telefona



Izvor: [92]

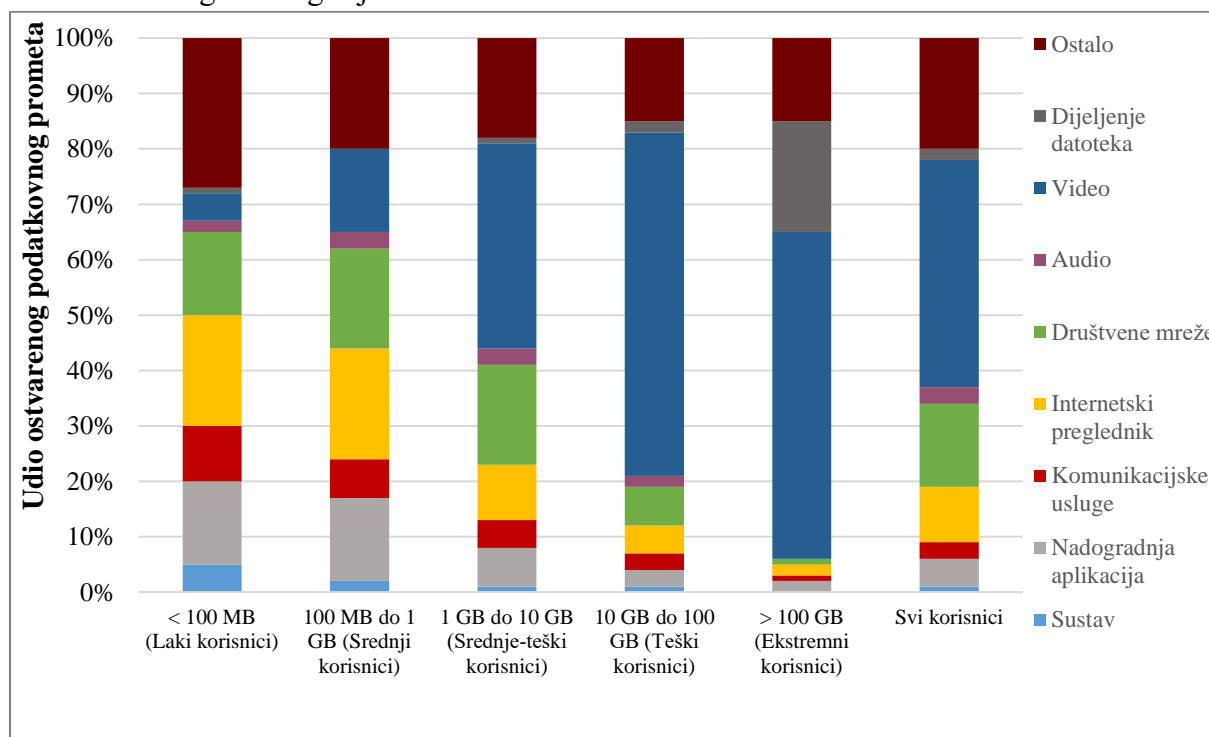
U 2021. godini mjesečno ostvareni mobilni podatkovni promet pametnog telefona po aktivnoj pretplati u Sjevernoj Americi bit će 1,2 puta veći (22 GB) od istoimenog u Zapadnoj Europi (18 GB) i tri puta veći od ostvarenog prometa u regiji Azije i Pacifika (7 GB). Zapadna Europa ostvarit će devet puta veći rast podatkovnog prometa pametnih telefona po korisniku između 2015. i 2021. godine. Zbog porasta broja pretplatničkih priključaka, regija Azije i Pacifika imat će najveći udio u ukupno generiranom podatkovnom prometu pametnih telefona u 2021. godini [92].

#### 4.1.2 Usluge i terminalni uređaji

Kako navodi Hagos u [126], glavni razlozi koji stoje iza silnog porasta ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa jesu rast novih mobilnih usluga i poboljšanih mogućnosti povezanih uređaja, prodor mreža visoke propusnosti u prijenosu podataka, kao što su mreže LTE, tarifni planovi s neograničenim količinama uključenoga podatkovnog prometa te sve veća lepeza različitih podatkovnih aplikacija koje prenose sve više podatkovnog prometa upotrebom pokretnih mreža.

Napredak u razvoju pokretnih mreža omogućio je korisnicima pristup multimedijским uslugama kojima nije bilo moguće pristupiti tijekom rada mobilnih mreža generacija 1G i 2G. Razvoj pokretnih mreža oslobodio je prostor za stvaranje multimedijских usluga, a sukladno tome i značajan rast ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa [131]. Rast ostvarenoga podatkovnog prometa uzrokovan je kontinuiranim povećanjem prosječno generiranog podatkovnog prometa po pretplatničkom priključku zbog povećanog pregleda videosadržaja. Potrebno je spomenuti da postoji velika razlika u razinama podatkovnog prometa između tržišta, regija i mrežnih operatora [64]. Prema istraživanju Citrixa u [129], društvene mreže predstavljaju najpopularniju aktivnost na mobilnim uređajima, s 40 % dnevno aktivnih pretplatnika koji generiraju 10 % od ukupne količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa. Videozapisima i fotografijama može se pripisati 87 % količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa putem društvenih mreža, s time da videozapisi pridonose 47 %, a fotografije 40 % od ukupnog udjela. Raspodjela i udjeli ostvarenog podatkovnog prometa pojedine kategorije korisnika i prema korištenim uslugama prikazani su na grafikonu 27.

Grafikon 27: Udio ostvarenog podatkovnog prometa pametnih telefona prema tipovima korištenih usluga i kategorijama korisnika

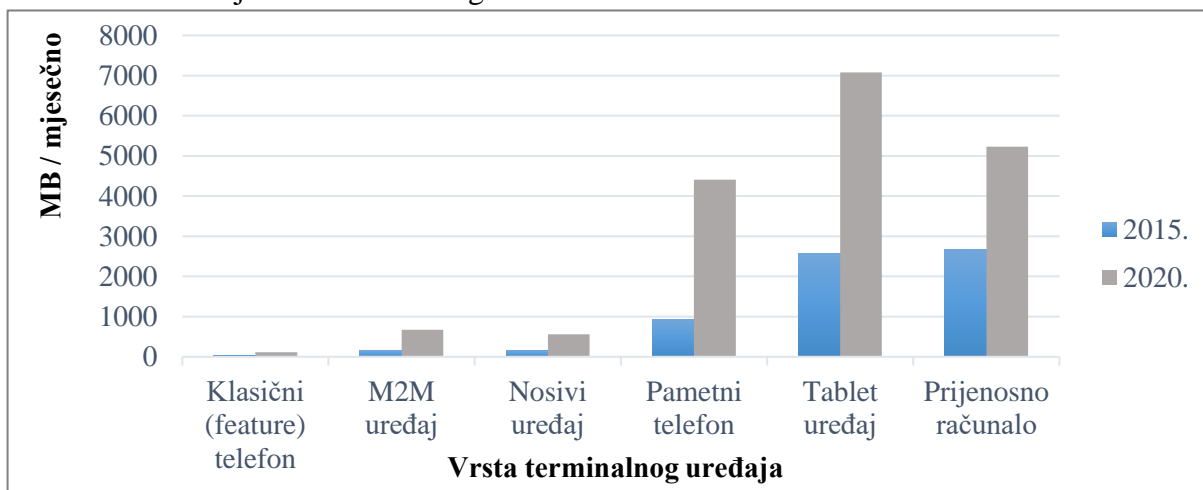


Izvor: [132]

Kao što je vidljivo na grafikonu 27, ostvareni podatkovni promet određene skupine korisnika sličnih je obrazaca ponašanja na različitim tržištima, ali se izuzetno mijenja prilikom prelaska s kategorije lakih korisnika na kategoriju ekstremnih korisnika. Udio podatkovnog prometa ostvaren od strane softverskih ažuriranja, internetskih pretraživanja i komunikacijskih usluga (poruke, VoIP, videopozivi itd.) značajan je među lakim korisnicima. Za navedenu skupinu do 30 % podatkovnog prometa ostvaruje se na temelju dugačkog niza različitih aplikacija. Kod nekih tržišta u razvoju udio podatkovnog prometa za komunikacijske usluge može čak biti veći za slabe i srednje korisnike. Pomak na dominaciju videozapisa također je očit za srednje teške i teške korisnike.

Isto tako, [56] navodi da je razlog rasta mobilnoga podatkovnog prometa dostupnost naprednih pametnih telefona putem kojih se olakšava upotreba mobilnih usluga te atraktivni tarifni planovi. Na grafikonu 28, prema Ciscovu izvješću u [7], prikazani su podaci o ostvarenom podatkovnom prometu u 2015. godini kao i predviđanja o količinama generiranoga podatkovnog prometa u 2020. godini, sukladno različitostima u generiranju podatkovnog prometa pojedinih terminalnih uređaja. Navedeni grafikon prikazuje predviđeni porast u ostvarenom podatkovnom prometu svakog od analiziranih terminalnih uređaja. S obzirom na tip uređaja i uobičajene mogućnosti, klasični (*feature*) telefoni ostvaruju najmanje količine podatkovnog prometa, dok se predviđa da će tablet uređaji u 2020. godini ostvarivati najveće prosječne mjesečne količine podatkovnog prometa (7079 MB/mjesečno). Podatkovni promet pametnih telefona isto tako predviđa izrazito visok rast, s količine od prosječno 929 MB mjesečno ostvarenoga podatkovnog prometa u 2015. godini na predviđenih 4406 MB mjesečno ostvarenoga podatkovnog prometa u 2020. godini.

Grafikon 28: Ostvarene i predviđene količine generiranoga podatkovnog prometa različitih terminalnih uređaja – 2015. i 2020. godina

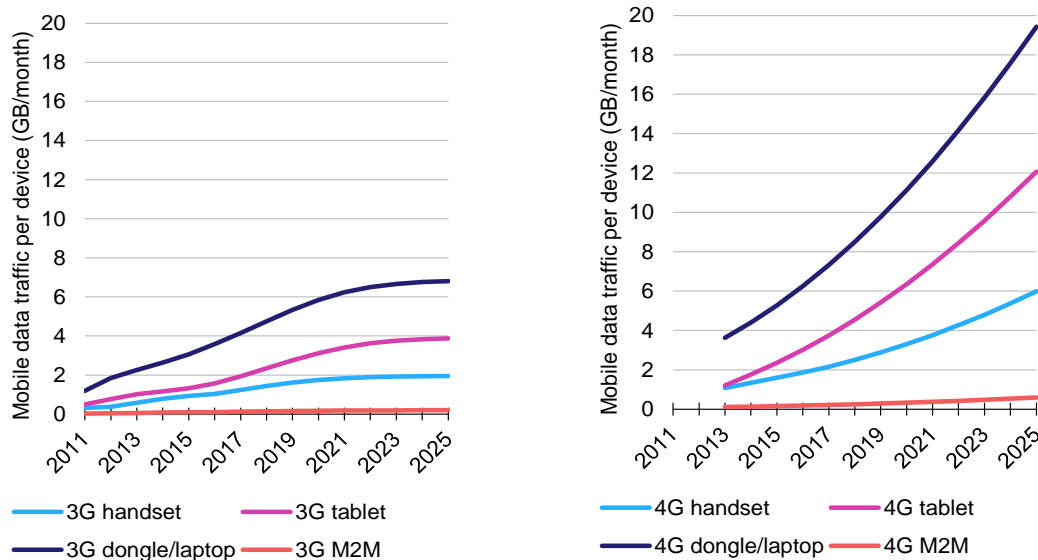


Izvor: [7]

Za određene vrste uređaja godišnje ostvareni a na temelju toga i predviđanja ostvarenoga podatkovnog prometa variraju ovisno o tome je li uređaj tipa 3G ili 4G, što je prikazano na grafikonu 29 [133]. Zaključak koji se daje upućuje na činjenicu kako uređaji koji imaju mogućnost pristupa novijim generacijama komunikacijskih tehnologija pokretne mreže ostvaruju značajno veće količine mobilnoga podatkovnog prometa. Naravno, količine ostvarenog mobilnog podatkovnog prometa individualno ovise o tipu uređaja tako da ne

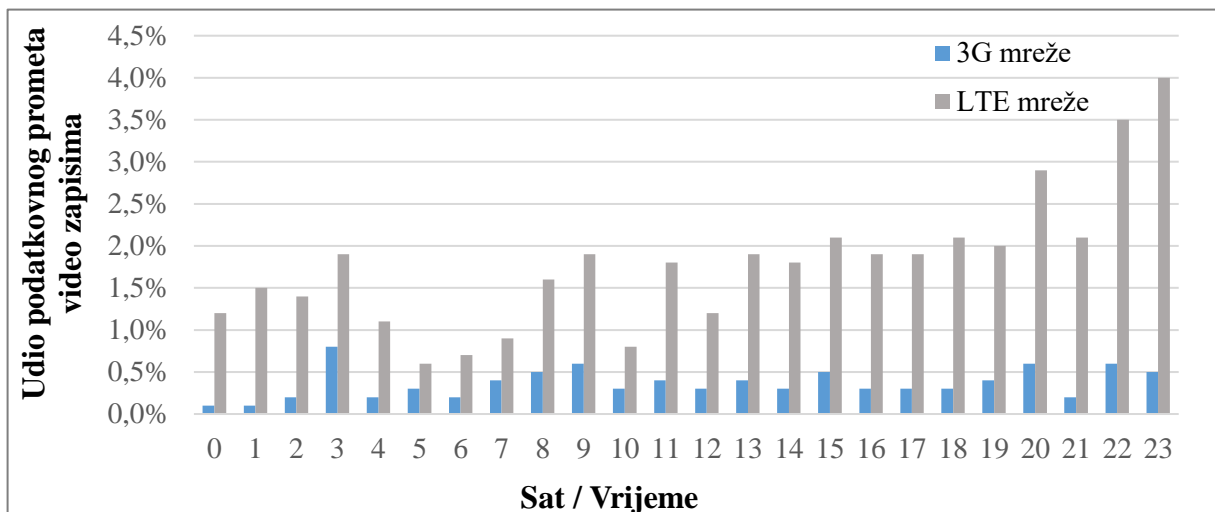
iznenađuju činjenice kako primjerice prijenosna računala generiraju veće količine mobilnoga podatkovnog prometa u odnosu na količine mobilnoga podatkovnog prometa ostvarenog pametnim telefonima.

Grafikon 29: Rast ostvarenoga podatkovnog prometa i njegova predviđanja po određenom uređaju za 3G i 4G tipove uređaja, [133]



Nadalje, generira se pet puta veća količina podatkovnog prometa aktivacijom usluge prijenosa videozapisa korištenjem LTE mrežom u odnosu na 3G mreže [82], što je moguće vidjeti na grafikonu 30.

Grafikon 30: Usporedba dnevne distribucije generiranja podatkovnog prometa pametnih telefona mreža 3G i LTE za uslugu pregleda videozapisa



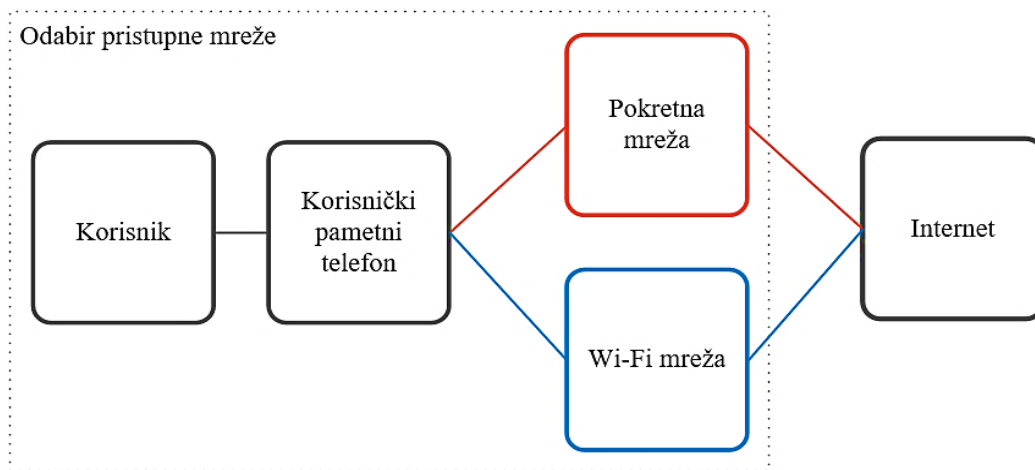
Izvor: [82]

Kao što je vidljivo na grafikonu 30, značajne su razlike u ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona u jednom danu upotrebom mreža 3G i LTE. Moguće je primjetiti porast ostvarenog podatkovnog prometa pametnih telefona prema večernjim satima u jednom danu, s prosječno maksimalno ostvarenim podatkovnim prometom oko 23 sata. Naravno, generiranje podatkovnog prometa minimalno je u ranojutarnjim satima bez obzira na tip mreže.

## 4.2 Prebačeni podatkovni promet s pokretnih na Wi-Fi mreže

Autori u [5] i [120] definiraju prebacivanje podatkovnog prometa kao usmjeravanje bežičnog podatkovnog prometa koji može biti obrađen od strane pokretne mreže alternativnim pristupnim mrežnim tehnologijama koje se upotrebljavaju za lokalnu pokrivenost i rade na frekvencijama koje mogu, ali i ne moraju biti u nadležnosti telekomunikacijskih operatora. Prebacivanje podatkovnog prometa označava korištenje alternativnom mrežnom pristupnom tehnologijom za prijenos podataka koji su izvorno namijenjeni prijenosu upotrebom pokretnih mreža, posebice kad one postanu zasićene [119].

Alternativnu tehnologiju za prebacivanje (*offload*) podatkovnog prometa pametnih telefona u ovom radu predstavlja isključivo mreža Wi-Fi, kao komplementarna pristupna mrežna tehnologija za prijenos podatkovnog prometa umjesto prijenosa korištenjem pokretnih mreža. Na slici 4 prikazana je arhitektura komunikacijskih mreža pri upotrebi pametnih telefona te moguć pristup pokretnim i Wi-Fi mrežama, odnosno proces prebacivanja podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.



Slika 4: Arhitektura pristupnih komunikacijskih mreža pri upotrebi pametnih telefona i mogućnosti prebacivanja podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže

Izvor: [134]

Budući da je cilj ove doktorske disertacije definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže, na slici 4 prikazana su dva odvojena pristupa komunikacijskim mrežama upotrebom pametnih telefona (pristup pokretnim mrežama i pristup Wi-Fi mrežama). Prebacivanje podatkovnog prometa u navedenom slučaju odnosi se na činjenicu da se komunikacija i prijenos podataka prebacuje s pokretne mreže na Wi-Fi pristupnu mrežu u cilju upotrebe usluga i povezivanja na mrežu Internet.

Pametni telefoni u suštini su namijenjeni povezivanju s pokretnom mrežom no tehnološki razvoj istih omogućio je upotrebu i Wi-Fi mreže. U tom vidu količina podatkovnog prometa pametnih telefona ostvarena upotrebom Wi-Fi mreže predstavlja količinu prebačenoga (*offload*) podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Wi-Fi tehnologija izgleda kao pobjednički prijedlog za korisnike pametnih telefona i za operatore pokretnih mreža. Korisnici mogu brže pregledavati internetski sadržaj i uštedjeti na mjesečnim troškovima prijenosa podatkovnog prometa, dok operatori pokretnih mreža mogu smanjiti potrebu za povećanjem

kapaciteta pokretne mreže [121]. Wi-Fi tehnologija kod velikog je broja 3G/4G uređaja mehanizam koji prebacuje podatkovni promet s 3G/4G na Wi-Fi mreže. Vrlo je zanimljiv operatorima pokretnih mreža koji žele uravnotežiti troškove prijenosa podatkovnog prometa i stvoriti bolju iskoristivost mreže. Osnovna ideja koja leži iza prebacivanja podatkovnog prometa na Wi-Fi mreže jest da kad god je dostupna Wi-Fi pristupna točka, sav promet ili dio prometa preusmjeren je kroz Wi-Fi pristupnu točku, čime se podatkovni promet prebacuje s pokretne pristupne mreže [119].

Wi-Fi tehnologija široko je prihvaćena i popularna jer ne zahtijeva licencirani frekvencijski spektar te pruža korisnicima mobilnost za kretanje unutar pokrivenosti lokalnog područja. Wi-Fi je također, kod velikog broja 3G/4G uređaja (pametni telefoni, tablet uređaji, *netbook* računala i sl.) koji obično generiraju velike količine podatkovnog prometa, mehanizam koji omogućuje prebacivanje podatkovnog prometa s pokretnih (3G/4G) na Wi-Fi mreže [126]. Wi-Fi nije samo tehnologija koja se upotrebljava kao potpora pokretnim mrežama ili za prebacivanje tijekom vršnih prometnih opterećenja, nego je pristup putem Wi-Fi mreža utvrđen kao osnovno sredstvo za prijenos podatkovnog prometa za veliku i rastuću bazu korisnika [48].

Prebacivanje bi trebalo biti kontrolirano od strane operatora, tj. operatori pokretne mreže trebali bi biti u mogućnosti kontrolirati količine prometa koje su preusmjerene korištenjem Wi-Fi mrežama, a koje bi bile ostvarene upotrebom pokretnih mreža [126]. Očekuje se da će prebacivanje podatkovnog prometa postati glavnim čimbenikom industrijskog segmenta u skoroj budućnosti jer se ostvareni podatkovni promet upotrebom pokretnih komunikacijskih mreža naglo povećava [3], [9].

#### 4.2.1 Pristupi za prebacivanje podatkovnog prometa

Prema istraživanju [134] trenutno postoje tri osnovna pristupa (od strane operatora pokretnih mreža) za prebacivanje podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže:

1. mrežno preusmjeravanje (*network bypass*) ili neupravljano prebacivanje podatkovnog prometa (*unmanaged data offloading approach*) s pokretne na Wi-Fi mrežu
2. pristup upravljano prebacivanja podatkovnog prometa (*managed data offloading*) s pokretne na Wi-Fi mrežu
3. integrirani pristup prebacivanja podatkovnog prometa (*integrated data offload approach*) s pokretne na Wi-Fi mrežu

Prvi pristup je mrežno preusmjeravanje (*network bypass*) ili neupravljano prebacivanje podatkovnog prometa (*unmanaged data offloading approach*) gdje se korisnički promet preusmjerava na Wi-Fi mrežu u trenutku kada je ona dostupna. Time se u potpunosti „zaobilazi“ pokretna mreža u vidu upotrebe podatkovnih usluga. Pokretna mreža i dalje se koristi za mogućnost glasovnih usluga (poziva). Iako se ovaj pristup doima privlačnim zbog smanjene potrebe za mrežnom opremom, postoji nekoliko nedostataka. Prvotno, mrežni operator gubi nadzor i kontrolu nad pretplatnicima kada oni za prijenos podataka koriste Wi-Fi mrežu. Također, operator pokretne mreže gubi mogućnost isporuke željene vrste pretplatničkog sadržaja (Blackberry usluga, VPN poduzeća i sl.) što dovodi operatora do potencijalnih

gubitaka prihoda. Unatoč navedenim nedostacima, zbog jednostavnosti primjene, ovaj se pristup može usvojiti kao najčešće rješenje za prebacivanje podatkovnog prometa sa pokretnih na Wi-Fi mreže. Ovaj pristup privlačan je i iz perspektive korisnika iz razloga što upravo korisnik ima kontrolu podatkovnog povezivanja. Ovaj pristup ima veliku sličnost s jednostavnom korisničkom zamjenom sučelja pokretne mreže (za prijenos podataka) sa sučeljem Wi-Fi mreže kada je ista u dometu. Operator pokretne mreže može omogućiti navedeno rješenje za prebacivanje podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže instalacijom aplikacije na pametni telefon koja će omogućiti prebacivanje podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže čim je Wi-Fi mreža u dometu.

Drugi pristup, pristup upravljano prebacivanja podatkovnog prometa (*managed data offloading*) s pokretne na Wi-Fi mrežu mogu upotrijebiti operatori pokretnih mreža koji ne žele izgubiti nadzor i kontrolu nad svojim pretplatnicima. Takve tendencije operatora mogu postojati iz nekoliko razloga. Primjerice, neki operatori pružaju ograničen mrežni pristup koji zahtjeva mjerenje i upravljanje pretplatničkim prometom. Također, neki operatori pružaju usluge poput roditeljske zaštite/filtriranja sadržaja prometa. Tu su i operatori koji jednostavno žele biti svjesni korisničkih navika iz ciljanih razloga u segmentu marketinških aktivnosti. Rješenje ovog problema je u upotrebi inteligentnog *gatewaya* koji omogućuje analize pretplatničkih sesija prema Internetu upotrebom Wi-Fi mreža. U ovom slučaju nema potrebe za potpunom integracijom pokretne i Wi-Fi mreže. Operator ostvaruje kontrolu nad pretplatnicima ali nema mogućnost dostave željenog pretplatničkog sadržaja.

Treći pristup, integrirani pristup prebacivanja podatkovnog prometa (*integrated data offload approach*) s pokretne na Wi-Fi mrežu omogućava operatorima pokretne mreže potpunu kontrolu nad pretplatnicima kao i dostavu željenog pretplatničkog sadržaja za vrijeme dok pretplatnici koriste Wi-Fi mrežu. Ovaj pristup se postiže integracijom pokretnih i Wi-Fi mreža ostvarivanjem poveznice (*bridge*) između dviju mreža koja omogućuje neometan protok podataka. Moguće je razlikovati dvije mrežne arhitekture koje se koriste za spajanje pokretne i Wi-Fi mreže; slabo uparivanje (*loose coupling*) i čvrsto uparivanje (*tight coupling*). U mrežnoj arhitekturi slabog uparivanja mreže su neovisne i od njih se ne zahtjeva značajna suradnja. Wi-Fi mreža povezuje se indirektno s pokretnom mrežom kroz vanjsku IP mrežu poput Interneta. Mrežna usluga je omogućena *roamingom* između dviju mreža. S druge strane, u sustavu čvrstog uparivanja, mreže dijele zajedničku jezgru i većina mrežnih funkcionalnosti poput prebacivanja poziva ili podatkovnih sesija (*handovera*), upravljanja resursima, sustava naplate, kontroliraju se i upravljaju centralizirano.

#### **4.2.2 Načini prebacivanja podatkovnog prometa**

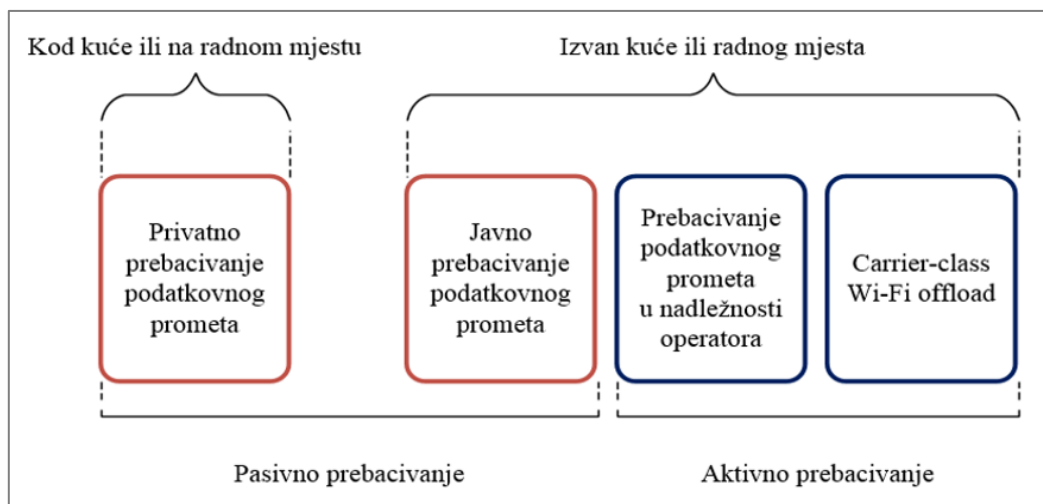
Sveprisutnost Wi-Fi mreža i ograničeni kapacitet pristupa pokretnim mrežama mijenja način na koji korisnici pristupaju uslugama telekomunikacijske mreže. Tehnološke i tržišne promjene generiraju rast u količinama podatkovnog prometa prebačenog s pokretnih na Wi-Fi mreže. Wi-Fi tehnologija postaje dominantna pristupna tehnologija za pametne telefone.

Prebacivanje podatkovnog prometa klasificira se kao aktivno ili pasivno. Pasivno prebacivanje podatkovnog prometa je prebacivanje koje kontrolira korisnik dok je aktivno prebacivanje kontrolirano od strane operatora pokretne mreže. Pretpostavlja se da je podatkovni

promet generiran putem Wi-Fi mreže, generiran od strane pametnoga telefona i uređaja srednjih zaslona s mogućnošću mobilne konekcije, u kućanstvima i uredima, pasivno prebacivan i da je proporcija prometa koji se ne odvija u kućanstvima i uredima također pasivno prebacivana (npr. korisnik s namjerom traži Wi-Fi mreže u hotelima, kafićima i sl.) [133].

Postoji nekoliko načina prebacivanja podatkovnog prometa, [135]:

1. privatno prebacivanje (*private offload*) – korištenje kućnim ili uredskim Wi-Fi pristupnim mrežama
2. javno prebacivanje (*public offload*) – korištenje standardnim modelom javnih pristupnih Wi-Fi točaka
3. prebacivanje podatkovnog prometa u nadležnosti operatora pokretne mreže
4. *carrier-class Wi-Fi* – pojam koji opisuje skup mogućih rješenja koja omogućuju neometano korisničko prebacivanje prijenosa podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.



Slika 5: Shematski prikaz metoda za prebacivanje podatkovnog prometa i vezanih lokacija  
Izvor: [133]

Postoji znatna neizvjesnost u pitanju koja će količina podatkovnog prometa biti prebačena s pokretnih na Wi-Fi mreže u budućnosti i jasno je da odgovor djelomično ovisi o komercijalnim odlukama koje donose operatori pokretne mreže s obzirom na cijene prijenosa podatkovnog prometa. Ipak, kako navodi [133], očekuje se da će količine pasivno prebačenoga podatkovnog prometa biti mnogo veće od količina podatkovnog prometa prebačenih aktivnim prebacivanjem.

#### 4.2.2.1 Privatno prebacivanje

Velika aktivnost mobilnoga podatkovnog prometa pojavljuje se u domovima korisnika. Za korisnike koji imaju fiksnu liniju i Wi-Fi pristup te korisnici koji imaju instalirane femtoćelije ili pikoćelije od strane mobilnih operatora, velik dio podatkovnog prometa generiranog upotrebom mobilnim ili prijenosnim uređajima prenesen je s pokretne na nepokretnu komunikacijsku mrežu. Prebacivanje se očituje na strani korisnika ili uređaja u trenutku kada se isti spoji s pokretne mreže na Wi-Fi mrežu [7].



Važan razlog za dominaciju pasivnog nad aktivnim prebacivanjem prometa je činjenica da cjelokupno prebacivanje dolazi iz korisničkih domova ili ureda, lokacije koje gotovo u potpunosti ovise o privatnom pasivnom prebacivanju. Podatkovni promet prebačen na Wi-Fi mreže iznosio je oko tri četvrtine ukupnoga mobilnoga podatkovnog prometa na uređajima s malim i srednje velikim ekranima u 2013. godini te se očekuje da će biti oko 85 % 2017. godine. Predviđanja prikazuju da će se aktivno Wi-Fi prebacivanje podatkovnog prometa povećati kao dio ukupno prebačene količine podatkovnog prometa [133].

#### **4.2.2.2 Javno prebacivanje**

Wi-Fi je široko rasprostranjen kako bi pružao pristup širokopojasnim uslugama na pristupnim točkama kao što su zračne luke, željeznički kolodvori, hoteli i kafići. Mnoge od tih konekcija kontrolirane su na individualnoj razini, ali sve više operatora pokretnih i nepokretnih komunikacijskih mreža pruža vlastite javne Wi-Fi pristupne točke kojima mogu pristupiti njihovi pretplatnici u sklopu njihovog podatkovnog paketa i također, omogućuju automatsko prebacivanje s pokretne na Wi-Fi mrežu. Na mjestima gdje je povećan podatkovni promet (npr. poslovno područje u glavnim gradovima), guste isprepletene mreže konfigurirane su na način da pružaju stalnu Wi-Fi pokrivenost koja može biti pogodna alternativa podatkovnoj pokretnoj mreži na tim mjestima [120].

#### **4.2.2.3 Prebacivanje u nadležnosti operatora pokretne mreže**

Alternativni bežični širokopojasni pristup bazira se na malim ćelijama kao što su Wi-Fi pristupne točke ili tzv. femtoćelije ili pikoćelije pokretnih mreža koje mogu biti sastavni dio pokretne mreže kojom upravljaju operatori pokretnih mreža ili mogu biti bazirane na korisničkoj infrastrukturi kao što su samostalno organizirane Wi-Fi mreže upravljane od strane operatora bežične širokopojasne mreže [120].

#### **4.2.2.4 Carrier-class Wi-Fi prebacivanje**

Bates u [133] razlikuje dvije vrste aktivnog tipa prebacivanja podatkovnog prometa na:

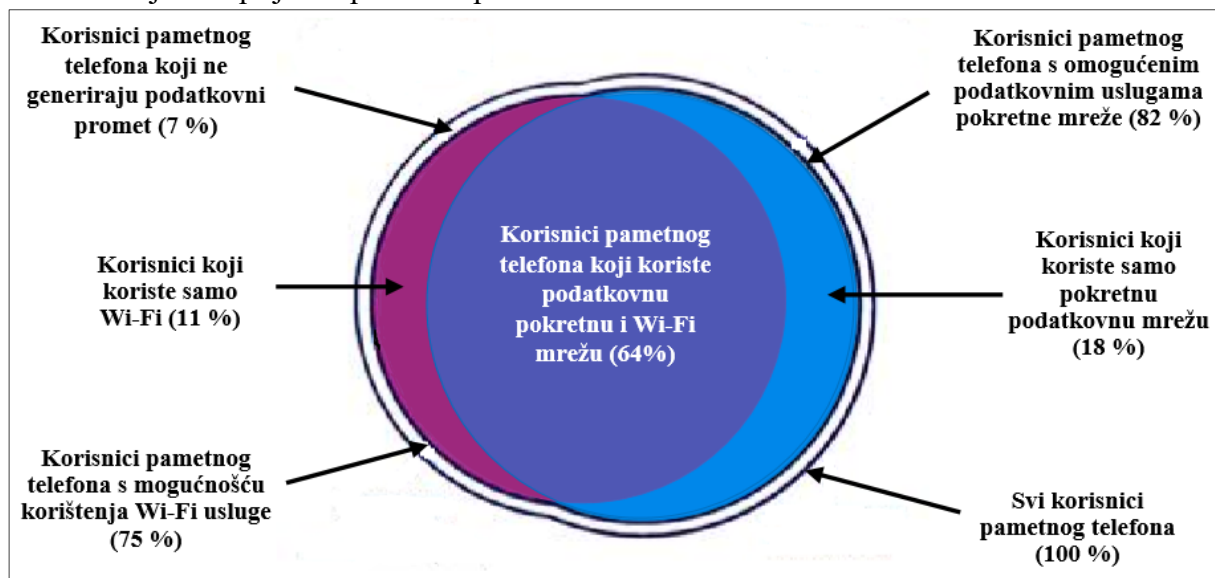
- prebacivanje u nadležnosti operatora pokretne komunikacijske mreže i
- *carrier-class* Wi-Fi prebacivanje.

Isti autor definira *carrier-class* Wi-Fi prebacivanje kao podatkovni promet koji se prebacuje s pokretne na Wi-Fi mrežu upotrebom cijelog paketa mogućih rješenja u cilju ostvarenja neprimjetnog prijelaza i prebacivanja podatkovnog prometa s pokretne na Wi-Fi komunikacijsku mrežu. Navedeno uključuje okvir pristupa točkama pristupnih mreža udruženja Wi-Fi Alliance te pronalaska i selekcije pristupnih mreža u okviru 3GPP-a. *Carrier-class* Wi-Fi prebacivanje zapravo predstavlja potkategoriju prebacivanja podatkovnog prometa operatora pokretne mreže. *Carrier-class* Wi-Fi prebacivanje tek je u povojima razvoja no očekuje se kako će se sljedećih nekoliko godina ubrzano razvijati [133].

### 4.2.3 Količine prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona

Wi-Fi tehnologija čvrsto je formirala poziciju najkorištenije bežične tehnologije u smislu količine ostvarenoga podatkovnog prometa koji se prenosi komunikacijskim mrežama [124]. Iako generiranje podatkovnog prometa korištenjem pokretnim mrežama i primjenom pametnih telefona raste, rast ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem Wi-Fi mrežama drastično ga je nadmašio. Količina podatkovnog prometa prebačenog s pokretnih mreža na Wi-Fi mreže pri korištenju pametnim telefonima iznosit će 56 % do 2020. godine [7].

Kao što je vidljivo na slici 6, velika većina korisnika pametnih telefona (82 %) ima omogućene podatkovne usluge pokretne mreže. Ujedno, određeni postotak korisnika (7 %) uopće ne generira podatkovni promet, što znači da pristup mrežama u vidu prijenosa podataka nije aktivan. Mali dio korisnika (11 %) koristi samo pristup Wi-Fi mrežama za generiranje podatkovnog prometa, dok je nešto veći postotak korisnika pametnih telefona (18 %) koji koriste isključivo prijenos podataka pokretnom mrežom.



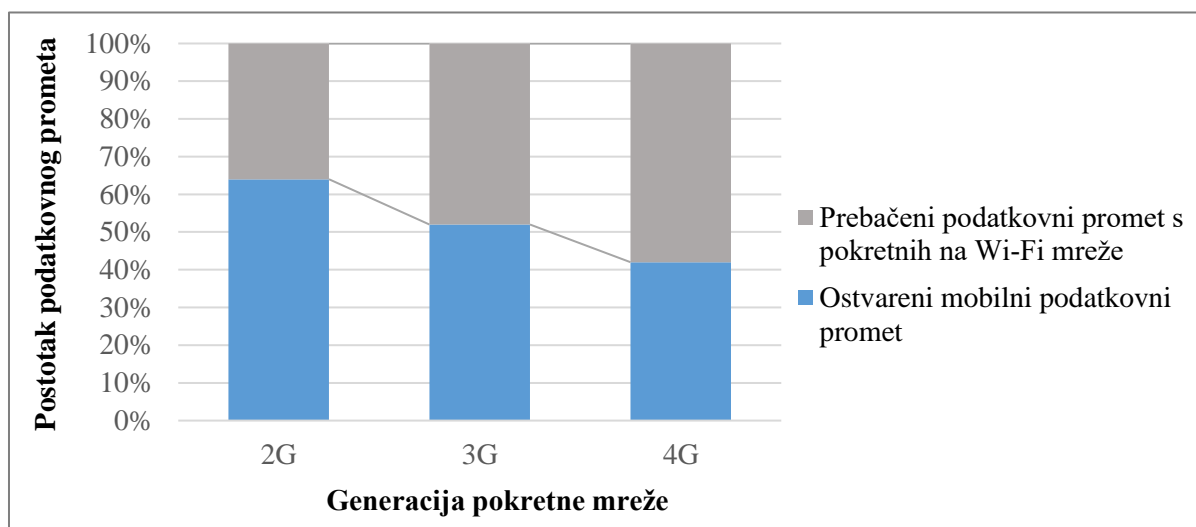
Slika 6: Različito ponašanja korisnika pametnih telefona pri generiranju i prebacivanju podatkovnog prometa

Izvor: [135]

Generiranje podatkovnog prometa pristupom pokretnim mrežama iznosilo je samo 19 % od ukupnoga podatkovnog prometa ostvarenog pametnim telefonima. Drugim riječima, omjer podatkovnog prometa generiranog korištenjem Wi-Fi i pokretnim mrežama jest veći od 4:1 u bazi analiziranih pametnih telefona [46]. Pristup putem Wi-Fi mreža nastavlja jačati svoju poziciju kao dominantni nositelj podatkovnog prometa pametnih telefona. Podaci o ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona ukazuju na komplementarnost tehnologija 4G i Wi-Fi s povećanjem ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem objema vrstama pristupa [53].

Kako se povećao postotak podatkovnog prometa putem pokretnih mreža, tako se povećava i količina prebačenog prometa s 51 % (3,9 eksabajta mjesečno) u 2015. godini na 55 % (38,1 eksabajta mjesečno) do 2020. godine [7]. Na grafikonu 31 prikazan je odnos količine ostvarenog i prebačenog podatkovnog prometa u ovisnosti o generaciji pokretne komunikacijske mreže.

Grafikon 31: Omjer ostvarenoga i prebačenoga podatkovnog prometa prema komunikacijskim mrežama mobilnih uređaja

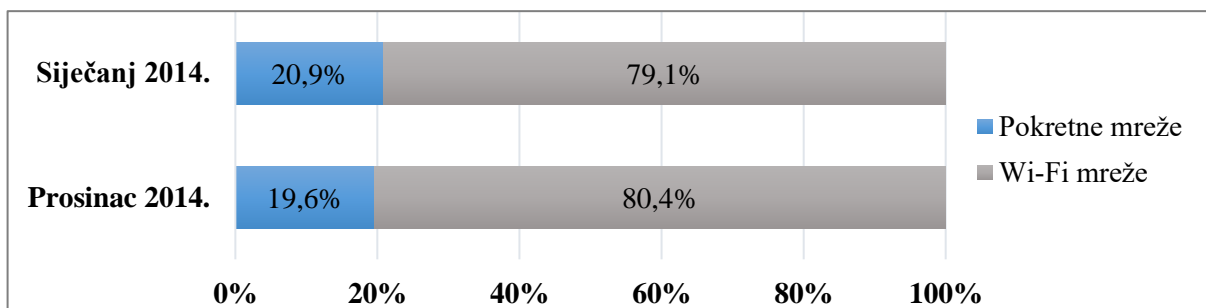


Izvor: [7]

Velike količine prebačenoga podatkovnog prometa predstavljaju zapanjujuće i ne sasvim očekivane vrijednosti. Dodatno, podaci aplikacije pametnih telefona za mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa Cisco Data Meter pokazuju da je količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže otprilike četiri puta veća u odnosu na podatkovni promet ostvaren korištenjem pokretnim mrežama [120]. Odnos 3G/LTE mreže prema Wi-Fi komunikacijskoj mreži varira od 1:1 do 1:4 ili više u pogledu podatkovnog prometa putem Wi-Fi mreža na uređajima koji podržavaju SIM modul. Veći omjer dominira u područjima gdje je korištenje privatnim Wi-Fi pristupnim točkama u kućanstvima i uredima manje razvijeno zbog nedostatka nepokretne širokopojasne konekcije [16].

Wi-Fi pristup predstavlja primarni oblik povezivanja za većinu korisnika. Na globalnoj razini Wi-Fi pristup čini više od dvije trećine (70 %) čitavoga podatkovnog prometa ostvarenog putem pametnih telefona unutar uzorka korisnika na početku 2012. godine [46]. Podaci navode kako, na globalnoj razini, Wi-Fi mreže i pokretne mreže ostvaruju podatkovni promet prema udjelu 80 % / 20 % korištenjem mobilnim uređajima, na temelju trendova u 2014. godini. Navedeno odražava činjenicu kako mjesta gdje ljudi provode veliku većinu svojeg vremena (domovi i uredi) često imaju dobru pokrivenost Wi-Fi mrežama s niskim troškovima ili bez njih, tako da su uređaji povezani na Wi-Fi mreže kad god je to moguće, ostavljajući generiranje podatkovnog prometa pokretnim mrežama uglavnom za ono vrijeme kada su u pokretu [49]. Promatrajući udio ukupnoga mjesečnog ostvarenoga podatkovnog prometa na temelju korištenja različitim pristupnim tehnologijama, Wi-Fi tehnologija ostvarila je 79,1 % od ukupno ostvarenoga podatkovnog prometa na uređajima, u odnosu na 20,9 % od ukupno ostvarenoga podatkovnog prometa generiranog pokretnim mrežama. Navedeno istraživanje odnosi se na siječanj 2014. godine i globalni je uzorak, što je vidljivo na grafikonu 32.

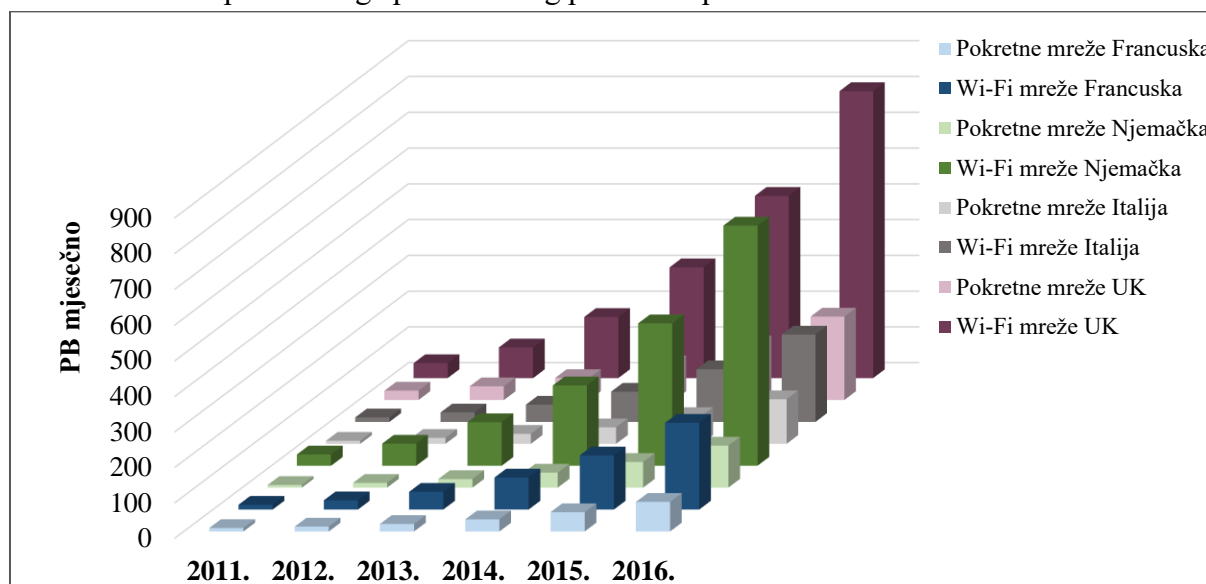
Grafikon 32: Usporedba količina ostvarenoga podatkovnog prometa na globalnoj razini korištenjem pokretnim i Wi-Fi mrežama u siječnju i prosincu 2014. godine



Izvor: [49]

Mjesečno ostvareni podatkovni promet korištenjem Wi-Fi mrežama mnogo je veći od podatkovnog prometa putem pokretnih mreža na 3G i 4G pametnim telefonima, a i raste mnogo brže [53].

Grafikon 33: Prikaz i predviđanja ostvarenog podatkovnog prometa upotrebom pokretnih mreža i količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže

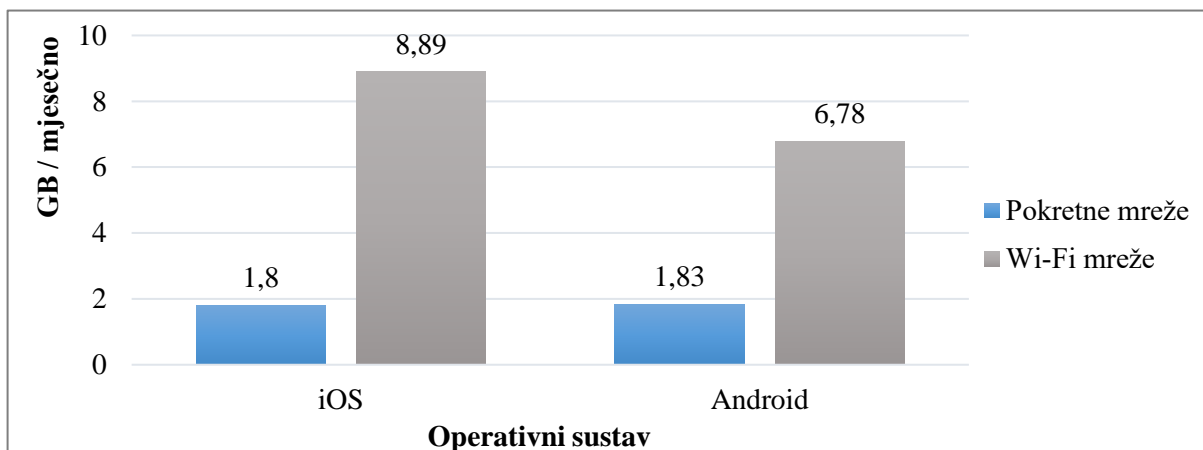


Izvor: [120]

U prosjeku, mobilni pretplatnici u SAD-u ostvarivali su u trećem kvartalu 2014. godine 1,8 GB podatkovnog prometa mjesečno. Mjesečno ostvareni podatkovni promet pametnih telefona temeljenih na OS-u iOS iznosio je u prosjeku 1,822 GB, dok je istoimeni iznosio 1,863 GB na pametnim telefonima temeljenim na OS-u Android [136], što je vidljivo na grafikonu 34.

Nadalje, prikazano na grafikonu 34, ostvareni podatkovni promet pametnih telefona korištenjem Wi-Fi mrežama varirao je nešto više prema pojedinim OS-ima pametnih telefona. Tako je prosječno mjesečni ostvareni podatkovni promet pametnih telefona temeljenih na OS-u iOS i korištenjem Wi-Fi mrežama iznosio 8,89 GB, dok je navedeni za Android OS iznosio 6,78 GB. Udio ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem Wi-Fi mrežama u ukupno ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona temeljenih na OS-u iOS iznosi 82 %. Navedeni udio kod pametnih telefona temeljenih na OS-u Android iznosi 78 % [136].

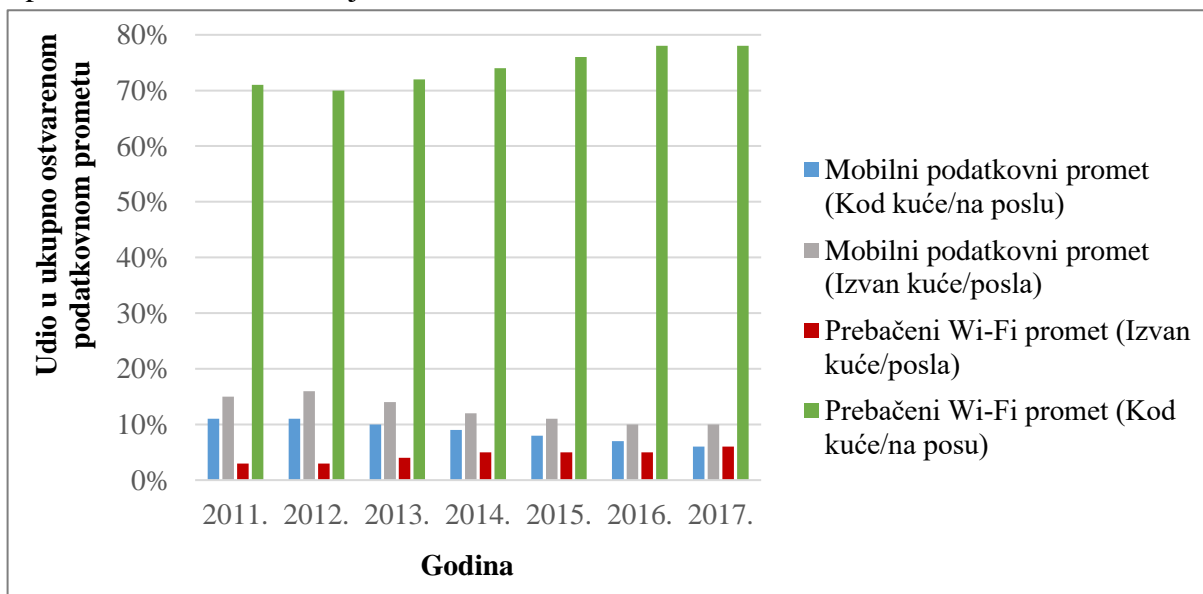
Grafikon 34: Prosječno generiranje podatkovnog prometa pametnog telefona korištenjem pokretnim i Wi-Fi pristupnim mrežama u trećem kvartalu 2014. godine



Izvor: [136]

Višestruki izvori ukazuju na činjenicu da je 80 do 90 % podatkovnog prometa Android pametnih telefona već prebačeno korištenjem privatnim Wi-Fi mrežama, npr. unutar doma krajnjeg korisnika. Relativno mala količina ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem pokretnim mrežama uistinu je ostvarena kada su korisnici u pokretu [120].

Grafikon 35: Relativni udio prebačenoga i generiranoga mobilnoga podatkovnog prometa upotrebom mobilnih uređaja



Izvor: [133]

Dva se zaključka mogu izvući na temelju dosadašnjih istraživanja, a vidljivo na grafikonu 35: Prvo, procjene pokazuju da je količina prebačenoga podatkovnog prometa u 2013. godini iznosila oko 75 % od ukupno ostvarenoga podatkovnog prometa na uređajima malih zaslona. Predviđanja su da će navedeno iznositi otprilike 85 % do 2017. godine. Drugo, velika većina prebačenog prometa ostvaruje se u domovima i na radnim mjestima [133].

### 4.3 Mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona

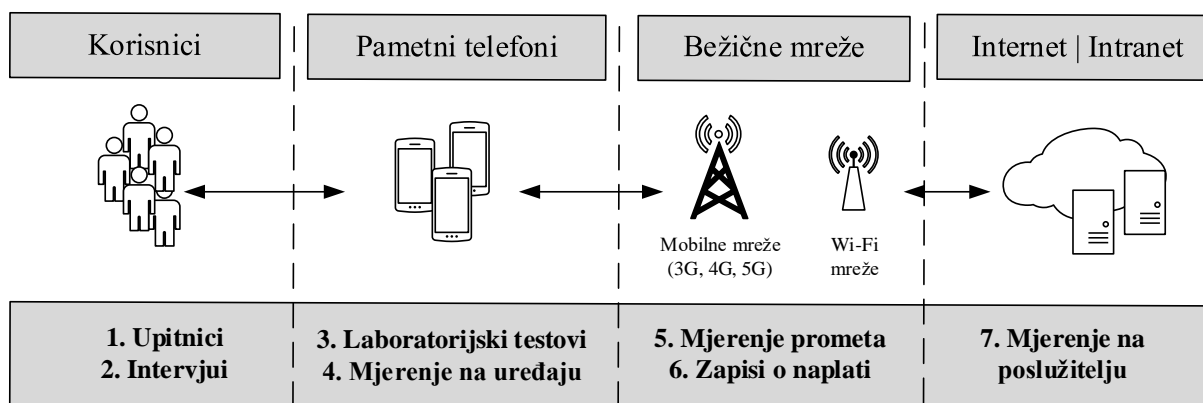
Uvid u navike i potrebe korisnika može se dobiti mjerenjem količine ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona te je navedeno osnova za njihovo predviđanje. Mjerenja ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona od strane telekomunikacijskih operatera i davatelja usluga ima nedostataka u obliku nemogućnosti prikazivanja generiranoga podatkovnog prometa izvan mobilne komunikacijske mreže (primjerice prijenos podataka korištenjem Wi-Fi mrežom). Ovo poglavlje predstaviti će moguće načine mjerenja ostvarenoga podatkovnog prometa pametnog telefona. Naglasak će biti stavljen na mogućnosti mjerenja podatkovnog prometa koristeći se mogućnostima pametnih telefona i vezanih aplikacija.

Znatnu količinu podatkovnog prometa generiraju korisnici pametnih telefona i malo se zna o mjerenjima podatkovnog prometa pametnih telefona. Mnogi korisnici imaju ograničeno razumijevanje o tome kako njihovi uređaji generiraju podatkovni promet te kako mnogi korisnici pametnih telefona globalno upotrebljavaju veće mjesečne podatkovne segmente tarifnih planova nego što im je potrebno. Također, mnogi se korisnici muče s tzv. „fantomskim“ generiranjem podatkovnog prometa, što se odnosi na neočekivano generiranje podatkovnog prometa koja nije u skladu s percepcijom korisnika.

Sve istraživačke metode koje omogućuju mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona imaju prednosti i nedostatke. Primjerice, istraživačke metode intervjua i laboratorijskih mjerenja posebno su neadekvatne za veće uzorke proučavanja zbog visokih troškova. S druge strane, istraživačke metode vezane uz elemente telekomunikacijske mreže uglavnom se oslanjaju na samu mrežu i njene elemente ili na mjerenja na strani poslužitelja, što znači i vrlo uski opseg. Sve metode istraživanja na odgovarajući način proučavaju ponašanja krajnjeg korisnika u skupu sve složenijih mobilnih informacijsko-komunikacijskih usluga [35]. Izbor metoda za prikupljanje podataka o ostvarenom podatkovnom prometu uvelike ovisi o njihovoj dostupnosti, odnosno ovisi o mogućnosti pristupa podacima od strane istraživača. Odabrana metoda istraživanja diktira opseg i veličinu uzorka koji se proučava [36].

Mjerenja ostvarenoga podatkovnog prometa potrebna su mrežnim operatorima kako bi imali stalan uvid u informacije o podatkovnom prometu te ostale mrežne parametre. Odabir točke mjerenja ovisi o cilju koji se želi postići mjerenjem ostvarenoga podatkovnog prometa [137]. Prikupljanje podataka o generiranom podatkovnom prometu također podiže zabrinutost o privatnosti. Na razini pojedinca, korisnik može promijeniti svoje ponašanje kada postane svjestan da je predmet proučavanja. To je posebice važno u metodama kao što su anketni upitnici i mjerenje na uređaju (nadzor aplikacijom). S druge strane, efekt „velikog brata“ koji upućuje na prožimajući nadzor i smanjenje osobne privatnosti odvija se kada korisnici nisu sigurni na koji su način prikupljeni određeni podaci [36].

S obzirom na intenzitet generiranja podatkovnog prometa, različita istraživanja imaju vrlo različite pristupe, svaka s određenim prednostima i nedostacima. Stoga je ključno osigurati razumijevanje u vezi osobitosti glavnih istraživačkih metoda za mjerenje generiranja mobilnoga podatkovnog prometa, kao i razumijevanje doprinosa pojedine metode kako bi bilo moguće smjestiti rezultate istraživanja u ispravan kontekst [32]. Slika 7 prikazuje različite istraživačke metode za mjerenje podatkovnog prometa prema izvorima za prikupljanje informacija o generiranju podatkovnog prometa.



Slika 7: Klasifikacija istraživačkih metoda za mjerenje podatkovnog prometa prema izvorima za prikupljanje informacija o generiranju podatkovnog prometa

Izvor: [14], [36], [138], [139]

Različiti autori s različitih perspektiva pokazuju različite metode za mjerenje podatkovnog prometa mobilnih uređaja. Prema [32], intenzitet generiranja podatkovnog prometa može se mjeriti objektivnim i subjektivnim metodama.

Glavni cilj ovog poglavlja je opisati nadogradnju postojećih metoda za mjerenje ostvarenog podatkovnog prometa pametnih telefona. Te su nadogradnje nastale s razvojem OS-a i aplikacija pametnih telefona. Ovo poglavlje rada uključuje pregled trenutnog stanja i razvoj istraživačkih metoda koje su korištene u mjerenju podatkovnog prometa pametnih telefona, pokazujući prednosti i nedostatke različitih metoda. Također, naglasak je stavljen na unaprjeđenje postojećih metoda mjerenja podatkovnog prometa na samom uređaju (pametnom telefonu).

#### 4.3.1 Subjektivne istraživačke metode za mjerenje

Subjektivne metode, opisane u tablici 10, osobne su korisničke procjene količine ostvarenoga podatkovnog prometa, prikupljene istraživanjem jednokratnim anketnim upitnikom ili intervjuom.

Tablica 10: Karakteristike subjektivnih istraživačkih metoda za mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona

	Anketni upitnici	Intervjui
<b>Detalji o točnosti</b>	Slabo	Slabo
<b>Vrsta podataka</b>	Kvalitativna + kvantitativna	Kvalitativna
<b>Pristup podacima</b>	Svi	Svi
<b>Vanjska valjanost</b>	Umjereno	Umjereno
<b>Unutarnja valjanost</b>	Slabo	Slabo
<b>Prednosti</b>	Isplativo, dobra pokrivenost	Fleksibilnost, interaktivnost
<b>Nedostaci</b>	Nefleksibilno, kruto	Skupo i sporo

Izvor: [32], [36], [138], [139]

Osobne procjene zahtijevaju od sudionika da zapamte detaljne aspekte povijesno ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa. S obzirom na to da istraživači najčešće ne potpomažu krajnje korisnike podatkovnog prometa alatima za podsjećanje i predviđanje

trajanja, učestalosti, opsega podataka ili broja obuhvaćenih različitih usluga/aplikacija, subjektivna mjerenja ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa često su ograničena točnošću i razinom preciznosti. Međutim, anketni upitnici i intervjui predstavljaju jedini pristup koji pruža mogućnost uključivanja motiva korisnika, usluge percepcije i zadovoljstva, odnosno nezavisnih varijabli koje nisu lako vidljive [32].

#### **4.3.1.1 Anketni upitnici**

Anketni upitnici obično se upotrebljavaju kao metoda za prikupljanje podataka u funkciji proučavanja ponašanja korisnika mobilnih telefona i korištenja vezanim uslugama. Provode se na uzorcima stvarnih krajnjih korisnika i pomoću različitih metoda. U skupu postavljenih pitanja neka od pitanja mogu se ponavljati. Kontinuirane panel-studije, gdje panelisti koji sudjeluju zapisuju upotrebu događaja *online* ili na papiru, često rezultiraju većom točnošću i detaljnošću podataka [37]. Upitnici predstavljaju fleksibilnu metodu za krajnje korisnike koji ispunjavaju iste kada im se pruži najbolja prilika za to. Upitnici mogu uključivati različite vrste pitanja. Specifična pitanja trebala bi se baviti istraživačkim problemom, dajući odgovaratelju na pitanja mogućnost da pruži odgovore koji će pomoći u rješavanju istraživačkog pitanja. S druge strane, upitnici su subjektivni. Krajnji korisnici ne moraju uvijek znati odgovor i mogu namjerno ili nenamjerno dati krive odgovore. Tumačenja i pitanja i odgovora predstavljaju izazove [35].

Podaci koji se prikupljaju izravno od krajnjih korisnika anketnim upitnicima imaju uobičajeno dobru pokrivenost željenog istraživanja budući da je moguće ispitati kojim se uređajima i aplikacijama koriste te kojoj se vrsti sadržaja pristupa. U određenoj mjeri također je moguće da krajnji korisnici daju informaciju o mrežama kojima se koriste. Preciznost prikupljenih podataka od krajnjih korisnika relativno je ograničena u usporedbi s drugim tehničkim pristupima mjerenja [37]. Bitna razlika između anketnih upitnika i različitih automatiziranih metoda prikupljanja podataka jest ta da ankete daju subjektivne podatke o korištenju, dok mjerenja općenito pružaju objektivnije podatke. Točnost i preciznost prikupljenih podataka razlikuje se ovisno o metodi. Ispitanici u anketnim upitnicima više su u mogućnosti dati informacije o sumarnom korištenju različitim uslugama, dok dnevnički zapisi i stvarna mjerenja mogu postići veću preciznost registracijom individualnih događaja korištenja i transakcija. Istraživanja anketnih upitnika mogu uključivati bilo koju pozadinsku varijablu (primjerice spol, vrsta mobilnog uređaja, shema cijena i sl.) ili druge više apstraktne varijable (primjerice stav ispitanika i vrijednosti) koje je ispitanik u stanju pružiti. Također, mogu se prikupiti podaci o percipiranom vremenu (primjerice večer) i kontekstu (primjerice kuća) korištenja, dok metode temeljene na dnevničkim zapisima mogu postići veći stupanj točnosti u tom pogledu [36].

#### **4.3.1.2 Intervjui**

Intervjui (razgovori) predstavljaju interaktivnu metodu istraživanja krajnjih korisnika, gdje ispitivač postavlja pitanja izravno ispitanicima. Ispitivači mogu voditi diskusiju na temelju vlastitih istraživačkih interesa. Navedeno predstavlja i izazov i prednost [35].



### 4.3.2 Objektivne istraživačke metode za mjerenje

Objektivne istraživačke metode za mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa oslanjaju se na „sistemske prikupljene” metrike. Ovisno o točki mjerenja unutar informacijsko-komunikacijskog sustava, navedene metode mogu se svrstati u pet skupina: mjerenja na uređaju (*Handset-based measurements*), mjerenje prometa (*Traffic measurements*), zapisi o naplati (*Charging records*) i mjerenja od strane poslužitelja (*Server measurements*) i laboratorijski testovi (*Laboratory tests*) [32], [35], [36], [37], što je i prikazano u tablici 11.

Tablica 11: Karakteristike objektivnih metoda za mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona

	Laboratorijski testovi	Bežične mreže		Mjerenja na poslužitelju	Mjerenja na uređaju
		Mjerenja prometa	Zapisi o naplati		
<b>Detalji o točnosti</b>	Dobro	Vrlo dobro	Dobro	Vrlo dobro	Vrlo dobro
<b>Vrsta podataka</b>	Kvalitativni i kvantitativni	Kvalitativni	Kvalitativni	Kvalitativni	Kvalitativni i kvantitativni
<b>Pristup podacima</b>	Omogućeno svim subjektima	Operatori i davatelji usluge bežičnog pristupa	Operatori i davatelji usluge bežičnog pristupa	Davatelji usluga (mobilni operatori, davatelji usluga treće strane)	Subjekti s pristupom mjernoj aplikaciji
<b>Prednosti</b>	Koordinirana istraživanja	Dobra pokrivenost, automatizam analize podataka	Dobra pokrivenost, automatizam analize podataka	Dobra pokrivenost, automatizam analize podataka	Široki opseg istraživačkih pitanja
<b>Nedostaci</b>	Nema prirodnog korištenja kontekstom, skupo	Potreban pristup mrežnim elementima, uključene samo usluge mreže	Potreban pristup zapisima tarifiranja, uključene samo usluge vezane uz tarifiranje	Potreban pristup mrežnim elementima, uključene samo usluge klijent-poslužitelj	Potrební <i>early-adopter</i> korisnici, kompleksan proces prikupljanja podataka

Izvor: [32], [36], [138], [139]

#### 4.3.2.1 Laboratorijski testovi

Laboratorijska ispitivanja odnose se na unaprijed planirana ispitivanja u nepromjenjivom kontekstu, kao što je laboratorij. Usluge se pružaju krajnjim korisnicima u kontroliranim uvjetima, a tijekom eksperimenta zapažanja se bilježe na temelju ponašanja krajnjeg korisnika. U nekim testovima postavljaju se i pitanja krajnjim korisnicima kako bi se nadopunila promatranja na razini korištenja [35].

#### 4.3.2.2 Mjerenja prometa bežičnih mreža

Mjerenja i zapisi o prometu pružaju skalabilnu metodu za proučavanje korištenja paketnim podatkovnim uslugama. Količina podataka koji se istražuju često je opsežna. Pristup mreži

operatora često je izazov za vanjske istraživače. Također postoje pravni problemi. U najboljem slučaju mjerenja prometa daju veliku količinu podataka u vidu mnogo čimbenika, dok su skalabilnost i potencijal za automatizacijom mjerenja vrlo visoki [35].

Kod radiopristupa ili jezgrene mreže operatora pokretnih mreža, podaci o generiranju mobilnoga podatkovnog prometa mogu se prikupljati izravno u mrežnim čvorištima putem mjerenja prometa. Mjerenja prometa mogu se diferencirati na promet u uzlaznoj i silaznoj vezi kao i pojedine klase usluga. Međutim, pojedini korisnici ili određene korisničke interakcije mogu se teško razlikovati jedne od drugih bez komplementarnih mjerenja. Također, odvajanje skupine korisnika ograničeno je na nekoliko karakteristika, primjerice, kategorija uređaja (mobilnih telefona, prijenosnih računala ili tablet uređaja) ili OS uređaja [32]. U bežičnim pristupnim mrežama mjerenja TCP/IP podatkovnog prometa individualnih korisnika omogućuju razdvajanje različitih OS-a terminalnih uređaja kao i, primjerice, razdvajanje podatkovnog prometa mobilnih uređaja od podatkovnog prometa ostvarenog prijenosnim računalom. Točno vrijeme upotrebe također je registrirano kod mjerenja TCP/IP prometa [36].

#### 4.3.2.3 Mjerenja na strani poslužitelja

Poslužitelji su vezani uz specifične aplikacije, ali sve mobilne aplikacije ne zahtijevaju poslužitelje. Tipični internetski poslužitelji pružaju sadržaj za prijenos multimedijskog sadržaja (primjerice, video na zahtjev), upravljanje *e-mail* prometom (primjerice, IMAP poslužitelji) ili pružanje usluga klijentima koji traže da se datoteke šalju putem HTTP protokola (primjerice, Apache poslužitelji). Mjerenjima na poslužiteljima mogu se prikupljati podaci sa specifičnih mjernih točaka čime se prikazuje i funkcionalnost poslužitelja u telekomunikacijskoj mreži [35]. Mjerenja na strani poslužitelja upotrebljavaju se u funkciji generiranja zapisa na razini sesije. Mjerenja na strani poslužitelja pružaju informacije u vezi prometa samo za taj specifični poslužitelj [137]. Zapisi poslužitelja od strane davatelja sadržaja mogu pružiti uvid u trendove generiranja podatkovnog prometa. Takvi se podaci smatraju vlasništvom davatelja sadržaja i ne dijele se prema trećim stranama.

Mjerenja na poslužitelju pokrivaju samo određene usluge poslužitelja, dok se ostatak mjerenja podatkovnog prometa obrađuje izvan domene poslužitelja. Evidentirane datoteke nisu toliko detaljne, a informacije o pojedinom korisniku ograničene su na, primjerice, vrstu uređaja ili na (približan) zemljopisni položaj ukoliko usluga ne zahtijeva prethodnu registraciju [32]. Na strani poslužitelja, osim gore navedenog mjerenja TCP/IP prometa, korištenje uslugama i obrascima ponašanja korisnika može se proučavati prikupljenim zabilježenim zapisima datoteka. Mjerenja provedena na mrežnim poslužiteljima pružaju točne informacije o uređajima i aplikacijama korištenima za pristup sadržaju na tim određenim poslužiteljima. Što se tiče uređaja, detaljnost podataka prilično je dobra, s obzirom na mogućnost poslužitelja za točnim prepoznavanjem, primjerice, OS-a uređaja koji su povezani. Nažalost, mjerenja na bazi jednog poslužitelja ne mogu dati cjelovit pogled na korištenje mobilnim uslugama jer je korištenje obično rascjepkano na mnogo poslužitelja. Čak i većina središnjih poslužitelja, kao što su Google tražilice ili portali operatora, mogu snimiti samo dio korištenja mobilnim uslugama [37]. Za mjerenja podatkovnog prometa na razini poslužitelja sve ovisi o vrsti korištene metode mjerenja. Pojedini korisnici mogu biti izdvojeni i identificirani, a prethodna registracija također može pružiti pozadinska objašnjenja za pojedinog korisnika. Korištenje mobilnim telefonom

može se razlikovati u nekim slučajevima od korištenja prijenosnim računalom, ukoliko je potrebno da se metoda upotrebljava za mjerenje korisnika mobilnih uređaja. Vrijeme korištenja uslugom također je često omogućeno. Lokacija korisnika ne može se osigurati na poslužitelju, iako operator i država u kojoj se korisnik nalazi mogu biti izvedeni iz IP adresa terminalnih uređaja [36].

#### 4.3.2.4 Zapisi o naplati

Kivi u [38] navodi da kako bi naplata i obračun korištenih usluga od strane pretplatnika ispravno funkcionirali, odgovarajuće informacije o naplati moraju biti generirane i prikupljene od strane mrežnih elemenata pokretne mreže te prosljeđene odgovarajućim naplatnim i obračunskim sustavima. Naplata podataka također se upotrebljava kao dokaz o aktivnostima korisnika i za statističke analize korištenja uslugama. Zapisi o naplati (*Charging Data Record* – CDR, prvobitno *Call Detail Record*) jest formatirani skup informacija o naplativim događajima (primjerice, vrijeme za uspostavu poziva, trajanje poziva, količina prenesenih podataka, identitet korisnika, identitet terminala i sl.) koji se upotrebljava kod naplate i obračunavanja korištenih usluga. CDR datoteke generirane su od strane mreže, a potom se prenose u domenu naplate mrežnog operatora za potrebe naplate, obračuna ili druge aplikacije (primjerice, statističke analize) [38]. Pristup baziran na CDR zapisima također pruža priliku za usporedbom informacija iz CDR mjernih rezultata i rezultata dobivenih od strane drugih točaka u mreži [137]. Pravni problemi predstavljaju velike izazove za potrebe istraživanja na temelju zapisa o naplati u akademskoj domeni jer zapisi o naplati otkrivaju osobne podatke o krajnjim korisnicima [35].

Računovodstveni sustavi koji registriraju korištenje naplativim uslugama od strane individualnih korisnika prirodan su izvor informacija za bilo kojeg davatelja usluga. U GSM/UMTS/LTE mrežama navedena funkcija obično se naziva naplatom i obračunom, budući da je za pružatelja IP mrežnog pristupa obračunska funkcija dio sustava autentikacije, autorizacije i obračuna (*Authentication, Authorization and Accounting* – AAA). Specifična mjerenja TCP/IP prometa mogu se također izvoditi na na raznim posredničkim mrežnim čvorovima između terminala i poslužitelja [37]. Mjerenja u mrežnim čvorovima pokretne mreže daju točne i detaljne podatke o korištenju mrežama i uslugama, a uređaji upotrijebljeni u tim mrežama točno su identificirani. Međutim, čitavo generiranje podatkovnog prometa izvan dosega zapisa o naplati operatora pokretne mreže ili središnje mrežne točke odabrane za mjerenja prometa ne može biti promatrano navedenom metodom budući da se time ignorira izvanmrežno generiranje podatkovnog prometa (primjerice, korištenje Wi-Fi mrežama). Aplikacije i sadržaj, osobito oni koji nisu pod kontrolom operatora pokretne mreže, ne mogu biti lako prepoznati od strane sustava za obračun i naplatu [37].

Usluge koje se koriste infrastrukturom operatora pokretne mreže mogu i jesu naplaćene od strane istog operatora. Te usluge uključuju glasovne pozive, SMS poruke, podatkovni promet, MMS poruke, mogućnost preuzimanja melodija zvona i slično [35]. Zapisi o naplati operatora pokretne mreže pružaju stvarni kontaktni kanal s krajnjim korisnicima. Podaci dobiveni putem tih sustava obično su ograničeni na pretplatnike *postpaid* usluge operatora koja se ispituje, dok se *prepaid* pretplatnici mogu nalaziti u drugom informacijskom sustavu. Međutim, osobni brojevi odnose se samo na račun obveznika pretplate, a ne na stvarnoga krajnjeg korisnika.

Sustavi naplate također pružaju dodatne informacije pretplatom, kao što su tarifni sustavi koji se upotrebljavaju za različite usluge, a možda i neke dodatne informacije o pretplatnicima, kao što su dob i spol. Međutim, zakonska regulativa može ograničiti korištenje takvih podataka. Zapisi o naplati omogućuju pristup raznolikim podacima koji se odnose na korištene usluge, uključujući količine i vrijeme generiranja informacija uz novčani iznos računa. Sustav naplate također pruža informacije o aktivnostima *roaminga*, ali s malo manje točnosti. Opće statistike za različite vrste pretplata mogu biti generirane za većinu usluga koje se koriste sustavom naplate. Korištenje sustavom naplate kao izvorom za prikupljanje podataka ima neka dodatna ograničenja. Na primjer, detaljno istraživanje ostvarenoga podatkovnog prometa vezanog uz mrežu Internet nije ostvarivo, jer je obično dostupan samo ukupan iznos naplativog volumena podatkovnog prometa. Osim toga, i dostupnost podataka može biti ograničena do trenutka kada je pretplatniku zapravo naplaćeno korištenje, a ne do trenutka korištenja. Naposljetku, zbog toga što sustav naplate nije određen (npr.) 3GPP standardima, različiti sustavi pružaju vrlo različite funkcionalnosti [38].

#### 4.3.2.5 Mjerenje na uređaju

Aplikacije pametnih telefona omogućuju prikupljanje podataka o ostvarenom podatkovnom prometu krajnjih točaka telekomunikacijske mreže, a to su mobilni uređaji. Podaci ekstrahirani iz mobilnih uređaja širokog su opsega. Ujedno su ti podaci i objektivni, budući da krajnji korisnici ne mogu subjektivno manipulirati podacima koji su prikupljeni. Upotreba podataka prikupljenih s mobilnih telefona trebalo bi, dakle, prilično dobro odražavati stvarno generiranje podatkovnog prometa [35]. Detalji metode mjerenja ostvarenoga podatkovnog prometa na uređaju na primjeru suvremenih pametnih telefona prikazane su u nastavku teksta.

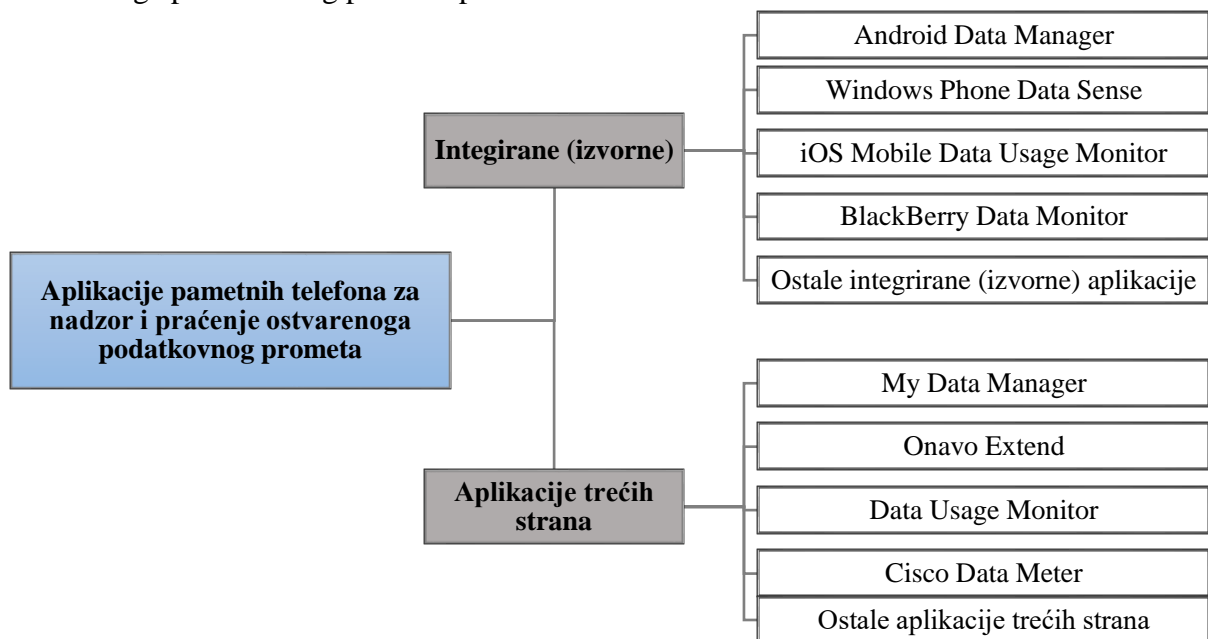
Evolucija mobilnih telefona prema uređajima nalik računalu učinila je mogućim provođenje praćenja aktivnosti uređaja bez nužne potrebe za generiranjem podatkovnog prometa u pokretnim mrežama. Kod nadzora mobilnih uređaja, softver u praćenom uređaju bilježi što korisnik radi s uređajem te po mogućnosti pohranjuje i/ili šalje dalje te informacije [37]. Sustavi za praćenje korištenja mobilnim telefonima daju točne činjenice o korištenim aplikacijama i sadržaju. Isto tako, moguće je identificirati različite dostupne pristupne komunikacijske mreže navedenim uređajima, kao i u slučajevima korištenja uređajima gdje nije potrebna uspostava mrežne konekcije. Detaljnost prikupljenih podataka obično je vrlo dobra. Sustavi za praćenje korištenja su, međutim, obično primjenjivi na jedan ili više uređaja koje posjeduju krajnji korisnici te stoga zanemaruju cjelokupno korištenje drugim uređajima. Na primjer, ugradnjom aplikacije za praćenje u mobilni telefon, nije moguće znati kako korisnik može iskoristiti mobilne mreže sa svojim prijenosnim računalima ili tablet uređajima [37].

Metode mjerenja na uređaju uključuju mogućnosti kao što je točnost podataka, položaj izravno na uređaju te tehničke mogućnosti za proučavanje korištenja mobilnim uslugama i ponašanja krajnjih korisnika, povezano s podacima prikupljenima anketnim upitnicima. Nastanak programabilnih OS-a pametnih telefona pruža mogućnost za razvijanje prikladnih aplikacija za istraživanje ponašanja krajnjeg korisnika. Proces istraživanja krajnjeg korisnika metodom mjerenja na uređaju može pomoći u rješavanju problema koje nije bilo moguće riješiti ranije [35].

U slučaju mobilnih telefona, aplikacija za praćenje aktivnosti također je sposobna za bilježenje dodatnih informacija, kao što su vrijeme, mjesto, mrežna povezanost i status baterije [32]. U vrijeme istraživanja [41] primjerice, aplikacije pogodne za prikupljanje i analiziranje generiranoga podatkovnog prometa pametnog telefona za istraživački rad nisu bili dostupne za javnost. Danas postoje dvije glavne opcije za prikupljanje i analiziranje generiranoga podatkovnog prometa pametnog telefona:

- integrirana (izvorna) nadzorna aplikacija ostvarenoga podatkovnog prometa
- aplikacije nadzora ostvarenoga podatkovnog prometa treće strane.

Na slici 8 prikazana je klasifikacija i pojedini primjeri aplikacija za praćenja i nadzor ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona.



Slika 8: Klasifikacija i primjeri aplikacija za praćenje i nadzor ostvarenog podatkovnog prometa pametnih telefona

Izvor: [138]

Sve spomenute aplikacije (izvorne ili treće strane) mogu pratiti generiranje podatkovnog prometa pametnog telefona. Aplikacije mogu pohraniti i/ili prikazati statistike generiranja podatkovnog prometa pametnog telefona povezano s određenom aplikacijom ili tarifnim planom.

#### 4.3.2.5.1 Integrirane (izvorne) aplikacije

Mnogi pametni telefoni imaju ugrađene aplikacije koje pomažu korisnicima kod praćenja i nadzora ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona u stvarnom vremenu. Te aplikacije mjere prijenos podataka od mreže prema uređaju i od uređaja prema mreži te često pružaju korisne statističke informacije o tome kako se podatkovni promet generira. Integrirana (izvorna) aplikacija za praćenje podatkovnog prometa ugrađena je značajka koja dopušta korisniku da prati svoje generiranje podatkovnog prometa prema pojedinim aplikacijama. Opcija korištenja upravljanjem ovisi o verziji OS-a pametnog telefona, a tipične opcije korištenja upravljanjem uključuju [138], [140]:

- praćenje količine ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona generirano u određenom vremenu
- praćenje ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem pokretnim i Wi-Fi mrežama
- obavijesti (upozorenja) prilikom dosezanja do određene razine ostvarenoga podatkovnog prometa
- podatkovna ograničenja koja sprečavaju da se prijeđe preko definirane granice ostvarenoga podatkovnog prometa
- uvid u aplikacije koje generiraju podatkovni promet i u kojoj mjeri
- omogućavanje i onemogućavanje generiranja podatkovnog prometa
- ograničavanje ostvarenoga podatkovnog prometa za pojedine aplikacije
- omogućavanje i onemogućavanje *roaming* mogućnosti podatkovnog prometa.

Postoje razlike u aplikacijama i njihovim karakteristikama. Isto tako, izvorne aplikacije za praćenje ostvarenoga podatkovnog prometa vezane su uz OS pametnih telefona i njegove verzije te ne mogu biti modificirane od strane korisnika ili razvojnog programera.

#### **4.3.2.5.2 Aplikacije trećih strana**

Postoje mnoge aplikacije treće strane dostupne korisniku za praćenje ostvarenoga podatkovnog prometa. Za korisnike koji se koriste pametnim telefonom kako bi pristupili Internetu, alati za praćenje često su dostupni kao aplikacije koje se mogu preuzeti izravno na uređaj [141]. Postojeći nadzori ostvarenoga podatkovnog prometa na pametnim telefonima mogu izvući detaljne informacije o generiranju podataka uređajima. Neke aplikacije trećih strana za praćenje ostvarenoga podatkovnog prometa mogu bilježiti detaljnu povijest ostvarenoga podatkovnog prometa prema pojedinoj aplikaciji [142]. Mnoge komercijalne mobilne aplikacije razvijene su kako bi pomogle korisnicima kod praćenja ostvarenoga podatkovnog prometa. Kako bi ostali u mjesečnim okvirima ostvarenoga podatkovnog prometa, korisnici se sve više oslanjaju na aplikacije treće strane za praćenje generiranja podatkovnog prometa koje pomažu da se izbjegnu dodatne naknade [143]. Neke aplikacije trećih strana za nadzor ostvarenoga podatkovnog prometa dopuštaju korisnicima da unesu informacije o njihovom ciklusu mjesečne naplate kako bi dobili bolji uvid u generiranja ostvarenoga podatkovnog prometa, ali zahtijevaju od korisnika da se upozna s načinom generiranja i naplate podatkovnog prometa. Ovaj proces može biti izuzetno težak za korisnike planova gdje ne postoji pojam naplate mjesečnog ciklusa [144].

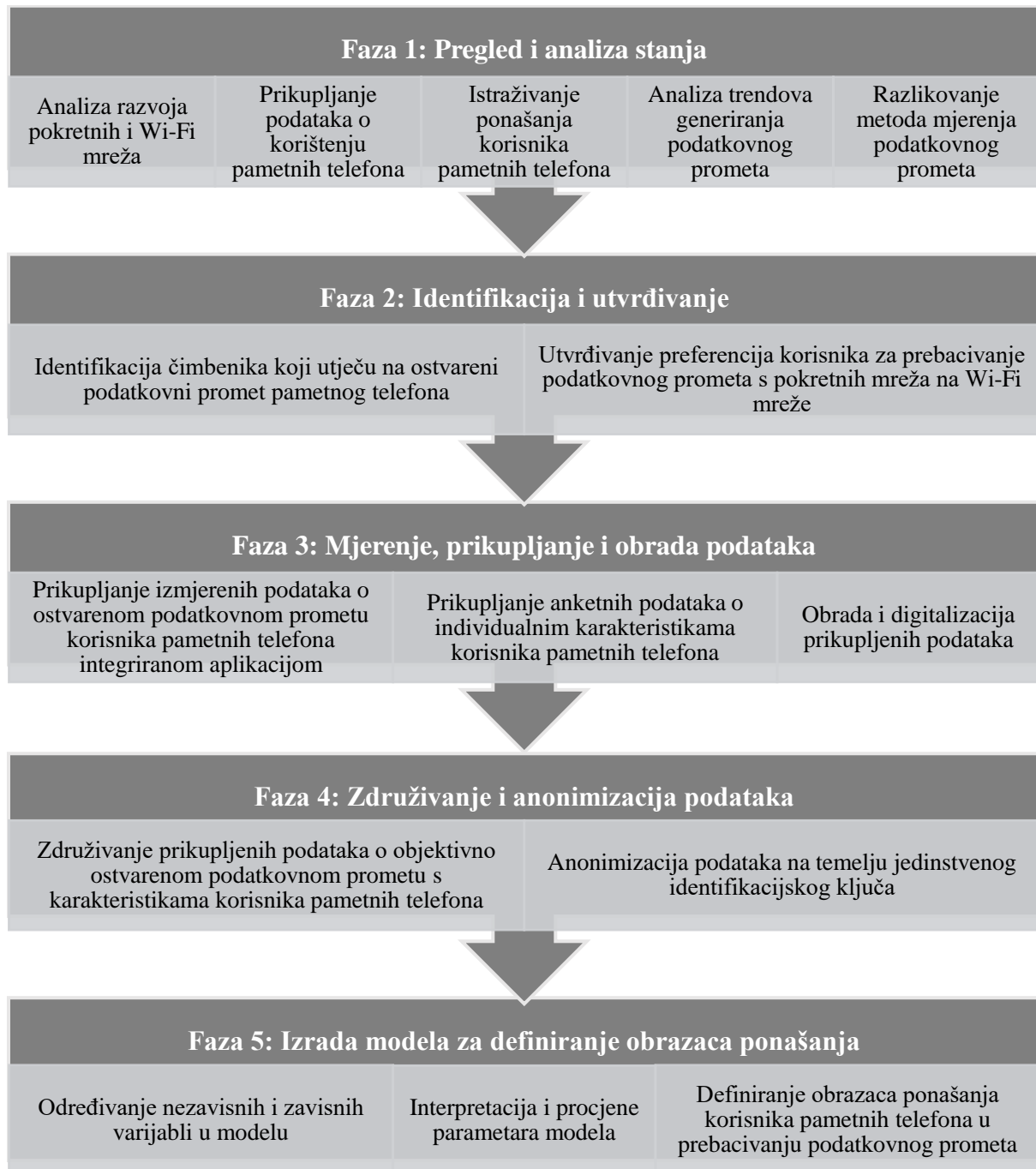
Aplikacije za nadzor i praćenje mogu izazvati zabrinutost u vezi privatnosti podataka. Posljedica navedenog uglavnom je korištenje aplikacijama u zatvorenim skupinama korisnika s malim brojem sudionika. Subjektivne varijable kao što su procjene prijašnjeg generiranja podatkovnog prometa ne mogu se dobiti korištenjem aplikacijama za praćenje. S obzirom na to da su istraživači u bliskom kontaktu s korisnicima, ova metoda često se kombinira s intervjuima ili s anketnim upitnicima kako bi se prevladao navedeni nedostatak [32].

# 5 Faze i koraci u razvoju modela za definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona u prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže

Faze i koraci u razvoju modela za definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže detaljno su prikazani u petom poglavlju. Identificirani su relevantni čimbenici koji utječu na generiranje podatkovnog prometa pametnih telefona te su utvrđene preferencije korisnika za prebacivanjem podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Detaljno je prikazan postupak mjerenja, prikupljanja i naknadne obrade prikupljenih podataka o ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona sudionika istraživanja. Opisan je postupak anonimizacije prikupljenih podataka kao i združivanje prikupljenih podataka o ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona s podacima anketnih upitnika sudionika istraživanja. Analizirane su karakteristike sudionika istraživanja koje uključuju demografiju, upotrebu pametnih telefona i aplikacija te generiranje podatkovnog prometa.

## 5.1 Opis faza i koraka potrebnih za razvoj modela

Znanstveno-istraživačke aktivnosti usmjerene su na istraživanje i definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretne na Wi-Fi pristupnu mrežu. Faze i koraci odnosno metodologija korištena za razvoj modela izvršena je kroz elemente prikazane na slici 9.



Slika 9: Faze i koraci potrebni za razvoj modela

U prvoj fazi istraživanja, a prikazano u drugom, trećem i četvrtom poglavlju ove disertacije, analizirao se dosadašnji razvoj, karakteristike i upotreba pristupnih tehnologija pokretne i Wi-Fi komunikacijske mreže. Prikupljeni su statistički podaci o upotrebi pametnih telefona te su analizirane uobičajene karakteristike i obrasci ponašanja korisnika pametnih telefona i vezanih



aplikacija. Istraženi su relevantni izvori s podacima o generiranju podatkovnog prometa pametnih telefona pristupom pokretnim i Wi-Fi mrežama. Analizirane su karakteristike, razlike i mogućnosti primjene istraživačkih metoda za mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona. Navedeni podaci prikazuju dosadašnje stanje razvoja pristupnih mreža, upotrebu pametnih telefona, generiranje podatkovnog prometa i ponašanje korisnika pametnih telefona, a u vidu upoznavanja s trendovima i dosadašnjim analizama predmetnog područja.

U sklopu ovog istraživanja razvijene faze i koraci odnosno metodologija za definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže zahtijevaju identifikaciju relevantnih čimbenika koji utječu na generiranje podatkovnog prometa pametnih telefona, što je identificirano i detaljno prikazano u dosadašnjem tekstu. Utvrđene su i preferencije korisnika (primjerice, brzina prijenosa podataka Wi-Fi mreže, dostupnost Wi-Fi mreže, cjenovna struktura pristupa Wi-Fi mreži i sl.) koje utječu na korisničko prebacivanje podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretne na Wi-Fi pristupnu komunikacijsku mrežu. Identificirani relevantni čimbenici i utvrđene preferencije korisnika iz druge faze preduvjet su i nužan dio razvijene metodologije istraživanja jer predstavljaju osnovicu za razlikovanje karakteristika korisnika koje su izravno vezane uz generiranje i prebacivanje podatkovnog prometa pametnih telefona, što je detaljno pojašnjeno u četvrtom poglavlju.

Treća faza metodologije istraživanja uključuje proces prikupljanja podataka o ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona i relevantnih karakteristika korisnika tih pametnih telefona. U četvrtoj fazi istraživanja izvršeno je združivanje i anonimizacija prikupljenih podataka. U posljednjoj fazi istraživanja prikupljeni i združeni podaci poslužili su za dubinsku statističku analizu ponašanja korisnika u prebacivanju podatkovnog prometa s pokretne mreže na Wi-Fi mrežu pri korištenju pametnim telefonima i vezanim aplikacijama, kao podloge za razvoj modela u istraživanju. Navedeno prije svega uključuje određivanje nezavisnih i zavisnih varijabli te interpretaciju i procjene parametara matematičkog modela. Detalji elemenata opisanih faza i koraka u razvoju modela bit će prikazani u nastavku teksta.

## **5.2 Identifikacija relevantnih čimbenika ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona**

Gotovo u svim istraživanjima koja se odnose na količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa varijacije istih između individualnih korisnika vrlo su velike. Navedeno nameće pitanje koji su čimbenici bitni za predviđanje količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa pojedinog korisnika [32]. Čimbenici poput ograničenja količine podataka od strane telekomunikacijskog operatora, tarifni planovi, veličine zaslona i rezolucije zaslona korisničkih uređaja utječu na količinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa po pretplatniku [56]. U nastavku će biti identificirani relevantni čimbenici koji utječu na količinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa po korisniku, odnosno po pametnom telefonu. Postoje značajne razlike u obrascima korisničkog ponašanje prilikom generiranja podatkovnog prometa; ovisno o mreži, tržištu i segmentu pretplatnika. Tarifni planovi, mogućnosti korisničkih mobilnih uređaja i performanse mreže samo su neki od čimbenika koji utječu na ostvareni podatkovni promet pojedinačnog korisnika. Čak i promjena modela mobilnog telefona može utjecati na povećanje ostvarenoga podatkovnog prometa za 25 do 40 % u odnosu na dosadašnje generiranje podatkovnog prometa istog korisnika [92].

Saznanja o čimbenicima koji utječu na količinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa pametnog telefona od velike su važnosti kako pretplatnicima u vidu odabira adekvatnih tarifnih planova, tako i telekomunikacijskim operatorima za projektiranje potrebnog kapaciteta mreže, planiranje korištenja radiofrekvencijskim spektrom te razvoj korisnicima prilagođenih tarifnih planova i usluga, što je u ovom poglavlju između ostalog i prikazano. S obzirom na individualne razlike i varijacije u količinama ostvarenog mobilnog podatkovnog prometa korisnika pametnih telefona, cilj ovog poglavlja jest identificirati sve relevantne čimbenike koji utječu na korištenje mobilnim Internetom, odnosno na količinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa, specifično za korisnike pametnih telefona.

S korisničkog aspekta važno je naglasiti da mnogi korisnici pametnih telefona plaćaju tarifne planove s više uključenoga mobilnoga podatkovnog prometa nego što im je to potrebno. Neki od korisnika pametnih telefona nisu svjesni i ne razumiju moguće čimbenike koji utječu na generiranje mobilnoga podatkovnog prometa, te im ostaju nejasne mjesečne količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa. Generalno se može zaključiti kako korisnici količinu njima potrebnoga mobilnoga podatkovnog prometa određuju na temelju povijesnog iskustva, nasumičnih predviđanja ili na savjetima koji najčešće nisu zasnovani na objektivnim procjenama.

Budući da korisnici pametnih telefona i njima prilagođenih informacijsko-komunikacijskih usluga često nisu svjesni čimbenika koji utječu na količinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa, isti se susreću s problemom predviđanja navedenog, a sukladno tome i s problemom odabira adekvatnoga tarifnog plana. Metode procjene količina ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa za korisnike pametnih telefona često nisu zasnovane na realnim čimbenicima, već na nasumičnim predviđanjima, procjenama na temelju povijesnog iskustva ili na savjetima koji najčešće kao uporište ne uzimaju u obzir sve relevantne čimbenike. S obzirom na individualne razlike i varijacije u količinama ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa korisnika pametnih telefona, cilj ovog rada jest identificirati sve

relevantne čimbenike koji utječu na korištenje mobilnim Internetom, odnosno na količinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa, specifično za korisnike pametnih telefona.

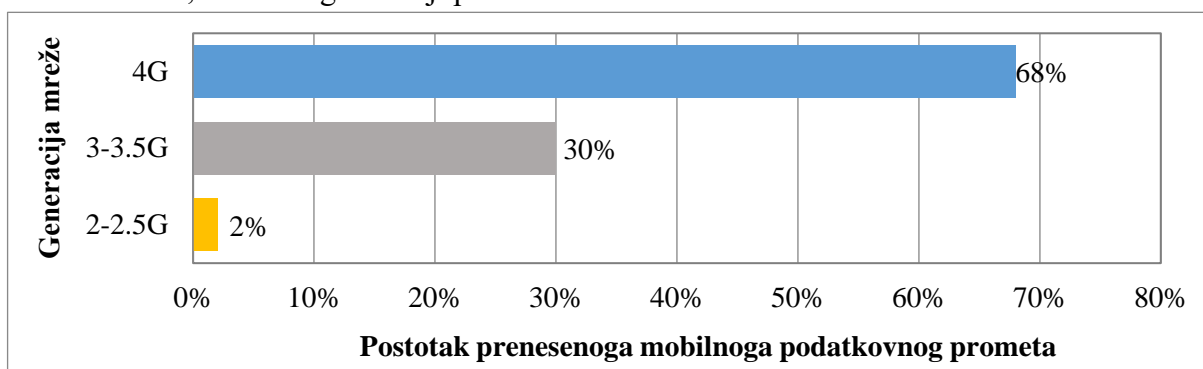
Tehnološki razvoj i evolucija ekosustava mobilne telekomunikacijske mreže, uređaja i informacijsko-komunikacijskih usluga značajni su za definiranje relevantnih čimbenika koji utječu na količinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa pametnih telefona. Dosadašnja istraživanja često nisu identificirala pojedine čimbenike navedene u ovom radu, budući da pojedini čimbenici nisu bili poznati, nisu postojali ili nisu bili važni u vremenskom razdoblju prijašnjih istraživanja. S obzirom na navedeno, ovo poglavlje daje sustavni pregled i identifikaciju relevantnih čimbenika koji utječu na količinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa pametnih telefona, sukladno aktualnom tehničko-tehnološkom okruženju i navikama korisnika. Podlogu identifikaciji relevantnih čimbenika predstavljaju dosadašnja istraživanja koja su izravno ili neizravno definirala pojedine čimbenike, često ih ne prikazujući u takvom kontekstu.

### **5.2.1 Komunikacijska tehnologija mobilne mreže**

Mreže većih kapaciteta prijenosa podataka i napredniji uređaji omogućuju rast podatkovno intenzivnih aplikacija. Postojeći pretplatnici mreža 2G migriraju prema 3G i 4G priključcima kako bi iskoristili pogodnosti naprednijih mobilnih uređaja s većom funkcionalnošću, kao i s većim brzinama prijenosa podataka koje nude navedene mreže. Korisnici mreža LTE skloni su prenijeti gotovo dvostruko veću količinu podataka u odnosu na korisnike ostalih generacija mobilnih mreža [12]. Za neke vrste uređaja ostvareni podatkovni promet ovisi o tome je li uređaj operabilan s generacijom mreže 3G ili 4G [133]. U 2015. godini 4G mreža generirala je šest puta više podatkovnog prometa od ostalih mreža te postoje razlozi zašto je generiranje podatkovnog prometa veće na pametnim telefonima koji omogućuju povezivanje s komunikacijskom mrežom četvrte generacije. Prvi razlog je u tome što je 4G povezanost namijenjena suvremenim uređajima, koji se u prosjeku najviše upotrebljavaju. Drugi razlog jest što veća brzina prijenosa podataka služi kao dobra podloga za usvajanje i upotrebu širokopojsnih usluga. S obzirom na to da pametni telefoni predstavljaju veći udio u ostvarenom povezivanju s 4G mrežom, razlika između prosječnog prometa 4G uređaja i uređaja drugih generacija će se smanjiti, ali do 2020. godine 4G mrežna povezivanja još će uvijek generirati tri puta više podatkovnog prometa od svih ostalih [7].

Količina ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa korisnika koji su imali pristup generacijama mreže s većim prijenosnim brzinama značajno prelazi količinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa korisnika koji su imali opciju pristupa na raniju generaciju (s manjim prijenosnim brzinama) mobilne mreže [145]. Navedeno dokazuje i [49] budući da su Android pametni telefoni, s mogućnošću pristupa mreži 4G prenijeli 13,1 GB mobilnoga podatkovnog prometa mjesečno po jednom korisniku, za razliku od Android pametnih telefona s mogućnošću pristupa mreži 3G koji su ostvarili 5 GB mobilnoga podatkovnog prometa po jednom korisniku u istom mjesecu. Od ukupnoga mobilnoga podatkovnog prometa 60 % odnosi se na promet u mrežama 3G i 3,5G. Kako se predviđa rast mreže 4G, rad [15] pretpostavlja da će od ukupne količine mobilnoga podatkovnog prometa u 2019. godini 2/3 biti promet ostvaren mrežama 4G.

Grafikon 36: Predviđanje količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa na globalnoj razini u 2019., ovisno o generaciji pokretne mreže



Izvor: [15]

Trenutno, povezivanje na mrežu 4G omogućuje gotovo deset puta više mobilnoga podatkovnog prometa nego drugi tipovi mreža, iz dvaju razloga. Prvi razlog jest da su danas mnogi 4G priključci namijenjeni tehnološki naprednim uređajima koji omogućuju generiranje veće količine podataka. Drugi razlog je da se većom propusnošću mreže potiče usvajanje i upotreba aplikacija koje zahtijevaju veće brzine prijenosa podataka [15]. Generiranje mobilnoga podatkovnog prometa najintenzivnije je na tržištima gdje je mreža LTE široko prihvaćena; poput Japana, Južne Koreje i SAD-a [146]. U Velikoj Britaniji brzine u silaznoj vezi mreže 4G više su nego dvostruko veće od brzina kod mreža 3G, dok su brzine u uzlaznoj vezi kod mreža 4G sedam puta veće nego kod 3G [147]. Upotreba mreže 4G u odnosu na mrežu 3G dovodi do povećanja u količinama generiranoga mobilnoga podatkovnog prometa [49].

Zahtjevi za reprodukciju videozapisa su, u odnosu na 3G mrežu, za 1,5 puta brojniji uz korištenje LTE mrežom. Dugotrajno pregledavanje i veće rezolucije videosadržaja rezultiraju pet puta većom količinom ostvarenoga podatkovnog prometa upotrebom LTE mreže u odnosu na promet ostvaren 3G mrežom. Bez obzira na mrežnu tehnologiju, većina (81 %) YouTube pregleda traje 5 minuta ili manje. 76 % Netflix gledatelja upotrebom LTE mreže pregledava videosadržaj u trajanju duljem od pet minuta. Relativna potražnja za YouTubeovim i Netflixovim sadržajem mijenja se prelaskom korisnika s 3G mreže na 4G mrežu. Na mrežama treće generacije postoji jedan zahtjev za pregled sadržaja s Netflixom u odnosu na sedam zahtjeva za pregled sadržaja s YouTubeom, dok je kod mreža četvrte generacije jedan zahtjev za sadržajem Netflixom na svaki četvrti zahtjev za pregledom sadržaja YouTubeom [82]. Povećanje brzina prijenosa podataka u pokretnim mrežama, poput LTE (*Long Term Evolution*) i LTE-A (*LTE-Advanced*), pridonosi porastu prosječno ostvarenoga podatkovnog prometa po pojedinom uređaju [148].

### 5.2.2 Tehničke mogućnosti uređaja ovisno o generaciji mobilne mreže

Mogućnosti uređaja ovisno o generaciji mobilne mreže definirane su kroz kategorije ili klase uređaja. Prema [149], kategorija uređaja specificira mrežne mogućnosti uređaja u vidu: vršne brzine prijenosa podataka u silaznoj i uzlaznoj vezi, podržane antenske sustave, definiranje veličine transportnih blokova za prijenos podataka i korištene modulacijske postupke. Prema [150], kategorije mobilnih uređaja kompatibilnih za pristup mreži LTE i njihove vršne brzine u silaznoj i uzlaznoj vezi prikazane su u tablici 12.

Tablica 12: Kategorije mobilnih uređaja kompatibilnih za pristup mreži LTE i njihove vršne brzine u silaznoj i uzlaznoj vezi

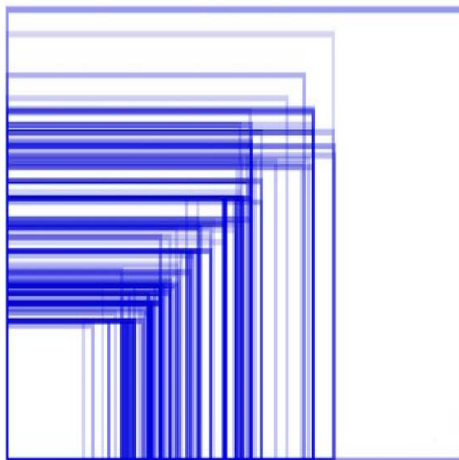
Vršne brzine prijenosa podataka (Mbit/s)	Kategorija uređaja							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Silazna veza	10	50	100	150	300	300	300	1200
Uzlazna veza	5	25	50	50	75	50	150	600

Izvor: [150]

Kada se mogućnosti uređaja kombiniraju sa širokopojasnom mrežom veće propusnosti, dolazi do prihvaćanja naprednih multimedijских aplikacija koje pridonose povećanju ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa [15]. Mobilni uređaji i tehnologije povezivanja ne napreduju samo u računalnim performansama, već mrežno evoluiraju iz nižih u više generacije mrežne povezanosti (3G, 3,5G, i 4G/LTE). Kombinacija novih mogućnosti uređaja sa širim frekvencijskim pojasom i inteligentnijom mrežom vodi do masovnog korištenja naprednim multimedijским aplikacijama i pridonosi povećanju generiranoga podatkovnog prometa korištenjem pokretnim i Wi-Fi mrežama [7].

### 5.2.3 Veličina i rezolucija zaslona uređaja

Na količinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa utječe se veličinom zaslona uređaja i rezolucijom [56]. Upotreba novih pametnih telefona s velikim zaslonom, uz različite vrste mobilnih podatkovnih tarifnih planova, rezultira kontinuiranim povećanjem količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa na mjesečnoj osnovi [15]. Tarifni planovi telekomunikacijskih operatora će trebati uzeti u obzir činjenicu da će korisnici *phablet* uređaja vrlo vjerojatno biti među najintenzivnijim korisnicima pametnih telefona u vidu generiranja mobilnoga podatkovnog prometa [151]. Veličine ekrana pametnih mobilnih uređaja značajno se povećavaju posljednjih godina, premda je iOS zaostajao u tom trendu u odnosu na Android sve do 2014. godine. Povećanje veličine ekrana u korelaciji je s povećanjem minuta u korištenju aplikacijama [146]. Slika 10 prikazuje veličine zaslona kod korisnika Android uređaja i temelji se na informacijama od gotovo 10 milijuna korisnika OpenSignal aplikacije. Na navedenoj slici dan je prikaz raznolikosti fizičke veličine zaslona pametnih telefona baziranih na OS-u Android, a ne veličina prema broju piksela koji čine zaslon.



Slika 10: Fragmentacija veličina zaslona pametnih telefona baziranih na OS-u Android, [69]

Prema [146], postoji značajna korelacija između fizičkog povećanja zaslona, ukupne dijagonale zaslona i većeg generiranja mobilnoga podatkovnog prometa. Postoji i korelacija između prosječnog vremena korištenja uređajem i fizičke veličine zaslona pametnih telefona. Pametni telefoni koji imaju zaslon dijagonale pet inča (oko 13 cm) i više, u prosjeku se vremenski duže upotrebljavaju nego uređaji s manjim zaslonima. Uzevši u obzir tu činjenicu rad [129] na konkretnim primjerima uređaja navodi da pretplatnici pametnih telefona modela iPhone 6 Plus generiraju i najveću količinu mobilnoga podatkovnog prometa; dvostruko više od korisnika uređaja iPhone 6 i deset puta veću količinu mobilnoga podatkovnog prometa nego kod uređaja iPhone 3GS.

Prema [146], pametni telefoni sa zaslonom veće rezolucije rezultiraju većom količinom generiranog mobilnoga podatkovnog prometa, no rezolucija zaslona uređaja nije toliko važna kao veličina zaslona, kao indikator većeg generiranja mobilnoga podatkovnog prometa. U cilju povećanja količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa telekomunikacijski operatori potiču upotrebu i subvencioniraju prodajne cijene pametnih telefona s većim zaslonima te ih usklađuju s tarifnim planovima vezanim uz mobilni podatkovni promet.

Način na koji korisnici upotrebljavaju postojeće pametne telefone s velikim zaslonom jest osnova na temelju koje je moguće identificirati utjecaj ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa, kao i vrijeme provedeno u korištenju sadržajima i uslugama. Tablet uređaji s velikim zaslonima upotrebljavaju do 40 % više podatkovnog prometa ostvarenog videosadržajima putem različitih aplikacija u odnosu na pametne telefone.

Danas pametni telefon s ekranom veličine 4,5 inča smatra se uređajem srednje veličine, dok *phablet* uređaji postaju sve popularniji. U želji za većim zaslonom i ostvarenjem bolje rezolucije dolazi do porasta u broju piksela kod zaslona uređaja. Veličina zaslona je faktor koji značajno pridonosi korištenju različitim vrstama usluga. Usluge poput reprodukcije videozapisa obično zahtijevaju veći zaslon kako bi se ostvarila veća korisnička iskustvena kvaliteta. Navedena povezanost indicirana je korelacijom između značajnog rasta u pregledu videosadržaja i povećanja zaslona pametnih telefona. Reprodukcijski videosadržaj u prosjeku je 50 – 70% veći na tablet uređajima u odnosu na *phablet* uređaje [132]. Ipak, preveliki zaslon uređaja može umanjiti njegovu upotrebu. Tome je vjerojatno razlog činjenica da veći uređaji nisu jednostavni za prijenos poput onih džepne veličine. Stoga, najveća količina generiranoga podatkovnog prometa ostvaruje se na pametnim telefonima većih ekrana i *phablet* pametnim telefonima [132].

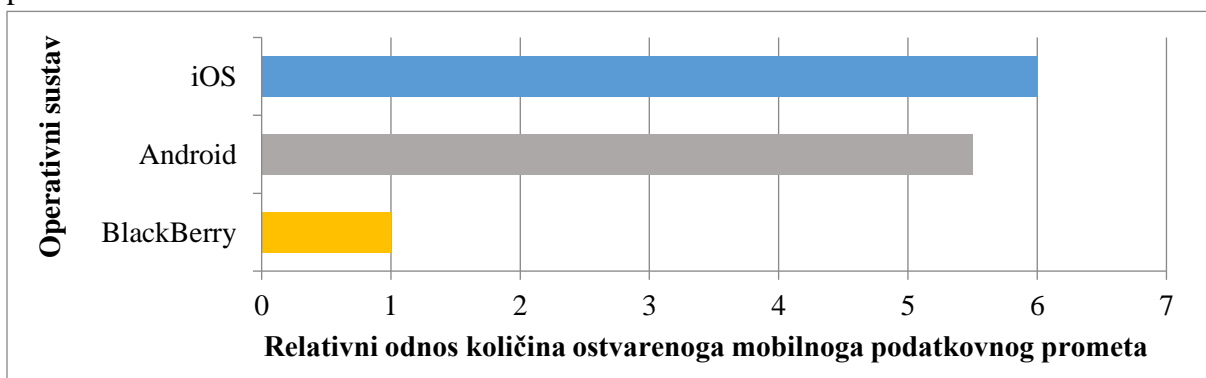
Korisnici provode 23 % više vremena koristeći se aplikacijama na zaslonima pametnih telefona veličine od 5 inča i više, u odnosu na zaslone manjih dimenzija. Ova se pojava najvjerojatnije javlja zbog toga što veći zaslone pružaju bolji korisnički doživljaj pri gledanju videosadržaja, čitanju i igranju igara, a to su aktivnosti koje često iziskuju najviše vremena [88].

#### **5.2.4 Operativni sustav uređaja**

Generiranje mobilnoga podatkovnog prometa u većini istraživanja odnosi se na usporedbu OS-a iOS i Android. Većina autora navodi kako pametni telefoni bazirani na iOS platformi generiraju veće količine mobilnoga podatkovnog prometa u odnosu na Android OS. Tako [33] i [152] navode da korisnici iPhone uređaja generiraju značajno više mobilnoga podatkovnog

prometa nego korisnici uređaja Android. Ujedno, prema [153], pretraživanje internetskih stranica na iPhone uređaju generira dvostruko više mobilnoga podatkovnog prometa tijekom jedne minute nego što je ista aktivnost generira na Android pametnom telefonu. Rad [15] navodi da je na početku četverogodišnjeg istraživanja količina generiranoga mobilnoga podatkovnog prometa OS-a Android bila veća nego na drugim platformama pametnih telefona, no danas je mjesečno ostvareni mobilni podatkovni promet po pojedinom korisniku nešto veći kod uređaja baziranih na OS-u iOS. Tako rezultati istraživanja vidljivi na grafikonu 37 prikazuju relativni odnos u količinama ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona različitih OS-a. OS iOS generira 6 puta više, a OS Android 5,5 puta više mobilnoga podatkovnoga prometa u odnosu na OS BlackBerry.

Grafikon 37: Usporedba odnosa generiranoga mobilnoga podatkovnog prometa prema platformi



Izvor: [106]

Neki od autora veću količinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa pridaju OS-u Android, te tako [146] navodi da korisnici pametnih telefona baziranih na OS-u Android generiraju veće količine mobilnoga podatkovnog prometa nego vlasnici iPhone uređaja u svakoj od analiziranih pet država. Argument navedenome daje [154], jer za korisnike Android uređaja značajna količina pozadinskoga mobilnoga podatkovnog prometa ostvaruje se putem aplikacija za koje korisnik obično ne zna da funkcioniraju. Mobilni podatkovni promet kod iOS-a generiran je (uz nekoliko iznimaka) samo putem aplikacije koja je aktivna [154]. Neki autori pridaju slične karakteristike generiranja mobilnoga podatkovnog prometa uređaja baziranih iOS i OS-u Android, pa tako [49] navodi da su korisnici uređaja baziranih na OS-ima iOS i Android imali slične profile generiranja mobilnoga podatkovnog prometa u prosincu 2014. godine. Korisnici pametnih telefona bazirani na iOS platformi prosječno su generirali 10,9 GB, dok su korisnici Android pametnih telefona generirali 10,3 GB mobilnoga podatkovnog prometa u prosincu 2014. godine.

### 5.2.5 Postavke uređaja i aplikacija

Pametni telefoni u mogućnosti su generirati mobilni podatkovni promet bez da je korisnik svjestan navedenog. Postoje aplikacije koje mogu preuzimati značajnu količinu mobilnoga podatkovnog prometa kada nisu aktivne; poput aplikacija za sinkronizirano primanje e-pošte, informiranje o vremenu, nadogradnja (*update*) aplikacija i uređaja, ažuriranja statusa aplikacija društvenih mreža i slično [155]. Moguće je urediti postavke uređaja i aplikacija u vidu smanjenja ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa, što ovisi o OS-u uređaja. Navedeno

uključuje isključivanje obavijesti (*push notifications*), promjene postavki pristupa Wi-Fi mrežama, svjesnost korištenja „besplatnim“ aplikacijama, ručno deaktiviranje pojedinih aplikacija, upozorenje o uslugama razmjene poruka baziranih na mobilnom podatkovnom prometu i praćenje ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa [156].

Naputci za smanjeno generiranje mobilnoga podatkovnog prometa putem postavki uređaja i aplikacija, prema [157], [158], [159], [160], uključuju: ručnu sinkronizaciju primitka e-pošte, korištenje internetskim stranicama prilagođenim mobilnim uređajima, pregled videosadržaja putem Wi-Fi mreže, ažuriranje aplikacija i preuzimanje datoteka isključivo putem Wi-Fi mreže, izbjegavanje stvaranje pristupne točke (*hot spot*) putem mobilnih uređaja, konfiguriranje postavki aplikacija vezanih uz mobilni podatkovni promet, ograničenje generiranja pozadinskoga mobilnoga podatkovnog prometa, postavke pregleda videosadržaja društvenih mreža, pregled videosadržaja strujanjem korištenjem Wi-Fi mrežom, pohranu planova (karti) putovanja prije samog putovanja, fino podešavanje sinkronizacijskih postavki, privremeno isključenje opcije sinkronizacije aplikacija te praćenje ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa.

Vrsta videosadržaja koja je trenutno popularna kod korisnika je *auto-play* video, pojava koja se najčešće nalazi na društvenim mrežama, a uključuje automatsko prikazivanje videosadržaja kada korisnik otvori rubriku novosti ili pregledava internetsku stranicu. Više od četvrtine korisnika pametnih telefona pregledava *auto-play* videosadržaje na tjednoj bazi. Ipak, nejasno je bi li isti videosadržaj bio pregledan kada bi sam korisnik inicirao pokretanje videosadržaja, tj. kada se sadržaj ne bi pokretao automatski. Iz tog razloga, *auto-play* videosadržaj postao je krivac za prelazak ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa izvan granica uključenoga podatkovnog prometa tarifnog plana mnogih korisnika [58].

### 5.2.6 Upotreba usluga i aplikacija

Popularnost pametnih telefona dovela je do ubrzanog rasta i razvoja aplikacija koje ostvaruju velike količine mobilnoga podatkovnog prometa, kao što su aplikacije društvenih mreža, aplikacije za preuzimanje datoteka, pregled videosadržaja i glazbenog sadržaja strujanjem, personalizirani časopisi i slično [161]. Kako navodi [146], aplikacije društvenih mreža danas generiraju u prosjeku tri do sedam puta više mobilnoga podatkovnog prometa od količine prometa koji generiraju aplikacije za razmjenu poruka ili zabavne igre. Općenito, prema [162], tekstualne datoteke generiraju relativno malu količinu, grafičke i glazbene datoteke generiraju veće količine, dok videozapisi ostvaruju velike količine mobilnoga podatkovnog prometa.

Jedan od ključnih pokretača povećanja ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa među korisnicima jest porast upotrebe usluga prijenosa videosadržaja na pametnim telefonima, kod kuće i za vrijeme kretanja [56]. Štoviše, upotreba usluga „video-na-zahtjev“ nastavit će s rastom te će se poboljšavati rezolucija videosadržaja. Videosadržaji visoke razlučivosti (1080 piksela) zahtijevaju brzinu prijenosa od 3,8 Mbit/s, dok su brzine prijenosa od 400 kbit/s dovoljne za videosadržaje razlučivosti 240 piksela (gotovo deset puta manje) [131]. Kako navodi [56], videosadržaji nastavljaju dominirati mobilnim mrežama i u mreži 4G tipično zauzimaju 45 – 55 % ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa. Aplikacije i usluge bazirane na računalstvu u oblaku (*Cloud*) koje omogućuju sinkronizaciju podataka više pametnih telefona, kao što je

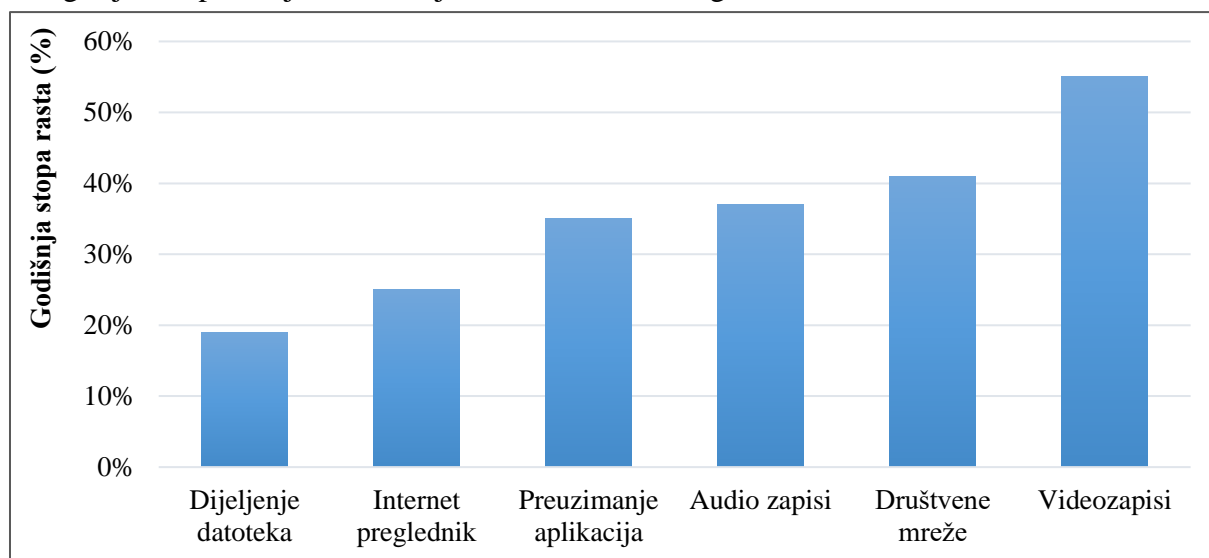


iCloud, Dropbox i slično, mogu biti značajan čimbenik rasta mobilnoga podatkovnog prometa [161].

U prosječnom danu 52 % ostvarenoga podatkovnog prometa čini videosadržaj od čega je većina, odnosno 81 %, generirano s videostranica kao što su YouTube, Netflix i Daily Motion. Pet minuta ili manje traje 81 % pregleda YouTubeovih sesija dok 76 % Netflixovih sesija traje više od pet minuta. Prema ostvarenom podatkovnom prometu, YouTube generira najviše pokretnog videosadržaja u svim regijama, varirajući od 51 % na Bliskom Istoku do 71 % na području Sjeverne Amerike. Ostale stranice koje generiraju značajne količine podatkovnog prometa su Facebook, Vine, Instagram i skup stranica sadržaja za odrasle [82].

Pregledavanje videosadržaja na pametnim telefonima uvelike se smanjuje kada se korisnici pritom služe mobilnom mrežom ili javnom Wi-Fi pristupnom točkom male brzine prijenosa podataka [58]. Tijekom 2021. godine predviđa se porast ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa videosadržaja koji bi trebao iznositi više od dvije trećine ukupno ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa. Iako se predviđa da će društvene mreže povećati generiranje mobilnoga podatkovnog prometa za 41 % na godišnjoj razini tijekom sljedećih šest godina, taj relativni udio u ostvarenom mobilnom podatkovnom prometu će se smanjiti s 15 % u 2015. godini na 10 % u 2021. godini kao posljedica snažnijeg rasta podatkovnog prometa zbog pregleda videozapisa. Ostale kategorije aplikacija imaju CAGR od 19 % do 37 % te se također proporcionalno smanjuju. Navedeni trend proizašao je iz brojnih videosadržaja uklopljenih u internetske stranice društvenih mreža te povezanih društvenih medija koji se ovom kontekstu smatraju videozapisima [92].

Grafikon 38: Godišnja stopa rasta ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa po kategorijama aplikacija u razdoblju od 2015. do 2020. godine



Izvor: [92]

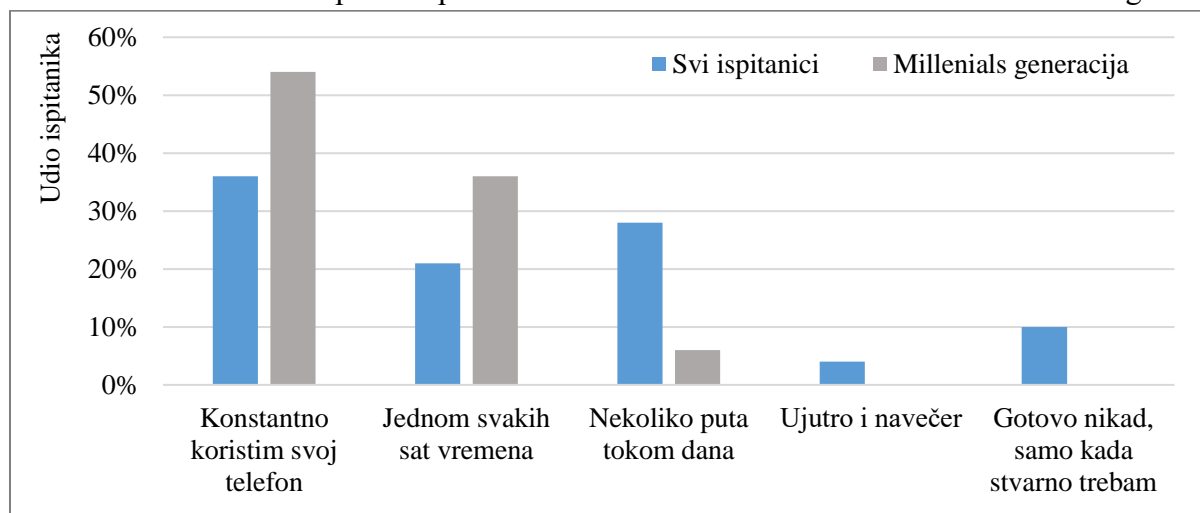
YouTube još uvijek dominira videoprometom u većini mobilnih mreža te zauzima od 50 % do 70 % od ukupne količine videoprometa za većinu mreža na kojima su provedena mjerenja, bez obzira na vrstu terminalnog uređaja. Za pametne telefone, društvene mreže drugi su po redu najveći uzrok povećanja količine ostvarenoga podatkovnog prometa s prosječnim udjelom od 20 % u mrežama za koje su provedena mjerenja [92].

### 5.2.7 Sociodemografske karakteristike korisnika pametnih telefona

Sociodemografski podaci (npr. spol, dob, obrazovanje i prihodi) glavni su prediktori upotrebe pametnih telefona i vezanih aplikacija, te time vezanog generiranja podatkovnoga prometa. Općenito, mlađi, obrazovani i bogati pojedinci imaju tendenciju upotrebe pametnih telefona i aplikacija u većoj mjeri. U odnosu na muškarce, žene se više koriste pametnim telefonima te aplikacijama e-trgovine [57], [163].

Korisnici u Velikoj Britaniji gledaju na svoje pametne telefone 400 milijardi puta godišnje, a najčešće aktivnosti pripisuju se korisnicima mlađe dobne skupine [58]. Na svim tržištima generacija milenijalaca (18 – 34 godine) ima najveću penetraciju pametnih telefona od 90 % na više. Navedena penetracija osjetno opada među onima starije dobi od 55 godina na više [84]. Većina (89 %) ispitanika provjerava svoj pametni telefon barem nekoliko puta na dan, dok ih 36 % kaže da ih provjeravaju stalno. Mlađi milenijalci (starije dobi od 18 do 24 godine) stalno provjeravaju svoje mobilne telefone (54 %) [81].

Grafikon 39: Učestalost upotrebe pametnih telefona od strane dva različita korisnička segmenta



Izvor: [81]

Obrasci ponašanja u količinama ostvarenoga podatkovnog prometa razlikuju se kod različitih skupina korisnika. Tako je korištenje uslugama društvenog umrežavanja i komunikacije značajno među „lakim“ korisnicima, dok su pregledi videozapisa sveprisutni kod „teških“ korisnika. Pretplatničke skupine grupirane su prema njihovoj mjesečno ostvarenoj količini podatkovnog prometa. Raspodjela pretplatnika u različite skupine može varirati od tržišta do tržišta, većinom ovisi o dostupnosti i vrstama tarifnih planova [132]. Muškarci se koriste u prosjeku jednom aplikacijom više nego žene, a one se više nego muškarci koriste aplikacijama za zdravlje i *fitness*, glazbu i vremensku prognozu. Muškarci pak preferiraju poslovne i financijske aplikacije, navigaciju i vodiče, a posebno sport, koji je šest puta popularniji kod muškaraca nego kod žena. Tinejdžeri su najčešće na društvenim mrežama i slušaju glazbu, stariji od 35 godina prednjače po uporabi poslovnih aplikacija i po praćenju

<sup>6</sup> Korisnici manjeg intenziteta. U daljnjem tekstu biti će detaljno definirane pojedine kategorije korisnika prema količinama generiranoga podatkovnog prometa

portala s vijestima, dok su stariji od 45 godina skloniji financijskim aplikacijama, navigaciji i vremenskoj prognozi [89].

### 5.2.8 Kontekst korištenja

Standard ISO 13407:1999 definira kontekst kao karakteristiku korisnika, njihovih zadataka i utjecaja okoline unutar koje se neki sustav koristi. Mobilni uređaji ne upotrebljavaju se samo na otvorenom prostoru ili za vrijeme boravka izvan kuće; moguće ih je upotrebljavati u kući ili u uredu. S obzirom na navedeno, omogućuje se široka varijabilnost korištenja u nekom kontekstu, kojeg je moguće promijeniti čak i tijekom sesije korištenja [164].

S obzirom na to da korištenje pametnim telefonima ovisi o različitom kontekstu, navedeno dodatno utječe na količinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa. Kako navodi [46], generiranje mobilnoga podatkovnog prometa neravnomjerno je raspoređeno tijekom dana, no postoji još veća varijacija u distribuciji mobilnoga podatkovnog prometa ovisno o lokaciji. Prema [32], generiranje mobilnoga podatkovnog prometa slijedi jasan obrazac tijekom dana: upotreba se povećava od pet sati s prvom vršnom vrijednosti, s prvim vrhuncem u vremenu za ručak i doseže maksimalnu vrijednost navečer oko 21 sata. Nakon toga, generiranje mobilnoga podatkovnog prometa opada (do još uvijek relativno visoke razine) sve do oko ponoći kada jenjava i gotovo prestaje u periodu između tri sata i pet sati ujutro.

Lokacijski kontekst (primjerice, kada je korisnik kod kuće ili na poslu) ima značajan učinak na korištenje pametnim telefonima. Tijekom boravka u uredu ljudi će se više koristiti svojim pametnim telefonima kako bi telefonirali ili provjeravali termin idućeg sastanka, dok će kod kuće prije pretraživati internetske stranice ili gledati filmove [165]. Potencijalna vrijednost kontekstnih informacija leži u mogućnostima predviđanja mogućih razlika prilikom ponašanja korisnika, kao i u navikama korištenja u vezi s različitim kontekstom/situacijama u kojima se korisnik nalazi [166], [167].

### 5.2.9 Tarifni plan i opcije

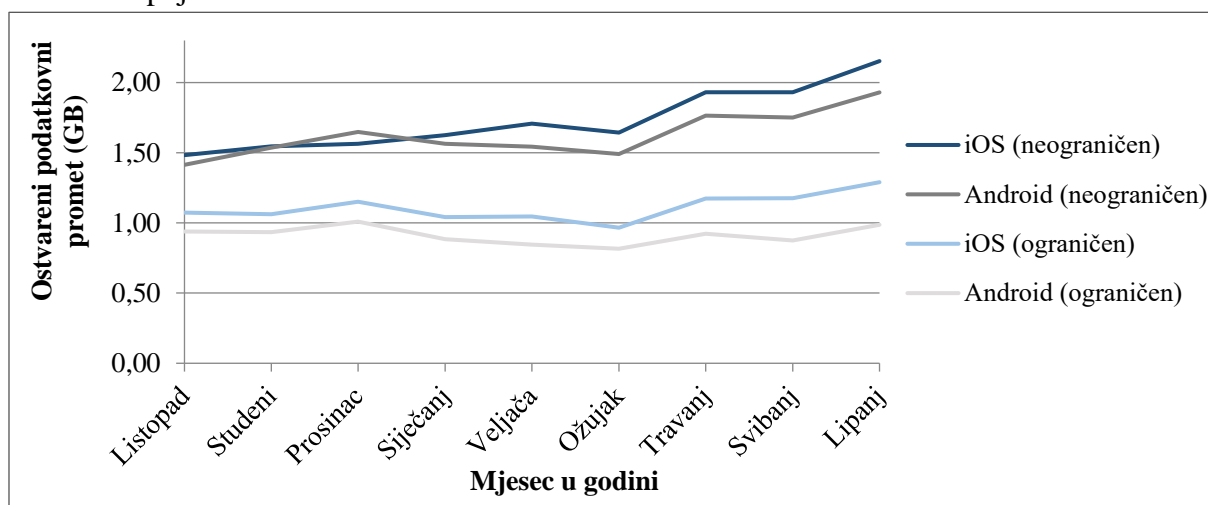
Tarifni plan ima značajan utjecaj na razinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa [32]. Korisnici koji upotrebljavaju 3G i/ili 4G priključke (njih 28 %) tvrde da ograničavaju korištenje aplikacijama koje generiraju mobilni podatkovni promet kako bi izbjegli plaćanje dodatnih troškova izvan standardnih troškova koji su obuhvaćeni ugovorom i tarifnim planom [147].

Jedan od vodećih čimbenika rasta mobilnoga podatkovnog prometa neograničeni su tarifni planovi (u vidu uključene količine podatkovnog prometa) koji su prisutni u suvremenoj upotrebi mobilnih uređaja [148]. Prema [15], ograničeni<sup>7</sup> tarifni planovi u vidu mobilnoga podatkovnog prometa imaju kao rezultat manje količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa mjesečno po korisniku, u usporedbi s neograničenim tarifnim planovima (*flat rate*), što je usporedno prikazano na grafikonu 40.

---

<sup>7</sup> Određivanje limita količine prenesenoga mobilnoga podatkovnog prometa nakon kojeg slijedi promjena cijene usluge prijenosa podataka ili smanjenje vršne propusnosti linka

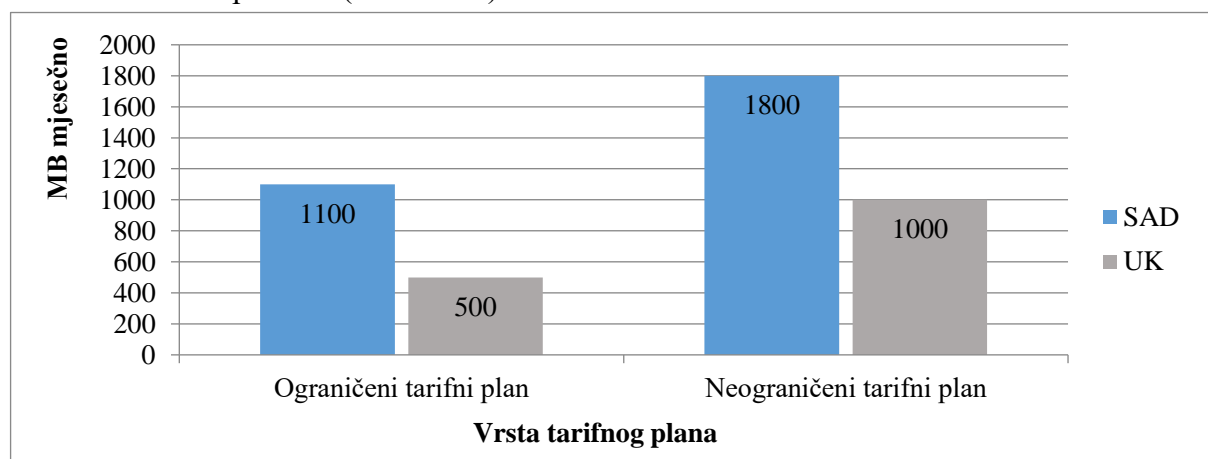
Grafikon 40: Usporedni prikaz trenda ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa za ograničene i neograničene tarifne planove ovisno o korištenoj platformi u razdoblju od listopada 2013. do lipnja 2014.



Izvor: [15]

Prema [56], korištenje neograničenim tarifnim planom mobilnoga podatkovnog prometa označava i pregled veće količine videosadržaja nego kod korisnika s ograničenim tarifnim planom. Usporedba količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa korisnika videosadržaja na pametnim telefonima prikazana je na grafikonu 41. Korisnici koji imaju neograničene tarifne planove u usporedbi s onima koji imaju ograničene ostvaruju oko 64 % više mobilnoga podatkovnog prometa, dok je kod korisnika u UK-u taj postotak veći za oko 50 %, [56].

Grafikon 41: Usporedba mjesečne količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa različitih tarifnih planova (SAD i UK)



Izvor: [56]

Utjecaj tarifnih planova na generiranje podatkovnog prometa pametnih telefona vezan je i uz dodatne opcije koje, u pravilu, uz određenu naknadu, pojedine usluge i tarifni plan omogućuju veće ili neograničene količine uključenoga podatkovnog prometa za pojedinog korisnika. Primjer navedenih usluga predstavljen je u izvoru [168], a navedeno omogućuje

pregled videozapisa s neograničenom količinom podatkovnog prometa uključenog u tarifni paket na temelju novčane naknade. Time operator ili davatelj usluge aktivira „besplatno“ generiranje podatkovnog prometa za pojedine vrste usluga, kao što je pregled videozapisa strujanjem.

### 5.2.10 Alternativne komunikacijske tehnologije

Jedan od načina za rješavanje problema povećanja mobilnoga podatkovnog prometa jest prebacivanje (*offload*) mobilnoga podatkovnog prometa na mreže Wi-Fi [59]. Za korisnike s Wi-Fi pristupom fiksnim širokopojsnim mrežama, značajan udio mobilnoga podatkovnog prometa koji je generiran na pametnim telefonima prebacuje se s mobilne mreže na fiksnu mrežu, a predviđa se da će do 2019. godine postotak tako prebačenoga mobilnoga podatkovnog prometa biti 54 % [15]. Prema [46], udio prebačenoga mobilnoga podatkovnog prometa između mobilnih i Wi-Fi mreža prvenstveno je potaknut dostupnošću i jednostavnošću automatskog pristupa Wi-Fi mrežama. Povećanje podatkovnog prometa u pokretnim mrežama rezultiralo je potrebom za prebacivanjem podatkovnog prometa na druge komunikacijske mreže u cilju optimizacije performansi glasovnih i podatkovnih usluga [3], [9]. Količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na alternativne pristupne mreže premašila je količinu podatkovnog prometa ostvarenog korištenjem pokretnim mrežama po prvi puta u 2015. godini. U 2015. godini 51 % od ukupno ostvarenoga podatkovnog prometa prebačeno je na alternativne mreže korištenjem tehnologijama Wi-Fi ili femtoćelijama [7]. Wi-Fi mreže ostvarivale su 80 % generiranoga podatkovnog prometa pametnih telefona i tablet uređaja, u odnosu na pokretne mreže s ostvarenih 20 %. Wi-Fi tehnologija odredila je svoj položaj dominantne bežične pristupne tehnologije, u suradnji s pokretnim mrežama koje imaju podržavajuću ulogu u generiranju podatkovnog prometa pametnih telefona [49].

### 5.2.11 Nadogradnje sustava i aplikacija

Korisnici često nisu svjesni mrežno, aplikacijski ili uređajem iniciranog generiranja mobilnoga podatkovnog prometa, koje nije pod (izravnom) kontrolom korisnika. Generiranje mobilnoga podatkovnog prometa nije uvijek inicirano od strane krajnjeg korisnika (npr. internetskim pregledom ili preuzimanjem aplikacija), nego je inicirano i od strane operatora mobilne mreže, tzv. tihim nadogradnjama sustava (*silent system updates*) ili aplikacijama nakon instalacije istih od strane korisnika (primjerice, ažuriranje informacija društvenih mreža, sinkronizacija aplikacije e-pošte i sl.) [32]. Prema [25], sve je veće generiranje pozadinskoga mobilnoga podatkovnog prometa s obzirom na popularnost aplikacija kao što su Facebook, Skype, klijenti e-pošte i slično, koji razmjenjuju podatke s odgovarajućim poslužiteljima, bez obzira na to je li aplikacija aktivna ili nije, čega korisnik često nije svjestan. Aplikacije na pametnim telefonima periodički ostvaruju i prekidaju mrežnu povezanost radi ažuriranja. Svaki pokušaj povezivanja i raskidanja konekcije zahtijeva razmjenu određenog broja poruka između pametnog telefona i mreže. Takvim se porukama generira opterećenje mreže, odnosno ostvaruje se određena količina podatkovnog prometa. Kako bi se pretplatnici osjećali uvijek povezanim, aplikacije pametnih telefona često provjeravaju postojanje novog sadržaja ili ažuriranja. Svaki put kada aplikacija stvara upit poslužitelju o postojanju ažuriranja, uređaj mora ostvariti podatkovnu povezanost, odnosno pristup mreži [169].

### 5.2.12 Personalnost korisnika i upotreba višestrukih uređaja

Prema [56], pojedini korisnici imaju potrebu upotrebe višestrukih uređaja tijekom dana kako bi zadovoljili svoje informacijsko-komunikacijske potrebe. Primjerice u Italiji, kod analize mobilnih uređaja, tableta i računala, više od jedne od dviju promatranih osoba redovito se koristi dvama tipovima uređaja te više od jedne osobe od triju promatranih koristi se svima trima navedenim tipovima uređaja. Kako navodi [128], korisnici posjeduju višestruke uređaje, odnosno u Indiji korisnici upotrebljavaju u prosjeku 2,2 SIM (*Subscriber Identity Module*) kartice. S obzirom na navedeno, a što predstavlja individualnu odluku i mogućnosti pojedinca, ostvarenje mobilnoga podatkovnog prometa često se prebacuje na više pametnih telefona ili tablet uređaja, čime se otežava predviđanje generiranja mobilnoga podatkovnog prometa po jednom korisniku.

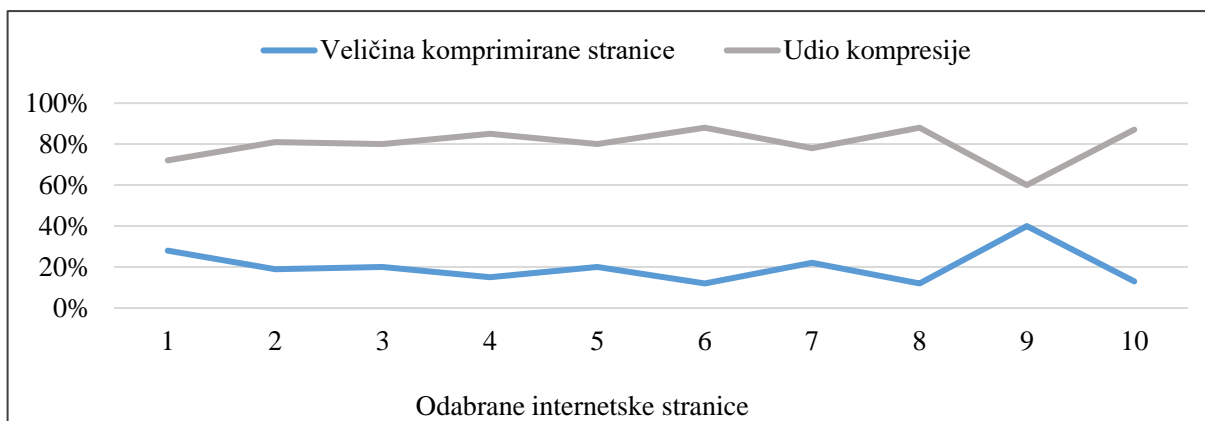
Broj mobilnih konekcija ili SIM kartica na tržištu nije nužno jednak broju pojedinačnih pretplatnika. Neki od korisnika imaju višestruke konekcije što je posljedica nekoliko faktora; između ostalog i korisničkih odluka o kombiniranju nekoliko tarifnih planova kako bi se smanjili mjesečni troškovi. Nadalje, upotreba različitih pretplatničkih priključaka za različite usluge te osiguranje dostupnosti usluge na više mreža ili više različitih uređaja. Višestruke su pretplate popularne te su pojedinačni mobilni korisnici u prosjeku imali 1,78 aktivnih SIM kartica do kraja 2014. godine. Primjerice, penetracija priključaka pokretnih mreža u Azijsko-Pacifičkoj regiji iznosilo je oko 110 % u 2013., što upućuje na to da je najmanje 10 % korisnika imalo višestruku pretplatu. Neki korisnici dijele svoju pretplatu s drugim članovima kućanstva ili društva, što je posebice slučaj u zemljama u razvoju gdje su troškovi mobilnog Interneta veliki u odnosu na primanja [60].

### 5.2.13 Sažimanje podataka

Istraživanje [170] prikazuje uslugu koja omogućuje sažimanje (koprimiranje) podatkovne komunikacije između poslužitelja i korisničkoga internetskog preglednika. Softver je integriran unutar Chrome preglednika i, za prosječnog korisnika, smanjuje količine informacija internetskih stranica za 50 %. Sažimanje podataka omogućava održivost i skalabilnost podatkovnih mreža kako bi se udovoljilo prometnoj potražnji i korisniku osigurala dovoljna razina iskustvene kvalitete.

Internetski preglednik Opera Mini dobio je novu unaprjeđenu verziju namijenjenu Android uređajima. Riječ je o pregledniku čija je najznačajnija mogućnost manje generiranje podatkovnog prometa zahvaljujući optimizaciji sadržaja koja se izvodi na Operinim poslužiteljima [171]. Wandera je skalabilno rješenje za prijenos podataka koje omogućuje da se sve aplikacije i internetske stranice automatski reduciraju u količini informacija i optimiziraju upotrebom sustava podatkovnog sažimanja. Kontrolne mjere mogu se provoditi u realnom vremenu kako bi blokirale aplikacije i internetske stranice koje zahtijevaju velike količine prometa za svoj rad, upozorile korisnike o definiranim ograničenjima u roamingu te kako bi se izbjegli scenariji neželjenih troškova [172].

Grafikon 42: Sažimanje prenesenih podataka upotrebom preglednika za pametne telefone Opera Mobile



Izvor: [173]

Opera Turbo rješenje dizajnirano je za upravljanje sažimanjem ostvarenoga podatkovnog prometa do 80 %. Na prijenosnim računalima Opera Turbo može smanjiti ostvareni podatkovni promet za 71 %, dok je kod pametnih telefona prosječna stopa sažimanja ostvarenoga podatkovnog prometa čak 80 % (grafikon 42). Ovakva visoka razina sažimanja podatkovnog prometa osigurava skalabilnost mrežnih resursa te omogućava kvalitetno iskustvo upotrebe preglednika za veći broj korisnika [173].

Za operatore mobilne telekomunikacijske mreže koji se suočavaju sa sve većom cjenovnom konkurencijom, zamjenskim uslugama prijenosa govora i smanjenjem profita od strane govornih poziva, usluge prijenosa podataka danas predstavljaju novi izvor prihoda. Povećane količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa operatore mobilnih telekomunikacijskih mreža dovodi do pitanja predviđanja količina ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa, a za potrebe projektiranja potrebnog kapaciteta mreže, planova korištenja radiofrekvencijskim spektrom te razvoj korisnički prilagođenih tarifnih planova i informacijsko-komunikacijskih usluga. Razumijevanje količina ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa bitno je i za pružatelje informacijsko-komunikacijske opreme koji operatorima mobilne mreže osiguravaju adekvatno upravljanje mrežom i korištenje mrežnim resursima.

Na temelju činjenice kako, prema autorovu saznanju, ne postoji sustavni pregled relevantnih čimbenika koji utječu na količinu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa pametnih telefona, u ovom poglavlju identificirani su i pojašnjeni relevantni čimbenici koji utječu na količinu ostvarenog podatkovnog prometa, specifično za korisnike pametnih telefona. Identifikacija relevantnih čimbenika određena je na temelju najčešće spominjanih čimbenika u dosadašnjim znanstveno-istraživačkim radovima i izvještajima, kao argument njihove relevantnosti.

Trinaest identificiranih relevantnih čimbenika poslužit će kao jedan od temelja u razvoju modela, kao element opisa karakteristika korisnika za potrebe anketnog upitnika ove disertacije. Odgovarajućom matematičkom metodom valorizirat će se svaki čimbenik. Time će se odrediti značajnost utjecaja pojedinog čimbenika na zavisnu varijablu istraživanja, što je detaljnije pojašnjeno u nastavku teksta.

### 5.3 Utvrđivanje preferencija korisnika za prebacivanjem podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže

S porastom korisničkih potreba za upotreba aplikacija koje u svom radu generiraju velike količine podatkovnog prometa, Wi-Fi mreža postaje ključna značajka za zadovoljenje traženih potreba [174]. Osnovna ideja koja leži iza prebacivanja podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže jest ta da kad god je dostupna Wi-Fi pristupna točka, određena ili sva količina podatkovnog prometa preusmjerena je kroz navedenu pristupnu točku čime se prebacuje mrežni pristup [119]. Operatori već iskorištavaju uređaje koji podržavaju pristup Wi-Fi mrežama kao alat koji omogućava zadovoljavanje korisničkih zahtjeva za podatkovnim kapacitetom, dopuštajući korisniku ručno prebacivanje podatkovnog prometa.

Wi-Fi je postao prirodno tehnološko rješenje za telekomunikacijske operatore koji se bore s prilagodbom prema mobilnim internetskim uslugama. Jedna od najvećih prednosti Wi-Fi pristupa jest činjenica da je Wi-Fi modul već ugrađen u većinu mobilnih uređaja. Budući da se očekuje da će podaci generirani upotrebom bežičnih mreža nastaviti ubrzano rasti u idućih nekoliko godina, na Wi-Fi tehnologiju gleda se kao na dio njihovih dugoročnih strategija, dopunjujući svoje pokretne mreže. Budući da se Wi-Fi tehnologija koristi nelicenciranim frekvencijskim spektrom koji ne iskorištava licencirani frekvencijski spektar operatora i budući da je količina nelicenciranoga frekvencijskog spektra daleko veća od licenciranoga frekvencijskog spektra operatora, veća se količina podatkovnog prometa može ostvariti upotrebom Wi-Fi tehnologije [175]. Istraživanja pokazuju da se uzorci ponašanja korisnika u korištenju širokopojasnim pristupom Internetu mijenjaju. Dok je u ranijim danima mobilnih uređaja sve bilo svedeno samo na osobnu telefoniju u pokretu, ljudi danas očekuju dostupnost i kvalitetu pristupa mreži te prijenos podataka i kad su na poslu, ali i u pokretu. Aspekt mobilnosti koji znači učinkovito prekapčanje (*handover*) pri većim brzinama, manje je važan za podatkovne usluge. Važnija je dostupnost kvalitetnoga širokopojasnoga bežičnog povezivanja kod kuće, u uredu ili na prometnici [16].

Za operatore pokretnih komunikacijskih mreža Wi-Fi tehnologija ublažila je utjecaj mobilnoga širokopojasnog usvajanja, apsorbirajući, putem jeftinih ili čak besplatnih bežičnih sučelja, podatkovni promet koji bi inače vodio do zagušenja. Za pretplatnike, Wi-Fi je sinonim za brzo, neograničeno i besplatno povezivanje. Danas operatori pokretnih komunikacijskih mreža imaju raznovrsna razmišljanja o Wi-Fi tehnologiji. Navedeno se upotrebljava kao mehanizam za prebacivanje podatkovnog prometa kako bi zaštitio pokretne mreže od zagušenja i pružio kvalitetne usluge pretplatnicima kada im je to potrebno. Gdje god je moguće, preferiraju izbjegavanje upotrebe Wi-Fi mreža, jer u većini slučajeva gube uvid u aktivnosti pretplatnika i ne znaju ništa o kvaliteti pretplatnikovih doživljaja. Oslanjanje Wi-Fi tehnologije na nelicencirani spektar čini teškim upravljanje smetnjama i pružanje informacijsko-komunikacijskih usluga korisnicima [52]. Ono što je iznenadilo mnoge analitičare jest sklonost mobilnih korisnika za povezivanjem na Wi-Fi mreže unatoč tome što su im dostupne 3G i 4G mreže [18]. Wi-Fi mreže široko su prihvaćene i popularne jer ne zahtijevaju licencirani frekvencijski spektar. Upotrebljava se relativno jeftina oprema i veliki je broj kompatibilnih uređaja za fleksibilnu implementaciju bežičnog pristupa kroz različite pristupne točke. Wi-Fi korisnicima pruža mobilnost za kretanje unutar lokalnog područja pokrivenosti čime još uvijek



može biti povezan na mrežu. Wi-Fi mreža ima malu pokrivenost i ograničenu mobilnost, ali pruža velike brzine prijenosa podataka [119].

Provodeći prebacivanje podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže ublažava se smanjenje i kriza kapaciteta za prijenos podataka u pokretnim mrežama. Lakše je rasporediti i implementirati Wi-Fi pristupne točke nego nove bazne stanice pokretne mreže. Navedeno omogućuje pružanje bolje kvalitete usluga svojim korisnicima i sigurnost da isti neće promijeniti davatelja usluge odnosno operatora pokretne mreže zbog nedovoljne kvalitete mrežne usluge [176].

Tablica 13: Razlozi zbog kojih bi se operatori pokretnih mreža trebali aktivirati u pružanju usluga temeljenih na Wi-Fi mrežama pod njihovim upravljanjem

Prednosti mrežnog operatora	Prednosti krajnjeg korisnika
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proširenje kapaciteta pokretnih mreža</li> <li>• Brzi pristup i troškovna učinkovitost korištenjem Wi-Fi mrežama</li> <li>• Makimiziranje ulaganja u infrastrukturu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Više mogućnosti za mrežno povezivanje povećava percipiranu vrijednost</li> <li>• Poboljšana iskustvena kvaliteta usluge, pogotovo u zatvorenom prostoru</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produljenje podatkovnog <i>roaminga</i> izvan 3G mreže kako bi se osigurao pristup gdje su inače troškovi preveliki ili mreža nedostupna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veći domet i pokrivenost povećava vrijednost za poslovne putnike</li> <li>• Jednostavnost pristupa najvećoj svjetskoj komercijalnoj Wi-Fi mreži</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utjecaj pristupom jeftinijih Wi-Fi mreža za međunarodni podatkovni <i>roaming</i></li> <li>• Povoljan podatkovni <i>roaming</i> stvara efekt elastičnosti, uz povećanu potrošnju</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Povoljne usluge podatkovnog <i>roaminga</i> povećavaju vrijednost za poslovne putnike, pomažu ublažiti „šok od iznosa računa” i povećavaju zadovoljstvo korisnika</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapitaliziranje na brzom rastu Wi-Fi kompatibilnih uređaja</li> <li>• Povećanje veličine tržišta širenjem portfelja usluga uključujući Wi-Fi uređaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Povezivanje više uređaja u jedan podatkovni plan (pametni telefoni i tablet uređaji) stvara praktičnost, jednostavnost i povećava spoznajnu vrijednost</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stjecanje kupaca i zadržavanje kroz „povezane usluge”</li> <li>• povezivanje pametnih telefona i tablet uređaja na jedinstvenom tarifnom planu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Povezivanje više uređaja na jedan podatkovni plan pomaže u smanjenju troškova (po ostvarenim MB)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stvaranje lojalnosti olakšavajući Wi-Fi povezivanje i održavanje vitalnih odnosa s korisnicima na globalnoj razini</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosljedna iskustvena kvaliteta usluge i globalni odnos s pružateljem usluga povećava pouzdanost, jednostavnost upotrebe i spoznajnu vrijednost</li> </ul>

Izvor: [18]

Postoji niz čimbenika koji imaju utjecaj na raspodjelu ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem Wi-Fi i pokretnim mrežama. Najvažniji su razina razvijenosti Wi-Fi mreža u smislu gustoće raspoređenosti privatnih i javnih pristupnih točaka, zrelost nositelja strategije za upravljanje Wi-Fi mrežama, korisnička iskustvena kvaliteta usluge kod pokretnih mreža i cjenovna struktura podatkovnih usluga pokretnih mreža. U zemljama koje su visokorangirane

u smislu penetracije Wi-Fi mreža u domovima i gdje mobilni operatori imaju visoko razvijene nositelje strategija za upravljanje Wi-Fi mrežama, generiranje podatkovnog prometa pametnih telefona upotrebom pokretnih mreža znatno je smanjeno zbog generiranja podatkovnog prometa upotrebom Wi-Fi mreža [46]. Mnogi korisnici za bežično povezivanje preferiraju korištenje Wi-Fi mrežama od korištenja pokretnim mrežama. Dok mobilni korisnici shvaćaju da postoje različitosti između dviju pristupnih tehnologija, mnogi ih vide kao dio integriranih sustava za dobivanje stalne povezanosti koju zahtijevaju njihova svakodnevna mobilnost te mogućnosti uređaja [177]. Istraživanje [178] pruža rezultate iz kojih je vidljivo kako su upotreba i implementacija javne povezanosti Wi-Fi mreža potrebne kao dopuna pokretnim mrežama u smislu zadovoljavanja komunikacijskih potreba korisnika u različitim kontekstima.

Najvažnije pitanje kod prebacivanja podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže jest količina podatkovnog prometa koji se prebacuje. Performanse prebacivanja na Wi-Fi mreže usko su povezane s dostupnošću Wi-Fi mreža, mobilnošću korisnika i slično [179]. Kao što je čest slučaj kod tehnologije, postoji veliki jaz između tehničke realnosti i percepcije korisnika oko ključnih razlikovnih obilježja dviju pristupnih mreža kao što je pokretna i Wi-Fi pristupna mreža [177].

S obzirom na navedeno, ovo poglavlje utvrđuje preferencije korisnika koje utječu na činjenicu da pojedini korisnik, sukladno aktualnom tehničko-tehnološkom okruženju i navikama, prebacuje generiranje podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže. Percepcija krajnjih korisnika i njihova motivacija odnosno preferencije za promišljeno prebacivanje s pokretne na Wi-Fi mrežu temelje se na jednostavnim kriterijima za odlučivanje koji će biti prikazani u nastavku teksta. Podloga utvrđenim preferencijama korisnika predstavljaju dosadašnja istraživanja koja su izravno ili neizravno utvrdila pojedinu preferenciju, ne prikazujući ih u takvom kontekstu.

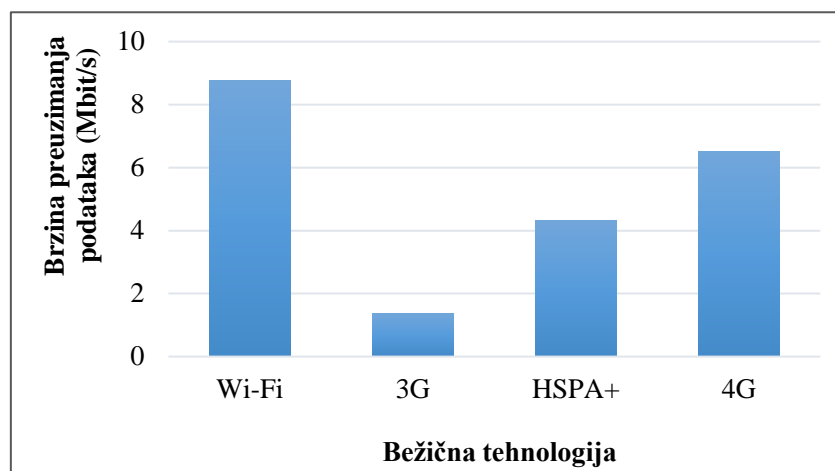
### **5.3.1 Brzina prijenosa podataka Wi-Fi mreža**

Želja za bržom i pouzdanijom povezanošću glavni je pokretač korištenja Wi-Fi mrežama u odnosu na pokretne mreže [180]. Glavni razlog za odabir Wi-Fi mreža jest da navedeni pristup ispitanici smatraju mnogo bržim u odnosu na pokretne mreže. Brzinu prijenosa podataka, kao najveći izazov za Wi-Fi mreže, navelo je da 40 % ispitanika [181]. Korisnici se počinju diferencirati i traže veliku brzinu prijenosa podataka korištenjem Wi-Fi mrežama [182]. Pretplatnici preferiraju Wi-Fi mreže u odnosu na pokretne mreže zbog cijene pristupa, brzine prijenosa podataka, pouzdanosti, performansi i jednostavnosti korištenja, ali ocjenjuju pokretne mreže višom ocjenom kada je u pitanju pokrivenost mrežom [52]. Budući da se većina pretplatnika prebacuje na Wi-Fi mrežu nadajući se bržem povezivanju, korisnici i operatori ulaze u nove scenarije gdje Wi-Fi mreža može biti više opterećena u odnosu na pokretnu mrežu [52].

Prema [183], korisno je usporediti Wi-Fi mrežne brzine s dostupnim brzinama pokretnih mreža u SAD-u. Na grafikonu 43 vidljivo je da Wi-Fi mreže, u prosjeku, nude veće brzine prijenosa podataka od konekcija prema pokretnim mrežama, uključujući 4G LTE mreže. Navedeno istraživanje prikazalo je dostupne brzine prijenosa podataka na javnim mrežama u

SAD-u, stavljajući brzine prijenosa podataka Wi-Fi mreža različitih trgovina u kontekst s brzinama prijenosa podataka pokretnih mreža koje nude nacionalni operatori u SAD-u.

Grafikon 43: Brzine prijenosa podataka u preuzimanju za pojedinu tehnologiju bežičnih mreža u SAD-u



Izvor: [183]

Više od 70 % korisnika smatra Wi-Fi mreže bržim u smislu kapaciteta prijenosa podataka [177]. Prema [179], Wi-Fi tehnologije (IEEE 802.11 b/g) mogu osigurati prijenos podataka do 54 Mbit/s, sada postoje nove tehnologije u razvoju ili na testiranju, npr. IEEE 802.11 ac/ad, koje mogu osigurati prijenos podataka od nekoliko Gbit/s. Wi-Fi i 4G mreže u mogućnosti su pružiti veće brzine prijenosa podataka koje nisu mogle ponuditi ranije tehnologije pokretne mreže kao što su 2G mreže. Wi-Fi mreže mogu ostvariti pokrivenost manjeg područja i omogućiti ograničenu pokretljivost, ali pružaju velike brzine prijenosa podataka. Prema tome, Wi-Fi mreže pogodne su za pokrivenost pristupne točke tamo gdje postoji visoka gustoća potražnje za bežičnim uslugama velike brzine prijenosa podataka koje zahtijevaju ograničenu pokretljivost [126].

### 5.3.2 Neograničene količine podatkovnog prometa Wi-Fi mreža

Korisnici odabiru korištenje aplikacijama ili uslugama koje imaju značajne zahtjeve i potrebe za generiranjem velike količine podatkovnog prometa [48]. Prema [177], najveće uočene prednosti prebacivanja podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže povezane su s troškovima, a to su: ukupno niži trošak, neograničeno generiranje podatkovnog prometa te nema dodatnih troškova pristupa Wi-Fi mrežama.

U istraživanju [178] autori ispituju korisnike bi li željeli promijeniti svoga mobilnoga mrežnog operatora ako im se nudi neograničeni javni pristup Wi-Fi mrežama drugog operatora, bez dodatne naknade. Većina pretplatnika promijenila bi svog operatora te aktivirala pretplatnički ugovor s operatorom koji nudi neograničeno povezivanje javnim Wi-Fi mrežama kao dio ugovora. Atraktivnost Wi-Fi pristupa s neograničenim prometom još je veća za pretplatnike 4G pokretne mreže.

### 5.3.3 Niska cijena pristupa Wi-Fi mrežama

Korisnici radije odabiru pristup Wi-Fi mrežama u odnosu na povezivanje pokretnim mrežama zato što se ne nameću granice u generiranju podatkovnog prometa te se ne smanjuju iznosi uključenoga mobilnoga podatkovnog prometa tarifnog plana [181]. Korisnici su brzo realizirali prednosti Wi-Fi mreža zbog većih brzina prijenosa podataka, dobre pokrivenosti te bolje iskustvene kvalitete usluge – sve po nižim cijenama nego u slučaju pokretnih mreža [184]. Više od 70 % ispitanika smatra da su Wi-Fi mreže u odnosu na pokretne mreže cjenovno isplativije [177]. Prema [179], Wi-Fi pristup često je besplatan ili jeftin. Na primjer, KT Corporation u Južnoj Koreji nudi usluge pristupa Wi-Fi mrežama za 10 dolara mjesečno s mogućnošću neograničenog generiranja podatkovnog prometa. Korisnici sada mogu pristupiti besplatnim Wi-Fi mrežama u više od 50 % hotela i kafića u SAD-u, što je bila nepoznanica prije jedne ili dvije godine. Osim toga, davatelji usluga nepokretne širokopojasne mreže često uključuju besplatan pristup mreži javnih pristupnih točaka kao dio kućnih širokopojsasnih pretplata [184].

Brzo razvijanje javnog pristupa Wi-Fi mrežama i vezanog poslovanja znatno je promijenilo očekivanja korisnika. Samo mali dio korisnika zapravo plaća za javni pristup Wi-Fi mrežama. Dvije trećine redovitih korisnika Wi-Fi mreža koristi se slobodnim i besplatnim pristupom javnim pristupnim točkama [177]. Tehnologije pokretne mreže svih generacija i Wi-Fi tehnologije komplementarne su. Pokretne mreže pružaju gotovo sveprisutnu pokrivenost širokog područja, uglavnom na otvorenom i na prometnicama, dok je Wi-Fi tehnologija kraćeg dometa, ali nudi veće brzine prijenosa podataka te generalno niže troškove [6].

### 5.3.4 Iskustvena kvaliteta usluge pristupa Wi-Fi mrežama

Wi-Fi mreže svojim pretplatnicima omogućuju stvaranje bolje iskustvene kvalitete pri korištenju uslugom [176]. Većina korisnika također razmišlja o pristupu Wi-Fi mrežama kao manje skupim, jednostavnijim za korištenje, bržim i pouzdanijim mrežama u odnosu na pristup pokretnim mrežama [16]. Njih 60 % vjeruje da je pristup Wi-Fi mrežama pouzdaniji te da nudi optimalne performanse za njihove aplikacije [177]. Pretplatnici se prebacuju na korištenje Wi-Fi mrežama zbog boljih performansi [52]. Da je pristup Wi-Fi mrežama vrlo važan ili presudan za poboljšanje kvalitete usluge i iskustvene kvalitete, vjeruje 58 % operatora telekomunikacijskih mreža, uključujući 47 % operatora pokretnih mreža [124].

Važnost pristupa uslugama putem Wi-Fi mreža za svakodnevno iskustvo korisnika pametnih telefona sada je neupitno [48]. Na kraju 2017. godine većina će se pretplatnika i dalje koristiti uređajima koji nisu 4G tako da njima javna Wi-Fi povezivost nudi način za poboljšanje kvalitete usluge i iskustvene kvalitete u prijenosu podatkovnog prometa [178]. Integracija pristupa Wi-Fi mrežama u poslovanje nudi nekoliko poslovnih prednosti za operatore te, između ostalog, nudi mogućnost povećanja lojalnosti korisnika i smanjenje troškova nudeći korisnicima poboljšanu iskustvenu kvalitetu usluge [185].

S korisničke perspektive, prebacivanje bi trebalo osigurati bolji ili barem konzistentniji doživljaj informacijsko-komunikacijske usluge. Učinak se može vrednovati u smislu različitih indikatora performansi informacijsko-komunikacijske usluge koji prikazuju korisničku iskustvenu kvalitetu usluge [3].

### 5.3.5 Dostupnost Wi-Fi tehnologije različitim korisničkim uređajima

Količina podatkovnog prometa koja se već prebacuje s pokretnih mreža uglavnom na pristup korištenjem kućnim Wi-Fi mrežama već je veća od količine podatkovnog prometa pristupom putem pokretnih mreža i može se očekivati da će taj promet rasti još i brže. Navedeno je najviše posljedica značajnog truda proizvođača opreme i standardizacijskih tijela koji su investirali u Wi-Fi standarde i standarde pokretne mreže za poboljšanje njihovoga zajedničkog rada i optimizaciju korištenja dostupnim frekvencijskim spektrom [120].

Većina suvremenih uređaja na tržištu sadrži integrirane mogućnosti za upotrebu Wi-Fi mreža. Pametni telefoni, tablet uređji, netbook računala, prijenosna računala te e-čitači i zabavne konzole podržavaju pristup Wi-Fi mrežama u širokom spektru varijanti i tehnologija (IEEE 802.a/b/g/n/ac). Ubrzano povećanje broja uređaja operabilnih prema pristupu Wi-Fi mreži ima značajan utjecaj na povećanje količine prometa koji prolazi Wi-Fi pristupnim točkama. Zbog masivne upotrebe Wi-Fi operabilnih uređaja, Wi-Fi mreža nije više samo rješenje za povezivanje unutar korisničkog doma, već ima značajnu ulogu za pružatelje usluga na globalnoj razini [174]. Većina sadašnjih mobilnih telefona, kao što su pametni telefoni, tablet uređaji i prijenosna računala, opremljeni su sučeljima i modulima za pristup Wi-Fi mrežama [179]. Wi-Fi modul postao je standardna značajka u gotovo svakom pametnom telefonu [185]. Wi-Fi nudi sljedeće značajke: rasprostranjenost implementacija pristupnih točaka, dostupnost korisničkih uređaja koji podržavaju tehnologiju, troškovna učinkovitost, sposobnost adresiranja novih korisnika i uređaja bez pretplatničkih ugovora i globalno dostupan frekvencijski spektar [1]. Wi-Fi tehnologija unijela je gotovo sveprisutnu integraciju vlastitih modula u prijenosna računala. Sada gotovo svi osobni mobilni telefoni, uključujući pametne telefone, tablet uređaje, kamere i igraće konzole imaju omogućen pristup Wi-Fi mrežama [184].

Niske cijene integrirajućih Wi-Fi modula dovode do činjenice kako svaki pametni telefon koji dolazi na tržište ima omogućen pristup Wi-Fi mrežama [46]. Wi-Fi predstavlja jeftino sredstvo i velik je broj kompatibilnih uređaja za fleksibilnu implementaciju bežičnog pristupa preko različitih pristupnih točaka u zračnim lukama, bilo kojem uredu, domovima, hotelima, sveučilištima i gradovima u kojima sveprisutno pokrivanje bežičnim signalom postaje stvarnost [126]. Stalnorastuća sveprisutnost Wi-Fi mreža u kombinaciji s integracijom Wi-Fi čipova niskih cijena u ogromnim i zrelim ekosustavima izgrađenim od milijuna uređaja i aplikacija osigurala je da se stotine milijuna korisnika širom svijeta sada redovito koriste Wi-Fi mrežama kako bi pristupili mreži Internet [124]. Većina pametnih telefona ima mogućnost povezivanja na Wi-Fi mreže što ih čini glavnim izborom za pružanje dodatnog kapaciteta kada su potrebe za podatkovnim prometom sve veće [120].

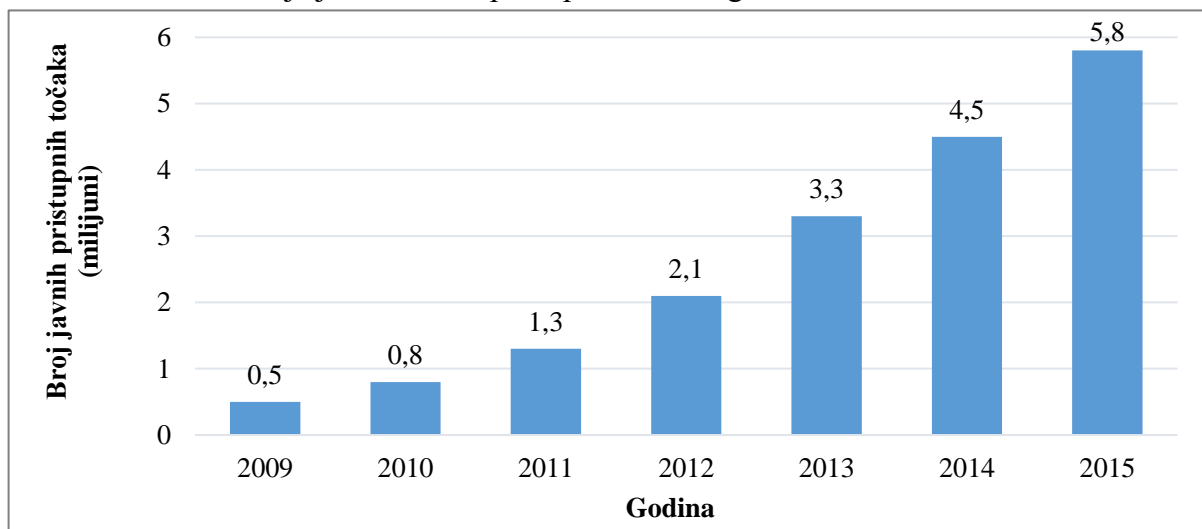
### 5.3.6 Široko razmještena Wi-Fi infrastruktura

Performanse prebacivanja podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže usko su povezane s dostupnošću Wi-Fi mreža i korisničkom mobilnošću [179]. Unatoč postojanju različitih rješenja, prebacivanje na Wi-Fi pokazuje se kao optimalno jer iskorištava resurse koje Wi-Fi nudi u smislu dostupnosti i propusnosti [47]. Jedna od najvećih prednosti Wi-Fi mreže jest rasprostranjenost implementacija i pristupnih točaka [1]. Pristupne točke Wi-Fi mreže široko su rasprostranjene u mnogim urbanim područjima. Pokazano je da je pristup Wi-Fi

mrežama dostupan 53 % vremena za vrijeme posjete popularnim lokacijama u nekim velikim gradovima [179]. Ljudi pristupaju mreži Internet od kuće, iz ureda ili s drugih zatvorenih lokacija u 80 % vremena tijekom dana upotrebom Wi-Fi mreža. Tradicionalno povezivanje korištenjem pokretnim mrežama potrebno je u samo 20 % (ili manje) slučajeva u kojima su korisnici zaista u tranzitu [184].

Ishod rasprostranjenog interesa za Wi-Fi mrežama jest i povećanje broja javnih pristupnih točaka, rastući s 0,8 milijuna na kraju 2010. godine do 5,8 milijuna do kraja 2015. godine, kao što je prikazano na grafikonu 44.

Grafikon 44: Rast broja javnih Wi-Fi pristupnih točaka, globalno



Izvor: [124]

Prema izvoru [178], više od tri četvrtine ispitanika koristi se javnim uslugama Wi-Fi mreže s vrlo malom razlikom između rezultata od korisnika ne-4G pametnih telefona i rezultata od korisnika koji vjeruju da su povezani na pokretnu mrežu generacije 4G. Javna Wi-Fi povezanost bitna je za sve korisnike. Prema [186], 88 % korisnika vidi pristup Wi-Fi mrežama kao uslugu koja bi morala biti svugdje i uvijek dostupna. Istraživanje je također otkrilo da se više od 58 % ispitanika slaže da bi pristup Wi-Fi mrežama trebao biti lakše dostupan na javnim mjestima kao što su trgovine i hoteli. Pristup Wi-Fi mrežama sve se više kreće izvan tradicionalnih lokacija prema sljedećim generacijama lokacija pristupnih točaka, kao što su trgovine, lokalna i šira područja na otvorenim pristupnim zonama i sl. Trgovci i operatori pristupa Wi-Fi mrežama podjednako počinju shvaćati raznolikost profitabilnih poslovnih modela koji se mogu ostvariti implementacijom Wi-Fi pristupa [124].

Postaje sve jasnije da korisnici počinju očekivati da iskustva postojanja Wi-Fi pristupa u njihovim domovima i uredima budu replicirana gdje god išli i na gotovo svakom mjestu unutar svakodnevice – od putovanja na posao autobusom, vlakom ili podzemnom željeznicom, na njihov omiljeni ručak ili kavu i na svim njihovim omiljenim mjestima u slobodno vrijeme – od barova i restorana, do knjižnica, sportskih stadiona i koncertnih dvorana [48]. Širenje pristupa putem Wi-Fi mreža unutar stotina milijuna domova i ureda diljem svijeta, implementiranih više od milijun javnih Wi-Fi pristupnih točaka do kraja 2011. godine i rast broja pametnih telefona s mogućnošću pristupa Wi-Fi mrežama određuju Wi-Fi bežičnom tehnologijom s najvećom količinom prenesenoga podatkovnog prometa, globalno [46].

### 5.3.7 Kvaliteta i jačina signala pokretne mreže

Sve veći broj mobilnih telefona ima omogućen pristup mreži Internet upotrebom tehnologije Wi-Fi i tehnologije neke od generacija pokretnih mreža. Pametni telefon može napraviti selekciju mrežnog pristupa i odluke preusmjeravanja prometa na temelju određenih politika operatora pokretnih i Wi-Fi mreža, stanja opterećenja mreže i stanja jačine signala [174]. Gotovo petina (19 %) od ukupnog broja korisnika povezuje se na javnu Wi-Fi mrežu jer im mobilni signal nije dostupan. Ovaj podatak nešto je veći za korisnike 4G pokretne mreže (23 %) [178]. Najvjerojatnije objašnjenje za prevladavanje signala slabije jakosti i kvalitete doživljen od strane značajnog broja korisnika složen je na temelju efekta geografske varijacije u pokrivenosti pokretnom mrežom i činjenice da korisnik u pravilu biva na nekoliko različitih lokacija tijekom dana [187]. Budući da pametni telefoni ostvaruju raznovrsni skup mrežnih sučelja temeljenih na raznolikosti davatelja usluge, aplikacije pametnih telefona imaju mogućnost izbora između više usluga temeljenih na funkcionalnosti, cijeni i razini iskustvene kvalitete [188]. Sa slabom pokrivenošću pokretnom mrežom u stanu, korisnik često pribjegava upotrebi komunikacijskih aplikacija korištenjem pristupom Wi-Fi mrežama (kao zamjenu za glasovne pozive) ili pribjegava korištenju e-poštom i aplikacijama za razmjenu poruka [189]. Pristup korištenjem Wi-Fi mrežama služi u zatvorenim prostorima koji imaju slabu pokrivenost signalom pokretne mreže [6].

### 5.3.8 Automatska prijava i pristup Wi-Fi mrežama

Rastuća kompleksnost i sofisticiranost korisničkih terminalnih uređaja ima važnu ulogu u trendovima razvoja i upotrebe istih. Pametni telefon krajnjeg korisnika može se povezati ili može biti konfiguriran za povezivanje između pristupa Wi-Fi ili pristupa pokretnim mrežama [120]. Ono što podaci pokazuju jest da, gdje god je moguće, korištenje Wi-Fi mrežama ostaje zadani izbor potrošača – i to u velikoj mjeri zbog tendencije uređaja za automatsko prebacivanje na „kućne” ili „prioritetne” Wi-Fi pristupne točke kad god su u dometu. Činjenica da pristup Wi-Fi mrežama ostaje uglavnom nepromijenjen u smislu generiranoga podatkovnog prometa, implicira da bez obzira na promjene tarifnih planova, korisnici pristupaju Wi-Fi mrežama na istim lokacijama kao i prije promjene tarifnog plana [48].

Ako korisnik aktivira automatsko povezivanje na dostupne Wi-Fi mreže, pametni telefon može automatski pristupiti mreži Internet korištenjem pristupnom Wi-Fi mrežom. Općenito, Wi-Fi mreže koje su otvorenog pristupa (nemaju zaporke) automatizmom će omogućiti pristup Internetu za pametni telefon koji ima aktivno automatsko povezivanje na Wi-Fi mreže [190]. Činjenica da je prebacivanje pristupa s jedne mreže na drugu automatska, značila bi da, osim ako ne provjere, korisnici nisu svjesni kada se prebace s pokretne mreže na Wi-Fi mrežu. Navedeno otvara neke nove mogućnosti za pružatelje usluga kao što je dopuna pokretnih mreža korištenjem Wi-Fi mrežama – uz pretpostavku da je dostavljena kvaliteta usluge upravo ono što korisnik očekuje, a ne lošije od usluge pokretne mreže na koju su naviknuti [182]. Trendovi distribucije podatkovnog prometa Wi-Fi mrežama ili količina prebačenoga podatkovnog prometa, prvenstveno su upravljani od strane dostupnosti besplatnog pristupa Wi-Fi mrežama u domovima i jednostavnosti automatskog odabira Wi-Fi mreže od strane pametnog telefona [46].

### 5.3.9 Sigurnost primjene

Pretplatnici smatraju da sigurnost pristupa Internetu upotrebom pametnih telefona može biti usporediva kod upotrebe Wi-Fi i pokretnih mreža [52]. Prema [190], 70 % korisnika mobilnih telefona koristi se besplatnim javnim Wi-Fi pristupnim točkama. Međutim, 34 % ispitanika izjavilo je da ne poduzimaju nikakve dodatne mjere sigurnosti kada se povezuju na javne Wi-Fi pristupne točke. Da nisu zabrinuti oko korištenja javnim pristupom Wi-Fi mrežama za obradu osobnih financijskih podataka izjavilo je 14 % korisnika, kao što su *online* trgovina, *online* bankarstvo i sustav e-plaćanja. Samo 13 % ispitanih korisnika mobilnih uređaja izjavilo je da su se raspitali o korištenim standardima enkripcije prije povezivanja na pristupne točke upotrebom svojih osobnih uređaja.

Sukladno porastu broja uređaja suvremene tehnologije, jednoliko se povećava važnost zaštite uređaja, mreže i podataka koji se prenose zaštićenim i nezaštićenim Wi-Fi mrežama. Iz perspektive operatora, kvalitetan prijenos podataka Wi-Fi mrežom podrazumijeva visok stupanj sigurnosti bez narušavanja iskustvene kvalitete usluge. Najvažnija problematika je korisnička autentifikacija koja bi trebala biti neprimjetna aktivnost, a postaje posebno važna kod *roaminga* između dviju Wi-Fi mreža (različitih pružatelja usluga) jer mreža u *roamingu* često nema pristup enkripcijskom ključu koji se koristi za autentifikaciju korisnika [134]. Unatoč tehničkoj superiornosti pokretne mreže na području sigurnosti, ljudi očito ne prave tu razliku, s činjenicom da 55 % korisnika vjeruje da je pristup korištenjem Wi-Fi mrežama sigurniji od pristupa korištenjem pokretnim mrežama [177].

### 5.3.10 Manja potrošnja energije pametnog telefona

Glavni je izvor potrošnje energije pametnih telefona pristup Internetu upotrebom pokretne ili Wi-Fi pristupne mreže u trenucima izvođenja različitih aplikacija i pozadinskih usluga. Slaba jačina bežičnog signala može rezultirati činjenicom da aplikacije pametnih telefona troše mnogo više energije nego kod dobre jačine signala [187]. Iako je bežični pristup Internetu i generiranje podatkovnog prometa pametnih telefona omogućen upotrebom pokretnih i Wi-Fi mreža, UMTS tehnologija treće generacije pokretnih mreža obično zahtijeva više energije, a manje brzine prijenosa podataka u usporedbi s Wi-Fi mrežama [127].

Mjerenja u istraživanju [191] potvrđuju da je prijenos energije kod korištenja Wi-Fi mrežama znatno manji nego kod korištenja pokretnim (GSM i 3G) mrežama, posebno za prijenos velike količine podatkovnog prometa. Kada je pristup Wi-Fi mrežama uvijek dostupan, potrošnja energije pametnih telefona deset je puta manja u odnosu na uobičajeno (*default*), a kada je pristup Wi-Fi mrežama dostupan samo 50 % vremena, prijenos podataka korištenjem Wi-Fi mrežama smanjuje potrošnju energije tri puta u odnosu na uobičajeno (*default*).

Pristup Wi-Fi mrežama u odnosu na pristup pokretnim mrežama ima mnogo nižu potrošnju energije za prijenos podataka. Kod deaktivacije Wi-Fi sučelja zbog uštede energije, sustav mobilnog telefona ne zna je li pristup Wi-Fi mrežama dostupan. Pretraga dostupnih Wi-Fi mreža opet povećava potrošnju energije [192]. Promatrano isključivo s aspekta potrebne energije za prijenos podataka (i ignoriranjem dosega), pristup korištenjem Wi-Fi mrežama mnogo je učinkovitiji od pristupa korištenjem mrežama 3G. Međutim, svako rješenje koje zahtijeva od pametnih telefona da imaju uključena sučelja prema Wi-Fi mrežama i neprestano



skeniranje za mogućnosti prijenosa, zapravo konzumira više, a ne manje energije od korištenjem mrežama 3G [193].

Smanjeno vrijeme prijenosa podataka izravno predstavlja uštedu energije baterije pametnih telefona jer potrošnja energije korištenjem Wi-Fi mrežama po sekundi gotovo je ista kao i potrošnja energije korištenjem 3G mrežama. Prebacivanje podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže može postići oko 55 % uštede energije kod mobilnih telefona jer može znatno smanjiti vrijeme prijenosa podataka generiranih pametnim telefonima [194].

### **5.3.11 Međunarodni *roaming***

*Roaming* se definira kao upotreba mobilnih usluga od strane drugog operatora koji nije domaćinski (matični) operator. Najpoznatiji je oblik *roaminga* međunarodni *roaming*, koji omogućuje korisnicima da se koriste svojim mobilnim telefonima u inozemstvu [195]. Uz sve veću popularnost posebnosti pametnih telefona, generiranje podatkovnog prometa u *roamingu* nastavit će se eksponencijalan rast [188]. Korištenje Wi-Fi mrežama gdje god je moguće izvan države prebivanja vrlo je uobičajeno. Pametni telefoni mogu upotrebljavati automatski pristup Wi-Fi mrežama za pristup Internetu. Ljudi se mogu koristiti podatkovnim uslugama kada putuju. Međutim, upotreba podataka često nije uključena u njihov tarifni plan kada su u području *roaminga*. Kada se nalaze van matične zemlje, izlažu se opasnosti koja se tiče naplate *roaming* troškova u slučaju upotrebe usluga pristupa Internetu.

Kako bi održali troškove *roaminga* niskim, međunarodni putnici i korisnici pametnih telefona prilagođavaju svoja ponašanja u trenucima boravka u inozemstvu. Manje je glasovnih poziva, a 88 % korisnika pretražuje dostupne Wi-Fi mreže gdje god je to moguće, dok ih 23 % isključuje pametni telefon. Navedeno predstavlja mogućnosti za uštedu troškova usluge *roaminga* [189].

### **5.3.12 Poboljšana pokrivenost zatvorenih prostora**

Usluge u zatvorenim prostorima te njihova pouzdanost postaje sve važnija komponenta kod potreba korisnika pametnih telefona. Generiranje podatkovnog prometa u unutarnjim prostorima već se nalazi na značajnim razinama – s više od 80 % od ukupnoga mobilnog korištenja unutar zgrada te se predviđa rast na više od 90 % u idućih nekoliko godina [180]. Pristup Wi-Fi mrežama omogućuje operatorima da potiču svoje klijente da ga upotrebljavaju kako bi pružali bolju iskustvenu kvalitetu korištenja podatkovnom uslugom od pokretne 3G mreže, pogotovo u zatvorenim prostorima [185]. Pristup Wi-Fi mrežama glavna je konekcija prema Internetu za 60 % pametnih telefona, a 90 % korisnika pametnih telefona povezuju se na Internet koristeći se pristupom Wi-Fi mrežama u svojim domovima [180].

Urbanim područjima potrebna je veća brzina prijenosa podataka s poboljšanom pokrivenošću u zatvorenim prostorima [64]. Prema [180], količina ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa u zatvorenim prostorima porasla je s oko 70 % na 90 % od ukupne količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa, u razdoblju od 2010. do 2015. godine. U nekoliko sljedećih godina oko 90 % korištenja mobilnim uređajima bit će u zatvorenim prostorima. Wi-Fi tehnologija omogućuje mnogim telekomunikacijskim operatorima

ekonomičan način za prebacivanje velike količine mobilnoga podatkovnog prometa, posebice u zatvorenim prostorima gdje se generira velika količina podatkovnog prometa [119].

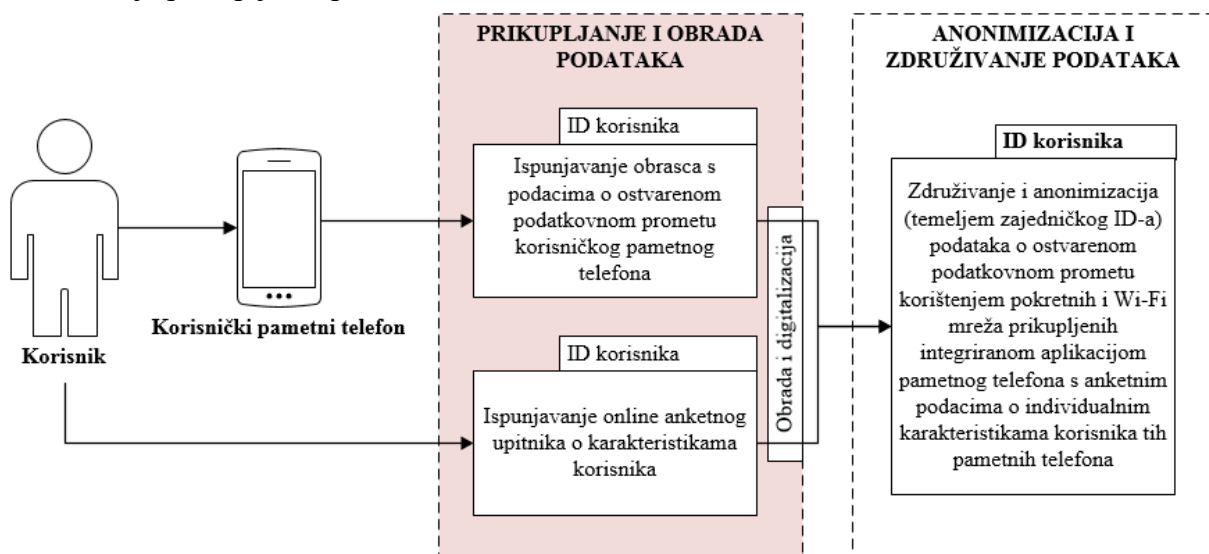
Pristup Internetu korištenjem Wi-Fi mrežama služi na lokacijama gdje je generiranje podatkovnog prometa najveće (kod kuće i u uredu). Navedene lokacije u zatvorenim prostorima imaju slabu pokrivenost signalom pokretne mreže [6]. S obzirom na to da je mnogo vremena u korištenju pametnim telefonima provedeno u zatvorenim prostorima, ne čudi činjenica da je više od 85 % podatkovnog prometa generirano korištenjem videoaplikacijama pametnih telefona pristupom Wi-Fi mrežama. Međutim, budući da se gledanje videozapisa odvija tijekom cijelog dana, postoje situacije kada je Wi-Fi nedostupan, što vodi do porasta u pregledu videozapisa korištenjem i pokretnim mrežama [92].

Na temelju činjenice kako, prema autorovu saznanju, ne postoje sustavno utvrđene preferencije korisnika koje utječu na prebacivanje podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže, u ovom radu iste su utvrđene i pojašnjene. Utvrđivanje je izvršeno na temelju najčešće spominjanih preferencija korisnika u dosadašnjim znanstveno-istraživačkim radovima i izvještajima, kao argument njihovoj relevantnosti. Uz identificirane relevantne čimbenike, utvrđene preferencije korisnika poslužit će kao sljedeći temeljni element u razvoju modela. Valorizirat će se svaka preferencija korisnika čime će se odrediti značajnost utjecaja pojedine preferencije na zavisnu varijablu istraživanja, što je detaljnije pojašnjeno u nastavku teksta.

## 5.4 Mjerenje, prikupljanje i obrada podataka za istraživanje

Nastavno na identificirane relevantne čimbenike koji utječu na ostvareni podatkovni promet pametnih telefona i utvrđene preferencije korisnika za prebacivanje podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže, sljedeća faza metodologije istraživanja uključuje mjerenje i prikupljanje podataka o ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona upotrebom pokretnih i Wi-Fi mreža i prikupljanje informacija o relevantnim karakteristikama korisnika pametnih telefona koje su vezane uz njihove obrasce ponašanja pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.

Na slici 11 vidljiv je prikaz sudionika i tijek procesa u fazi prikupljanja podataka o ostvarenom podatkovnom prometu korisnika pametnih telefona, tijekom procesa vezanog anketnog upitnika i sljedeće faze u razvoju modela koja se odnosi na anonimizaciju i združivanje prikupljenih podataka.



Slika 11: Sudionici i tijek procesa razvijene metodologije s naglaskom na prikupljanje i obradu podataka

Treća faza metodologije istraživanja odnosno proces prikupljanja podataka o ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona i relevantnih karakteristika korisnika tih pametnih telefona bit će provedena korištenjem dvjema znanstveno-istraživačkim metodama, odnosno prikupljanjem skupa podataka od dvaju izvora:

1. ispunjenog obrasca s podacima o ostvarenom podatkovnom prometu upotrebom pokretnih i Wi-Fi mreža korisničkih pametnih telefona, te
2. informacija o relevantnim karakteristikama korisnika tih pametnih telefona prikupljenih *online* anketnim upitnikom

Anketni upitnik poslužio je prikupljanju informacija o individualnim obrascima ponašanja korisnika analiziranih pametnih telefona. Pitanja anketnog upitnika uključivala su područja vezana uz različite kontekste korištenja i ekosustav pametnih telefona te obrasce ponašanja korisnika, kao što su, primjerice, demografske karakteristike korisnika, vrsta pretplatničkog odnosa – *prepaid/postpaid*, korišten tarifni plan, vrsta i model pametnog telefona, mogućnosti

pristupa Wi-Fi mrežama i sl. Detaljan opis načina prikupljanja, anonimizacije i združivanja prikupljenih podataka prikazan je u nastavku teksta.

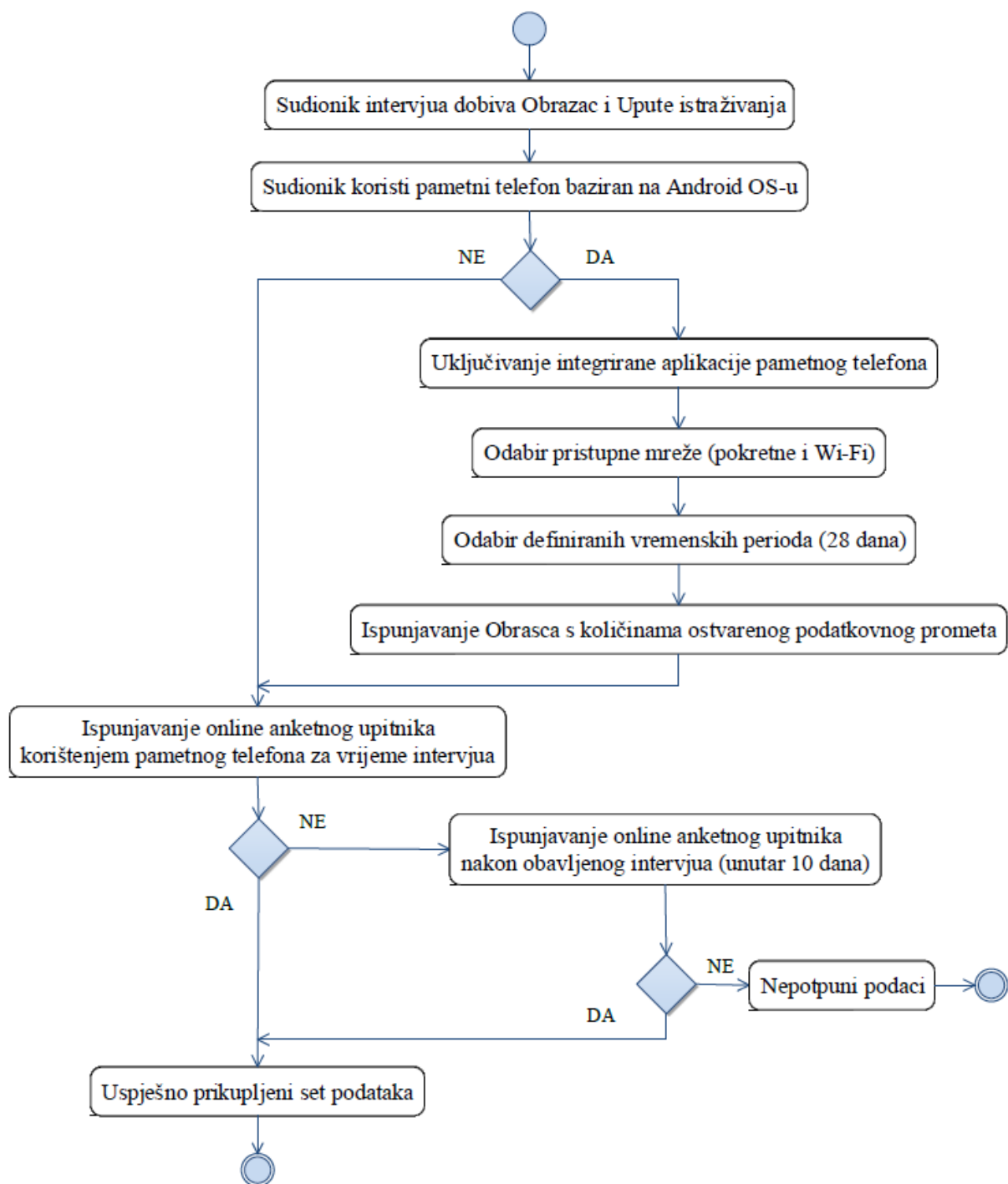
#### 5.4.1 Intervju s korisnicima i anketni upitnik

Prikupljanje informacija o ostvarenom podatkovnom prometu korisnika pametnih telefona izvršeno je metodom intervju s korisnicima. Prikupljeni su povijesni podaci o ostvarenom podatkovnom prometu korisničkih pametnih telefona prema pojedinačnim aplikacijama, na temelju prikupljenih podataka izmjerenih integriranom aplikacijom korisničkoga pametnog telefona baziranog na OS-u Android. Izbor OS-a definiran je na temelju dvaju kriterija: stupnja upotrebe pametnih telefona baziranih na OS-u Android od 82,8 % u drugom kvartalu 2015. godine globalno [15] i mogućnosti integrirane aplikacije pametnih telefona u svrhu prikupljanja informacija o ostvarenom podatkovnom prometu.

Nadalje, *online* anketnim upitnikom prikupljeni su podaci o relevantnim karakteristikama korisnika pametnih telefona koji se odnose na definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.

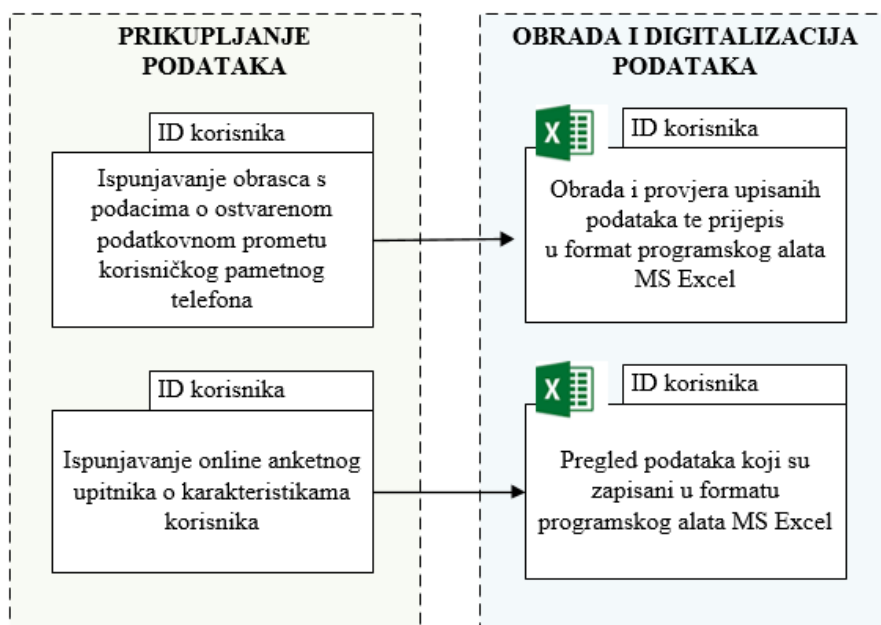
Intervju s korisnicima pametnih telefona provodio se na temelju sljedećih koraka, a dijagram aktivnosti prikazan je na slici 12:

1. identifikacija sudionika istraživanja – je li korisnik pametnog telefona baziranog na OS-u Android
2. svaki sudionik istraživanja koji je korisnik pametnog telefona i baziran na OS-u Android dobio je dva pisana dokumenta, koja su u svom zaglavlju sadržavala identičan i jedinstven identifikator korisnika:
  - a. pisane Upute s opisom istraživanja i napomenama koje su vezane uz intervju i anketni upitnik, dostupan u Prilogu 1
  - b. pisani Obrazac za ispunjavanje količine ostvarenoga podatkovnog prometa vlastitoga pametnog telefona na temelju povijesnih zapisa integrirane aplikacije, dostupan u Prilogu 2
3. u pisani Obrazac korisnici su upisali podatke o količinama ostvarenoga podatkovnog prometa vlastitoga pametnog telefona iz povijesnih podataka integrirane aplikacije telefona i predali ispunjeni dokument
4. sudionici istraživanja nakon toga ispunili su *online* anketni upitnik na vlastitom pametnom telefonu putem poveznice na anketni upitnik koja im je bila dodijeljena
5. sudionici koji nisu ispunili anketni upitnik koristeći se pametnim telefonom na samom intervjuu, mogli su ispuniti isti i u periodu od 10 dana koristeći se računalom ili nekim drugim terminalnim uređajem
6. sudionici su zadržali pisane Upute sa zapisanim vlastitim identifikatorom radi eventualnih naknadnih upita i mogućnosti ispunjavanja ankete nakon obavljenog intervju.



Slika 12: Dijagram aktivnosti procesa prikupljanja podataka metodom intervjua i anketnog upitnika

Za potrebe daljnjeg postupka analize i združivanja prikupljenih podataka nužan korak jest obrada i digitalizacija podataka s Obrazaca. Navedeni korak detaljnije je prikazan na slici 13, a predstavlja segment faze prikupljanja podataka.



Slika 13: Pregled segmenta obrade i digitalizacije prikupljenih podataka Obrazaca i zapisa online anketnog upitnika unutar faze prikupljanja i obrade podataka

Budući da su prikupljeni podaci o ostvarenom podatkovnom prometu korisničkoga pametnog telefona prikupljeni metodom prijepisa podataka s integrirane aplikacije na papir. U tom vidu prikupljeni podaci digitalizirani su postupkom prijepisa iz Obrazaca u programski alat MS Excel. Isti alat poslužit će za postupke osnovne analize i opis prikupljenih podataka, što je prikazano u nastavku rada, kao i mogućnosti združivanja podataka prikupljenih na temelju Obrazaca sa zapisima *online* anketnog upitnika.

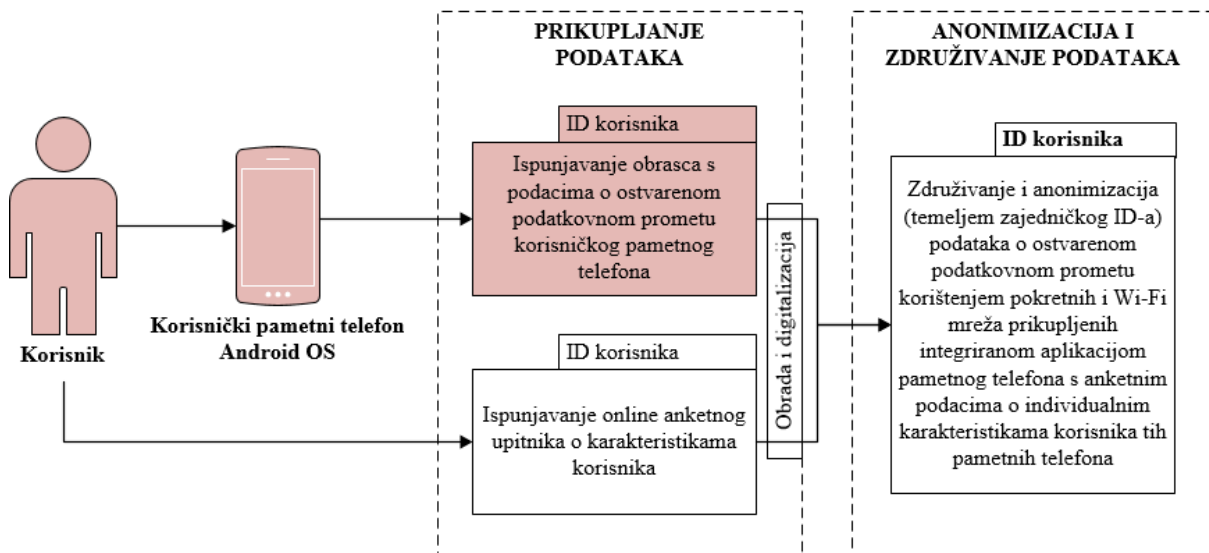
Nadalje, važno je naglasiti kako su podaci prikupljeni *online* anketnim upitnikom prikupljeni pomoću alata Google Forms<sup>8</sup> korištenog za kreiranje anketnog upitnika i prikupljanje podataka koji se navedenim alatom pohranjuju u formatu programskog alata MS Excel. Navedena procedura ubrzava proces obrade podataka što je jedan od razloga korištenja alatom Google Forms. Osim toga, nakon što su svi podaci pohranjeni u MS Excel alatu, proces združivanja podataka na temelju zajedničkog identifikatora pojedinog sudionika istraživanja značajno je brži, jednostavniji i učinkovitiji.

<sup>8</sup> alat izradu i analizu *online* anketa, upitnika ili kvizova

## 5.4.2 Mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona

Razvijene faze i koraci istraživanja u cilju definiranja obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona u prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže uključuje prikupljanje podataka o realno ostvarenom podatkovnom prometu korisnika pametnih telefona.

Na slici 14 crvenom bojom osjenčani su sudionici i elementi koji su bili potrebni u procesu prikupljanja podataka o količini ostvarenoga podatkovnog prometa pametnog telefona na temelju integrirane aplikacije.



Slika 14: Sudionici i elementi u prikupljanju podataka o količini ostvarenoga podatkovnog prometa pametnog telefona

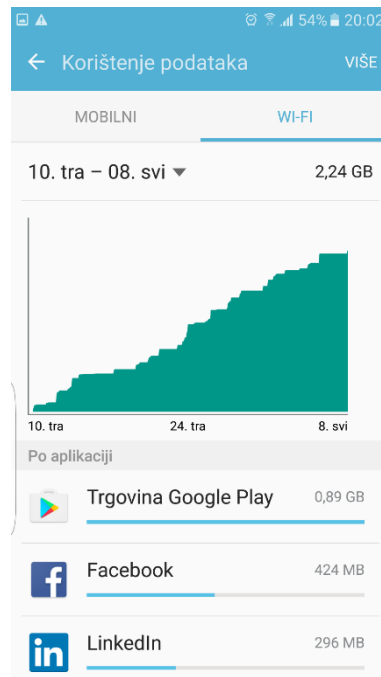
Kao što je ranije navedeno, prikupljanje odnosno mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa korisnika pametnih telefona izvršilo se upotrebom integrirane aplikacije pametnih telefona baziranih na OS-u Android. Integrirana aplikacija predstavlja ugrađenu aplikaciju svih inačica OS-a Android koja prikuplja i daje mogućnosti prikaza povijesnih informacija o količinama generiranoga podatkovnog prometa. Metoda mjerenja podatkovnog prometa pametnih telefona upotrebom integrirane aplikacije omogućuje pregled količine podatkovnog prometa ostvarenog korištenjem pokretnom i Wi-Fi mrežom, kao i pregled ostvarenoga podatkovnog prometa pojedinih aplikacija. Mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa na uređaju omogućuje i daje točne podatke za analizu individualnih obrazaca ponašanja korisnika.

Na slici 15 prikazan je izgled pojedinih mogućnosti integrirane aplikacije OS-a Android, inačice 6.0.1. Potrebno je istaknuti kako postoje različita grafička sučelja integrirane aplikacije s obzirom na inačicu OS-a Android, s identičnim funkcionalnostima.

### a) Pokretne mreže



### b) Wi-Fi mreže



Slika 15: Grafičko sučelje integrirane aplikacije za mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnog telefona OS-a Android, inačica 6.0.1., upotrebom pokretnih (slika 15-a) i Wi-Fi (slika 15-b) mreža

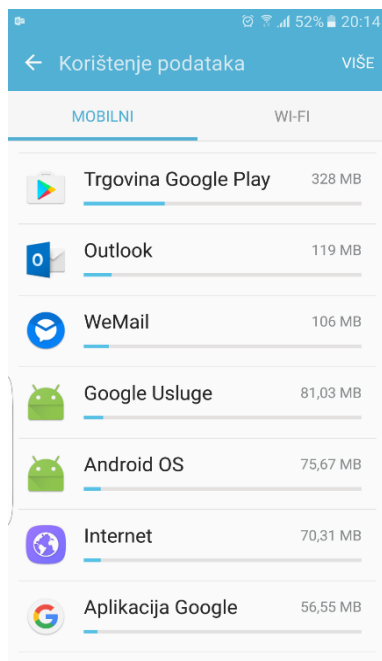
Funkcionalnosti integrirane aplikacije prikazane na slici 15 obuhvaćaju mogućnosti mjerenja generiranoga podatkovnog prometa korištenjem pokretnih (slika 15-a) i Wi-Fi (slika 15-b) mreža. Kao što je vidljivo na slici 15-a i slici 15-b, nudi se mogućnost odabira prikaza ostvarenoga podatkovnog prometa generiranog upotrebom pokretnih i/ili Wi-Fi mreža.

Sukladno s time potrebno je naglasiti mogućnosti aplikacije koje se odnose na:

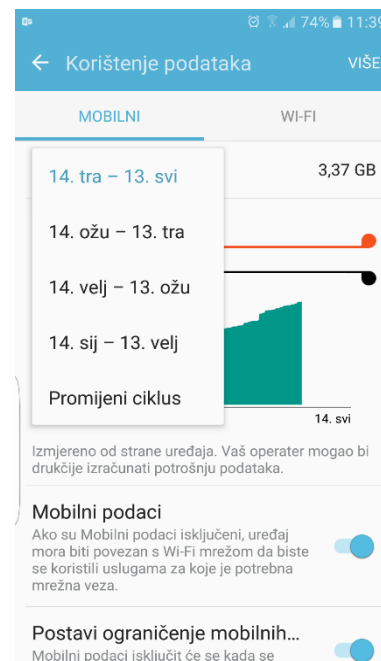
- zbirni (sumarni) prikaz o količini generiranoga podatkovnog prometa upotrebom pokretne mreže (slika 15-a)
- zbirni (sumarni) prikaz o količini generiranoga podatkovnog prometa upotrebom Wi-Fi mreže (slika 15-b)
- prikaz količine generiranoga podatkovnog prometa pojedine aplikacije upotrebom pokretne mreže (slika 16-a) i upotrebom Wi-Fi mreže
- dodatne mogućnosti kao što su definiranje ograničenja u generiranju podatkovnog prometa korištenjem pokretnih mreža i slanje obavijesti korisniku pametnog telefona u slučaju kada količina ostvarenoga podatkovnog prometa dostigne korisnički definiranu razinu (slika 15-a).
- odabir vremenskog perioda za prikaz izvještaja o generiranju podatkovnog prometa pametnog telefona unutar određenoga (korisnički definiranog) vremenskog razdoblja (slika 16-b)



a) Aplikacije korištene u pokretnoj mreži

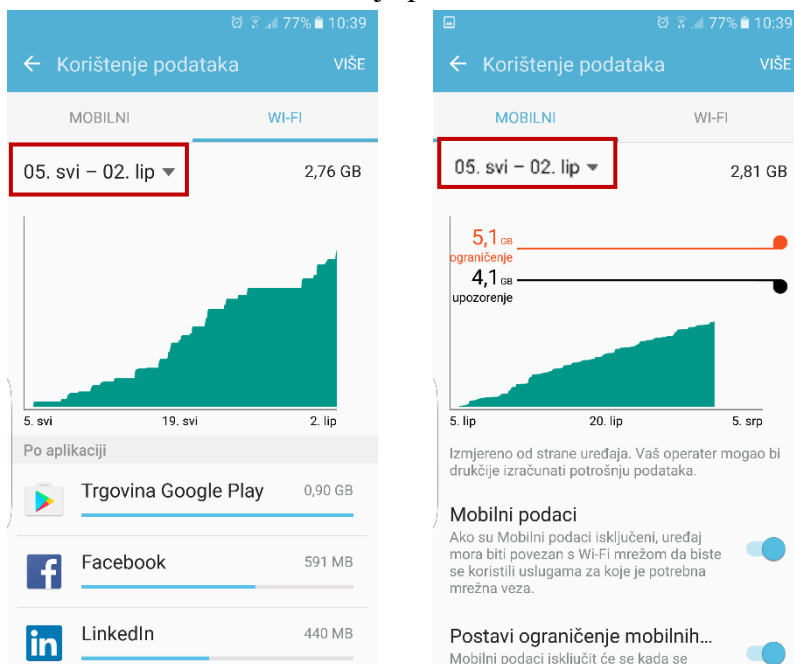


b) Odabir vremenskog perioda



Slika 16: Grafičko sučelje integrirane aplikacije za mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnog telefona prema pojedinim aplikacijama

Odabrani vremenski period unutar kojeg je izmjerena količina generiranoga podatkovnog prometa pametnih telefona jest 28 dana, za svakog pojedinog korisnika koji je sudjelovao u istraživanju. Pritom je važno istaknuti kako je identičan vremenski period u istom rasponu od datuma do datuma (28 dana) odabran za pregled količine ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem pokretnih i Wi-Fi mreža, kao što je prikazano na slici 17.



Slika 17: Odabir sučelja i identičnih perioda upotrebe Wi-Fi i pokretnih mreža

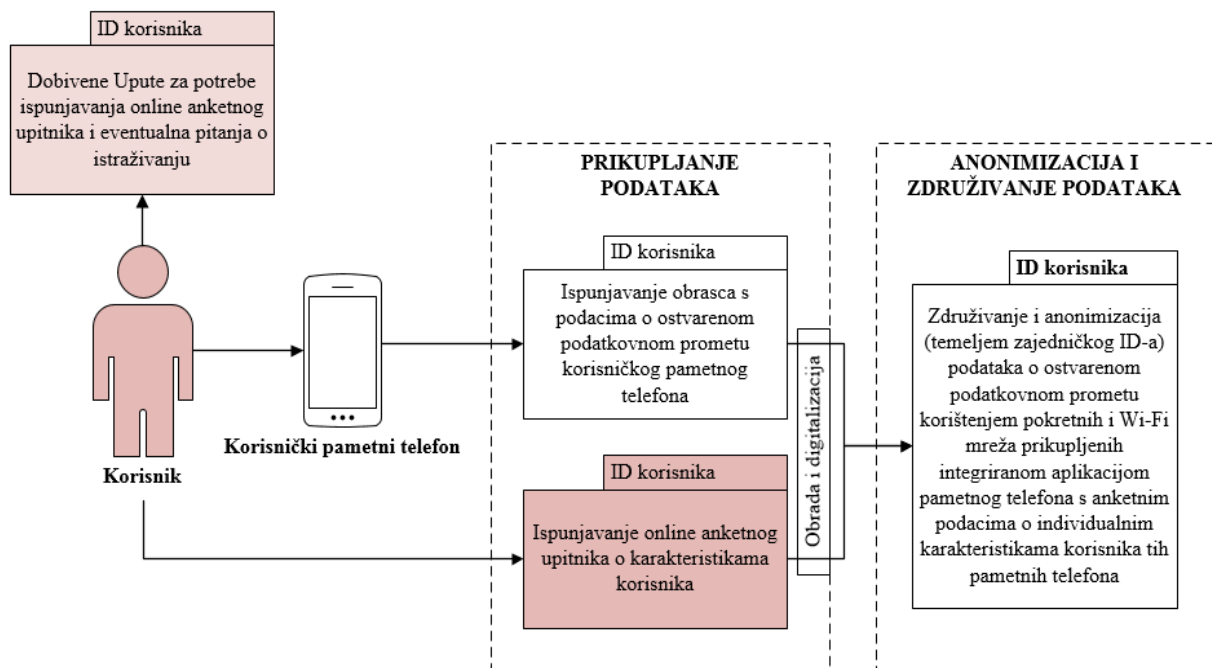
Odabir identičnih datuma u generiranju podatkovnog prometa korištenjem pokretnih i Wi-Fi mreža vrlo je važna kako bi se mogla izvršiti točna usporedba generiranja podatkovnog prometa unutar istog perioda na različitim pristupnim mrežama (pokretnim i Wi-Fi).

### 5.4.3 Anketni upitnik o karakteristikama korisnika pametnih telefona

Razvijene faze i koraci istraživanja u cilju definiranja obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona u prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže uključuje i anketni upitnik s ciljem prikupljanja drugog dijela skupa podataka kojima će se opisati relevantne karakteristike korisnika za predmetno istraživanje.

Korištena je metoda *online* anketnog upitnika aplikacijom Google forms prilagođenom za prikaz na pametnim telefonima. Prikupljeni su podaci o relevantnim karakteristikama korisnika pametnih telefona koji se odnose na definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona u prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.

Na slici 18 crvenom bojom osjenčani su sudionici i elementi koji su bili potrebni u procesu prikupljanja podataka o količini ostvarenoga podatkovnog prometa pametnog telefona na temelju integrirane aplikacije.

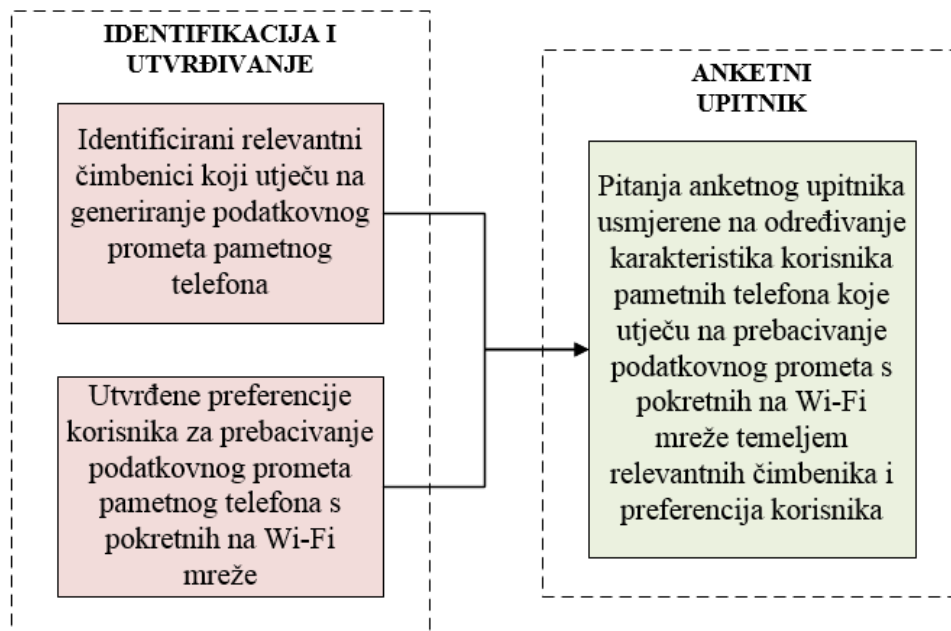


Slika 18: Sudionici i elementi u prikupljanju podataka o karakteristikama korisnika anketnim upitnikom

Prema metodologiji istraživanja, nakon ispunjenoga pisanog Obrasca s podacima o količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona sudionici istraživanja ispunili su *online* anketni upitnik na vlastitom pametnom telefonu na temelju poveznice na anketni upitnik koja im je bila dodijeljena. Nadalje, sudionici su zadržali pisane Upute sa zapisanim vlastitim identifikatorom radi eventualnih naknadnih upita i mogućnosti ispunjavanja ankete nakon obavljenog intervjua.

Na temelju identificiranih relevantnih čimbenika i utvrđenih preferencija korisnika sastavljena su pitanja za anketni upitnik usmjerena karakteristikama korisnika koja su važna za

obrasce ponašanja korisnika pametnih telefona u prebacivanju podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže, kao što je prikazano na slici 19.



Slika 19: Identificirani relevantni čimbenici i utvrđene preferencije korisnika kao podloga za pitanja anketnog upitnika

Većina sudionika istraživanja pristupanje *online* anketnom upitniku ostvarila je nakon ispunjavanja Obrasca s količinama ostvarenoga podatkovnog prometa, korištenjem vlastitim pametnim telefonom i poveznice na anketni upitnik dobivene u sklopu intervjua. Neki od sudionika ispunili su anketni upitnik naknadno – upotrebom računala ili nekog drugog terminalnog uređaja pristupanjem pomoću dobivene poveznice na anketni upitnik i upotrebom dobivenog identifikatora u sklopu dobivenih pisanih Uputa. Detaljna analiza broja ispunjenih anketnih upitnika prikazana je u poglavlju 5.5.

Opisom elemenata u poglavljima 5.2. i 5.3. te definiranjem postupka prikupljanja podataka anketnim upitnikom prikazanog u poglavlju 5.4.3. dokazana je pomoćna hipoteza ove doktorske disertacije koja glasi: identifikacija čimbenika koji utječu na generiranje podatkovnog prometa pametnog telefona i utvrđivanje preferencija za prebacivanje podatkovnog prometa pametnog telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže podloga su za istraživanje karakteristika korisnika pametnih telefona.

## 5.5 Anonimizacija i združivanje podataka za istraživanje

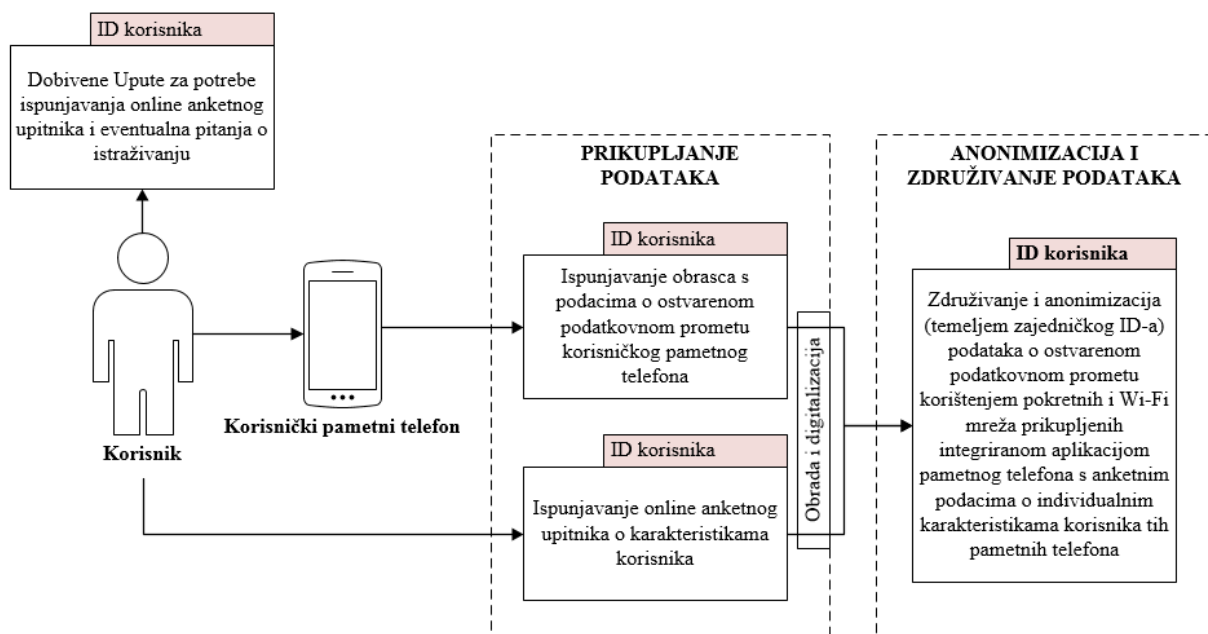
Sukladno definiranoj metodologiji istraživanja, u četvrtoj fazi izvršeno je združivanje i anonimizacija prikupljenih podataka od dvaju izvora:

1. količina ostvarenoga podatkovnog prometa izmjenom integriranom aplikacijom pametnih telefona, te
2. anketni upitnici o obrascima ponašanja i karakteristikama korisnika pametnih telefona

Anonimnost podataka jamči zajednički i jedinstveni identifikacijski ključ pojedinog korisnika pametnih telefona koji je povezoao prikupljene podatke o podatkovnom prometu pametnih telefona i anketni upitnik korisnika. Ovako provedenom anonimizacijom ne može se dovesti u vezu identitet korisnika pametnih telefona i korisničkoga anketnog upitnika.

Postupak anonimizacije i združivanja prikupljenih podataka opisan je u nastavku teksta. Budući da je svaki korisnik dobio dva pisana dokumenta – Upute o anketnom upitniku i Obrazac za ispunjavanje količine ostvarenoga podatkovnog prometa, oba dokumenta sadržavala su jedinstveni identifikator koji je vezan samo uz jednog sudionika istraživanja.

U prvom su koraku sudionici istraživanja ispunili i predali Obrazac na kojem je zapisan njima dodijeljen identifikator. Isti identifikator nalazio se i na pisanim Uputama koje su sudionici zadržali, odnosno kojima su se koristili u postupku ispunjavanja *online* anketnog upitnika, kako je prikazano na slici 20.



Slika 20: Sudionici i elementi u postupku anonimizacije i združivanja podataka o količini ostvarenoga podatkovnog prometa pametnog telefona

Bitno je naglasiti kako dobiveni jedinstveni identifikator ima dvostruku ulogu:

1. anonimizacija prikupljenih podataka sudionika istraživanja tako da se prikupljeni podaci na temelju korištenog identifikatora nikako ne mogu vezati uz identitet sudionika istraživanja
2. združivanje prikupljenih podataka sudionika istraživanja tako da identifikator korišten u Obrascu i ispunjenom anketnom upitniku povezuje podatke jednog korisnika u jedinstven skup podataka o ostvarenom podatkovnom prometu i karakteristikama korisnika.

Prikaz anonimiziranih podataka određenih identifikatorom korištenom u Obrascu i povezanih s odgovorima na anketna pitanja sudionika istraživanja dan je u informativnom obliku u tablici 14.

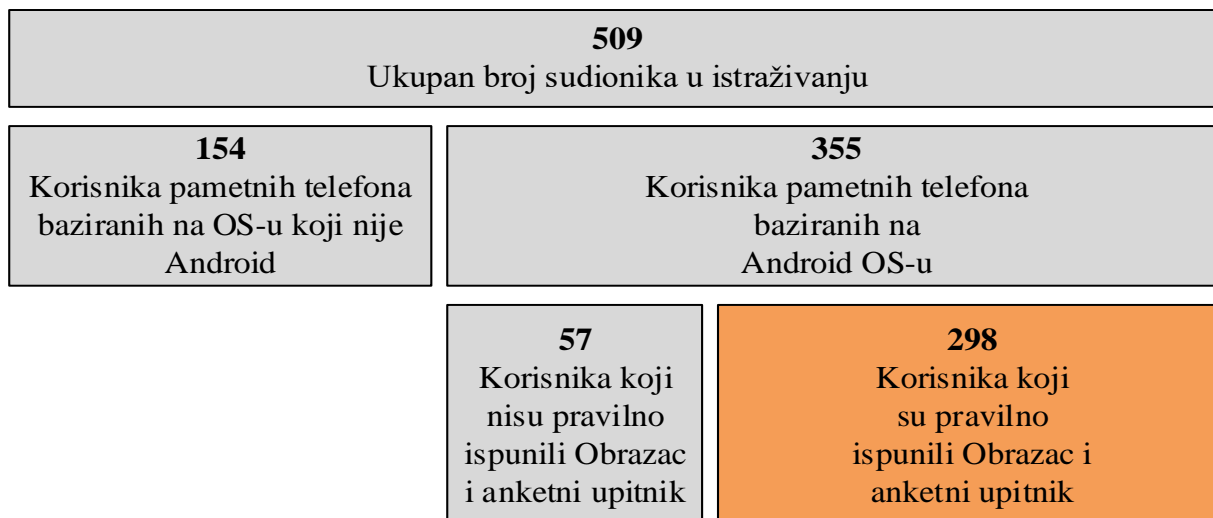
Tablica 14: Prikaz združenih anonimiziranih podataka određenih identifikatorom korištenom u Obrascu i anketnom upitniku

	A	B	C	D	E	T
1	1.Unesite dobiveni ID:	Wi-Fi mreže	Kategorija tekst	Kategorija	2.Vaš spol	17.Odaberite Vaš način plaćanja mobilnih usluga
2	1000100	5294	Srednje-teški korisnici (Medium-heavy users)	3	M	prepaid (bonovi)
3	1000304	6461	Srednje-teški korisnici (Medium-heavy users)	3	Ž	postpaid (pretplata)
4	1000610	5145	Srednje-teški korisnici (Medium-heavy users)	3	M	postpaid (pretplata)
5	1000814	10701	Teški korisnici (Heavy users)	4	M	prepaid (bonovi)
6	1001018	3185	Srednji korisnici (Medium users)	2	M	postpaid (pretplata)
7	1001120	10793	Teški korisnici (Heavy users)	4	M	postpaid (pretplata)
8	1001222	3901	Srednji korisnici (Medium users)	2	Ž	prepaid (bonovi)
9	1001426	1290	Srednji korisnici (Medium users)	2	Ž	prepaid (bonovi)
10	1001528	6543	Srednje-teški korisnici (Medium-heavy users)	3	Ž	prepaid (bonovi)
11	1001630	80	Laki korisnici (Light users)	1	M	prepaid (bonovi)
12	1001732	307	Laki korisnici (Light users)	1	M	postpaid (pretplata)
13	1002140	8397	Srednje-teški korisnici (Medium-heavy users)	3	M	prepaid (bonovi)
14	1002242	4198	Srednji korisnici (Medium users)	2	M	postpaid (pretplata)
15	1002344	4434	Srednji korisnici (Medium users)	2	Ž	postpaid (pretplata)
16	1002446	5395	Srednje-teški korisnici (Medium-heavy users)	3	M	postpaid (pretplata)
17	1002548	7762	Srednje-teški korisnici (Medium-heavy users)	3	Ž	postpaid (pretplata)
18	1002650	8428	Srednje-teški korisnici (Medium-heavy users)	3	Ž	prepaid (bonovi)
19	1002752	654	Laki korisnici (Light users)	1	Ž	prepaid (bonovi)
20	1002854	1382	Srednji korisnici (Medium users)	2	M	prepaid (bonovi)
21	1002956	1976	Srednji korisnici (Medium users)	2	M	prepaid (bonovi)
22	1003058	7700	Srednje-teški korisnici (Medium-heavy users)	3	M	postpaid (pretplata)

Kao što je moguće vidjeti u tablici 14, kreirana baza podataka sastoji se od polja s jedinstvenim identifikatorom („Unesite dobiveni ID:“), polja označena narančastom bojom koja se odnose na količine prebačenog podatkovnog prometa pametnih telefona i pripadajućih kategorija korisnika, te ostalih karakteristika korisnika dobivenih na temelju odgovora pitanja anketnog upitnika.

## 5.6 Sudionici i uzorak znanstvenog istraživanja

Ciljana populacija anketnog istraživanja bili su studenti. Kao što je navedeno ranije u tekstu, prikupljanje podataka (intervju s korisnicima pametnih telefona i anketni upitnik) provodilo se na uzorku redovnih studenata svih godina preddiplomskog i diplomskog studija FPZ-a. Intervju i anketno istraživanje odobreni su od strane Etičkog povjerenstva FPZ-a. Potvrda Etičkog povjerenstva dostupna je u Prilogu 3. Prikupljanje podataka trajalo je tri tjedna te je prikupljeno 298 važećih i pravilno ispunjenih zapisa pojedinog sudionika sa svim potrebnim podacima za istraživanje. Distribucija broja korisnika i njihovih osnovnih značajki važnih za istraživanje prikazana je na slici 21.



Slika 21: Distribucija broja sudionika istraživanja prema njihovim karakteristikama

Kao što je vidljivo na slici 21, ukupan broj sudionika istraživanja (korisnika kojima su bile dodijeljene pisane Upute i Obrazac te poveznica na anketni upitnik) bio je 509, te su svi sudionici istraživanja posjedovali barem jedan vlastiti mobilni uređaj. Budući da je predmetno istraživanje (zbog načina mjerenja količina prenesenoga podatkovnog prometa) vezano uz korisnike pametnih telefona baziranih na OS-u Android, u prvom koraku izvršena je segmentacija korisnika prema OS-u pametnog telefona sudionika u istraživanju. Tako je vidljivo kako se od ukupnog broja sudionika istraživanja njih 154 (30,26 %) koristi pametnim telefonom ili mobilnim uređajem koji nije baziran na OS-u Android, dok se njih 355 (69,74 %) koristi pametnim telefonom baziranim na OS-u Android.

Sudionici koji su korisnici pametnih telefona baziranih na OS-u Android dobili su Obrazac za prikupljanje podataka o ostvarenom podatkovnom prometu njihovoga pametnog telefona. Također, isti sudionici dobili su poveznicu na online anketni upitnik kao drugi dio za prikupljanje skupa podataka istraživanja koji su sudionici ispunjavali nakon ispunjavanja Obrasca. S obzirom na činjenicu da postoji mogućnost neispravnog ispunjavanja Obrasca (netočan odabir promatranog perioda mjerenja, netočno upisani podaci, nečitljivost teksta, nelogičnost ispunjenih podataka i sl.) te mogućnost neispravnog (krivo navedeni identifikator, nelogičnost ispunjenih podataka i sl.) ili neispunjenog (upitnik je bilo moguće ispuniti i naknadno u roku od 10 dana) online anketnog upitnika, neki od ispunjenih Obrazaca i zapisa online anketnog upitnika valorizirani su kao neispravno ispunjeni. Nepravilno ispunjenih ili nepotpunih zapisa bilo je 57, odnosno od ukupnog broja sudionika koji su korisnici pametnih

telefona baziranih na OS-u Android navedeno predstavlja 16,06 % neispravno ispunjenih ili nepotpunih zapisa. Pravilno ispunjeni zapisi, njih 298 (83,94 %) od ukupnog broja sudionika koji su bili korisnici pametnih telefona baziranih na OS-u Android, valorizirali su se sljedećim kriterijima:

- sudionik istraživanja upoznat je s načinom prikupljanja podataka istraživanja
- sudionik istraživanja koristi se pametnim telefonom baziranim na OS-u Android
- pravilno su ispunjeni svi elementi Obrasca (period, jedinice, aplikacije)
- pravilno su ispunjeni svi elementi *online* anketnog upitnika (identifikator, upis vrijednosti i sl.)
- ispunjen je Obrazac i *online* anketni upitnik za jednog korisnika pod istim i dobivenim identifikatorom (provjera jesu li svi koji su ispunili Obrazac ispunili i *online* anketni upitnik)

U ovome istraživanju upotrijebljena je metoda prigodnog odabira uzorka (*convenience sampling*) kao dio skupine metoda namjernog odabira uzorka. U istraživanju [196] navodi se kako je upravo ta metoda odabira uzorka često korištena u anketnim istraživanjima te se kao klasičan primjer upotrebe te metode navode različita istraživanja provedena na sveučilištima, a primjeri su prikazani u izvorima [197] i [198]. Autori u [196] i [199] navode da se u prigodni uzorak izabiru jedinice prema odluci istraživača, a podaci su dobiveni su ispitivanjem jednostavno dostupnih članova skupa. Istraživanje [200] ističe kako se metodom prigodnog odabira uzorka često intervjuira učenike i studente čime se omogućuje prikupljanje podataka od strane veće skupine ispitanika u relativno kratkom vremenu i uz minimalne troškove. Međutim, istraživanja [196] i [199] navode i nedostatak te metode kao nemogućnost donošenja općih zaključaka koji bi bili primjenjivi na širu populaciju, dok autori u [200] navode kako podaci prikupljeni metodom namjernog uzorka ne omogućuju generalizaciju zaključaka izvan samog uzorka s poznatim stupnjem pouzdanosti. No, isto istraživanje navodi da zaključci dobiveni navedenom metodom mogu poslužiti u određivanju različitosti i obrazaca ponašanja ispitanika.

Istraživanje [84] navodi da mlađi milenijalci (od 18 do 24 godine) pokazuju najveću sklonost pristupa mreži Internet upotrebom pametnih telefona. Dodatno, autori u istraživanju [201] navode kako je penetracija pametnih telefona kod mlađih milenijalaca najveća u usporedbi s ostalim skupinama korisnika pametnih telefona te iznosi 98 %, te udio OS-a Android među navedenim korisnicima iznosi 51 %. S obzirom da svi sudionici u okviru istraživanja ovog rada pripadaju generaciji mlađih milenijalaca, navedeni skupina korisnika predstavljala je prigodni uzorak istraživanja.

Određivanje potrebne veličine uzorka za dobivanje točne statističke procjene kritična je komponenta u razvoju kvantitativnog istraživanja. Kako navodi [202], potrebna minimalna veličina uzorka varira u ovisnosti o istraživanju koje se provodi. U svrhu izračuna potrebne veličinu uzorka u nastavku teksta analizirana su postojeća istraživanja koja prikazuju načine određivanja istog odnosno rezultati online kalkulatora. Navedena istraživanja odnose se



na određivanje veličine uzorka za potrebe korištenja logističke regresije kao odabrane matematičke metode u sklopu ovog rada, što će biti pojašnjeno u nastavku teksta.

Tako istraživanje [203] navodi da je veličina uzorka od 250-300 zapisa više nego dovoljna da omogući „dobar” model pod uvjetom pažljivog odabira broja nezavisnih varijabli. Navedeno potvrđuje i istraživanje [204] koje na ljestvici prikazuje da veličina uzorka od oko 300 zapisa daje rezultate koji su „dobro” prilagođeni modelu. Autori u radu [205] određuju kako je za potrebe logističkog modela s pet kategorija zavisne varijable (korišteno u ovom radu) potrebna veličina uzorka u rasponu od 225 do 377 zapisa. Nadalje, neka od istraživanja navode kako postoji gotovo linearna veza između veličine uzorka i broja nezavisnih varijabli istraživanja [202], [206], [207]. Sukladno navedenom, a prema [206] i [207] česta metoda određivanja potrebne veličine uzorka (primjenjiva i kod metode linearne regresije) jest tzv. pravilo „1 prema 10“. Navedeno pravilo odnosi se na matematički postupak u kojem je za pojedinu (inicijalnu) nezavisnu varijablu potrebna veličina uzorka od 10 zapisa (ispitanika). Sukladno navedenoj metodi te činjenice da će se za potrebe izrade modela koristiti 17 (inicijalnih) nezavisnih varijabli, potrebna veličina uzorka iznosi minimalno 170 zapisa odnosno sudionika. Dodatno, izračun potrebnog broja sudionika istraživanja kao vjerodostojnog uzorka napravljen je temeljem online kalkulatora Raosoft<sup>9</sup>. Za planiranu razinu povjerenja od 90 % potrebna veličina uzorka jest 271 važeći i pravilno ispunjeni zapis.

Na temelju analize potrebnih veličina uzoraka prethodnih istraživanja i metoda utvrđuje se činjenica da je veličina uzorka od 298 zapisa (sudionika) prikupljenih za potrebe istraživanja u sklopu ove doktorske disertacije zadovoljavajuća. Osim navedenog, važno je naglasiti kako će se utvrditi prilagođenost modela prikupljenim podacima odnosno uzorku na temelju standardnih parametara logističke regresije, a što će biti prikazano u nastavku rada.

### **5.6.1 Demografske karakteristike ispitanika**

Kao što je naglašeno u dosadašnjem tekstu, rezultati anketnog istraživanja dobiveni su analizom prikupljenih i združenih podataka s 298 ispravno popunjenih Obrazaca i anketnih upitnika. Dio združenih podataka anketnih upitnika i Obrazaca nalaze se u Prilogu 4 doktorskog rada. Intervju i vezani anketni upitnik provedeni su, kako je već ranije navedeno, na uzorku studenata svih godina studija FPZ-a Sveučilišta u Zagrebu. Većinu anketnih upitnika popunile su osobe muškog spola, odnosno u istraživanju je sudjelovala 221 (74,16 %) osoba muškog spola te 77 (25,84 %) osoba ženskog spola. Navedeno predstavlja očekivani rezultat budući da je istraživanje provedeno među studentima FPZ-a.

Nadalje, prema rezultatima anketnog upitnika, 42,95 % ispitanika trenutno ima vlastiti novčani prihod za vrijeme studiranja (radom ili stipendijom), dok ostatak ispitanika od 57,05 % trenutno nema vlastite prihode. Navedeni podaci očekivani su budući da se radi o studentskoj populaciji, a poslužiti će u definiranju obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže prema karakteristikama korisnika.

---

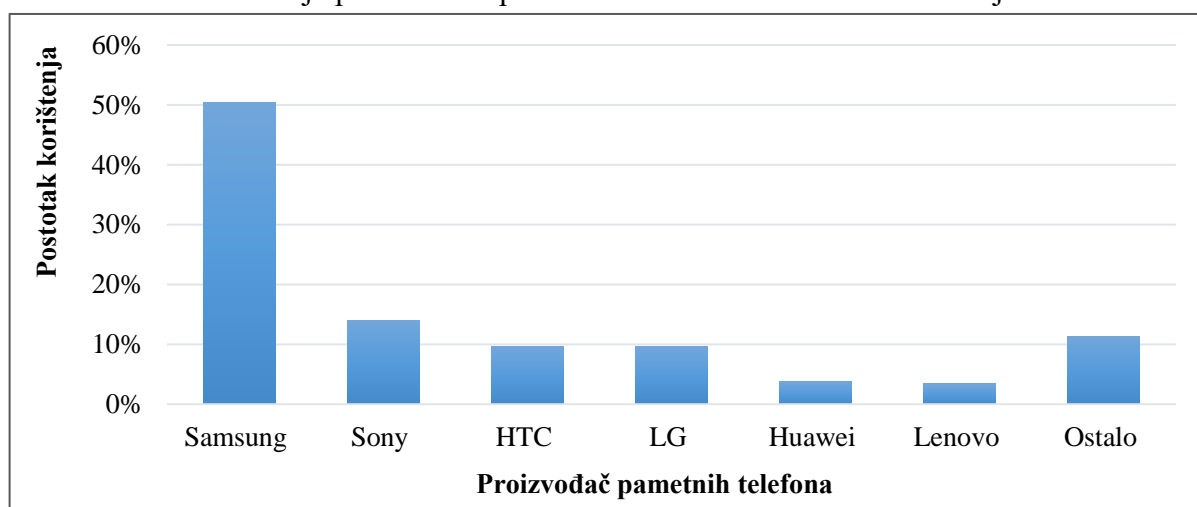
<sup>9</sup> Dostupno na poveznici: <http://www.raosoft.com/samplesize.html>



## 5.6.2 Upotreba pametnih telefona i komunikacijskih mreža

Na postavljeno pitanje u okviru anketnog upitnika: „Posjedujete li više od jednog vlastitog pametnog telefona?“, mali broj ispitanika, odnosno njih 9,4 %, odgovorilo je kako ne posjeduju više vlastitih pametnih telefona. Navedeno označava kako se 90,6 % ispitanika koristi jednim vlastitim pametnim telefonom budući da svi sudionici istraživanja posjeduju pametni telefon ili mobilni uređaj. Isto tako, budući da neki od modela pametnih telefona podržavaju mogućnost korištenja dvjema SIM karticama, 7,38 % njih navelo je kako se koriste pametnim telefonom s navedenom mogućnosti. Distribucija korištenih pametnih telefona prema proizvođaču od strane ispitanika u sklopu istraživanja, prikazana je na grafikonu 45.

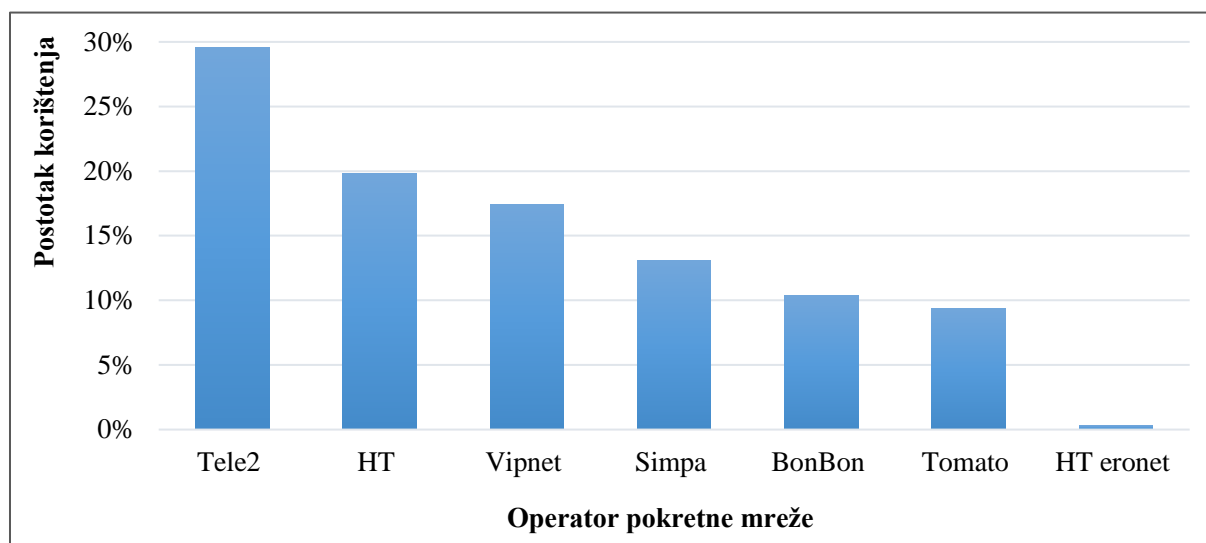
Grafikon 45: Distribucija proizvođača pametnih telefona sudionika istraživanja



Kao što je vidljivo iz podataka prikazanih na grafikonu 45, najveći postotak pametnih telefona korištenih u istraživanju jest od strane proizvođača Samsung i iznosi 50,34 %. Raspodjela korištenih proizvođača pametnih telefona baziranih na OS-u Android vrlo je logična i slijedi uzorke ponašanja korisnika sličnih tržišta. Proizvođač Sony zauzima postotak korištenja od 14,04 %, proizvođači HTC i LG u iznosu od 9,59 %, dok su ostali pojedinačni proizvođači gotovo zanemarivi svojim udjelom u odnosu na ukupni postotak. U kategoriji proizvođača „ostalo“ nalaze se proizvođači (Noa, OnePlus, Prestigio, Acer, Alcatel i sl.) s udjelom od 11,3 %.

Na temelju podataka dobivenih iz odgovora anketnog upitnika analiza pokazuje kako je 60,74 % sudionika istraživanja koji su *prepaid* korisnici (doplata računa bonovima), dok je ostatak sudionika od 39,26 % koji su *postpaid* korisnici (vezani pretplatničkim ugovorom s operatorom). Grafikon 46 prikazuje raspodjelu sudionika istraživanja prema korištenim uslugama od strane operatora i virtualnih operatora pokretnih mreža.

Grafikon 46: Distribucija operatora pokretnih mreža pametnih telefona sudionika istraživanja



Budući da su sudionici istraživanja studenti Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, ne iznenađuje distribucija operatora (Tele 2, HT, Vipnet, Simpa, HT eronet) i virtualnih operatora (BonBon, Tomato) pokretnih mreža. Tako najveći postotak korištenja usluga ima operator Tele 2 (29,53 %), slijede operator HT (19,8 %) i Vipnet (17,45 %), Simpa u iznosu od 13,09 %, Bonbon 10,4 % i Tomato u iznosu od 9,4 %. Jedan sudionik istraživanja koristi usluge operatora HT eronet.

U sklopu anketnog upitnika sudionicima istraživanja bilo je postavljeno pitanje: „Unesite prosječnu mjesečnu potrošnju na mobilne usluge (u kunama, npr. 100)“. Budući da su odgovori bili generirani od strane ispitanika, značajke potrošnje prikazane su u tablici 15.

Tablica 15: Najznačajnije stavke prosječne mjesečne potrošnje na mobilne usluge sudionika istraživanja

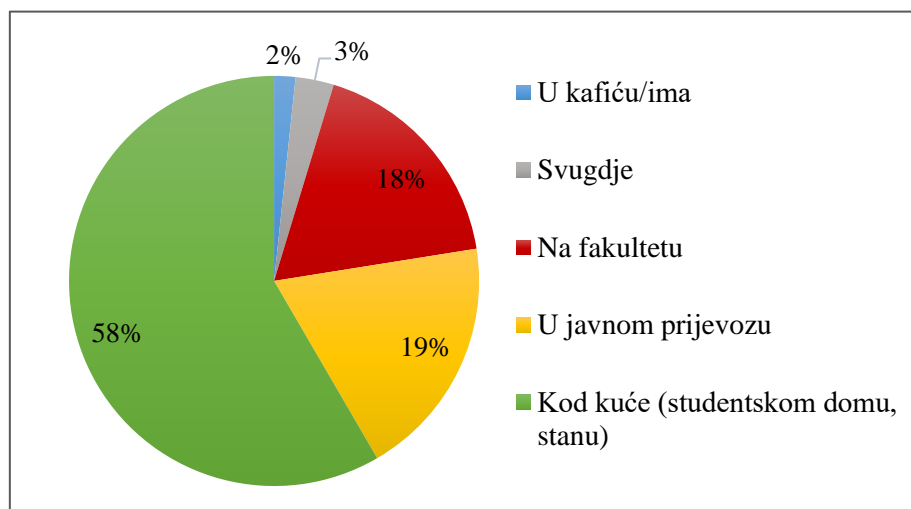
Značajka	Uneseno (kn)
Najmanji iznos	10
Najveći iznos	450
Srednja vrijednost	88,5
Medijan	75

Iako na prvi pogled možda iznenađuje činjenica iz tablice 15, najmanjeg iznosa od 10 kuna, pregledom značajki ispitanika vidljiva je mala količina generiranoga podatkovnog prometa korištenjem pokretnim mrežama čime se potkrepljuje iznos upisan anketnim upitnikom. Isto tako, značajno je naglasiti prosječnu (srednju) vrijednost u iznosu od 88,5 kuna te medijan svih analiziranih upitnika koji iznosi 75 kuna – kao prosječne mjesečne potrošnje na mobilne usluge upisane unutar anketnog upitnika sudionika istraživanja.

Standard ISO 13407:1999 definira kontekst kao karakteristiku korisnika, njihovih zadaća i utjecaja okoline unutar kojeg se neki sustav koristi. Mobilni uređaji ne upotrebljavaju se samo na otvorenom prostoru ili za vrijeme boravka izvan kuće; moguće ih je upotrebljavati u kući ili u uredu. Uzevši u obzir navedeno, omogućuje se široka varijabilnost upotrebe u nekom kontekstu, koji je moguće promijeniti čak i tijekom sesije korištenja [164]. U sklopu anketnog upitnika ispitanicima je bilo postavljeno pitanje „Pametnim telefonom se, u prosjeku, najviše

koristim:“ te je na grafikonu 47 prikazana distribucija odgovora vezana uz kontekst korištenja pametnim telefonima.

Grafikon 47: Distribucija odgovora ispitanika o korištenju pametnim telefonima u različitim kontekstima

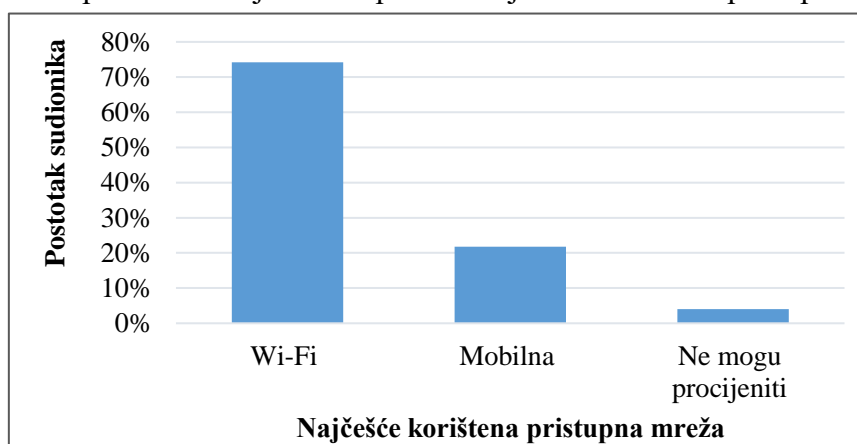


S obzirom na podatke o sudionicima istraživanja, vidljivo je kako se više od polovice ispitanika (58 %) u prosjeku vlastitim pametnim telefonom koristi u kontekstu kuće (studentskog doma, stana). Dok se u najmanjoj mjeri (2 %), u prosjeku, koriste pametnim telefonom u kafićima. Rezultati istraživanja ukazuju na činjenicu kako je 71,81 % ispitanika zadovoljno količinom podatkovnog prometa koji je uključen u korišteni tarifni plan, dok ostatak (28,19 %) nije zadovoljan navedenom količinom. Navedene rezultate potkrepljuju i činjenice koje su izjavili ispitanici kao odgovore na pitanje: „Koliko vam je često količina MB mobilnog Interneta vašega tarifnog paketa dovoljna za cijeli mjesec?“, tako da je 61,41 % ispitanika izjavilo kako je uvijek dovoljna, 27, 18 % ispitanika izjavilo je kako je povremeno dovoljna, dok je 11,41 % ispitanika izjavilo kako im nikad nije dovoljna količina podatkovnog prometa uključenog u tarifni plan za jedan mjesec.

Što se tiče distribucije odgovora ispitanika na postavljeno pitanje anketnog upitnika: „Povećavate li količinu MB mobilnog Interneta u mjesecu nadoplatom računa?“, rezultati su sljedeći: 73,15 % ispitanika nikad ne povećava količinu podatkovnog prometa nadoplatom računa, 21,81 % povećava navedenu količinu povremeno, dok 5,03 % ispitanika uvijek (svaki mjesec) povećava količinu uključenoga podatkovnog prometa tarifnog plana nadoplatom računa.

Rezultati odgovora sudionika anketnog upitnika ukazuju na činjenicu da se 98,9 % koristi Wi-Fi mrežama, dok se čak 74,16 % sudionika istraživanja najčešće koristi Wi-Fi mrežama za pristup Internet mreži i za prijenos podatkovnog prometa, što je prikazano na grafikonu 48.

Grafikon 48: Pristupne mreže kojima se ispitanici najčešće koriste za pristup mreži Internet

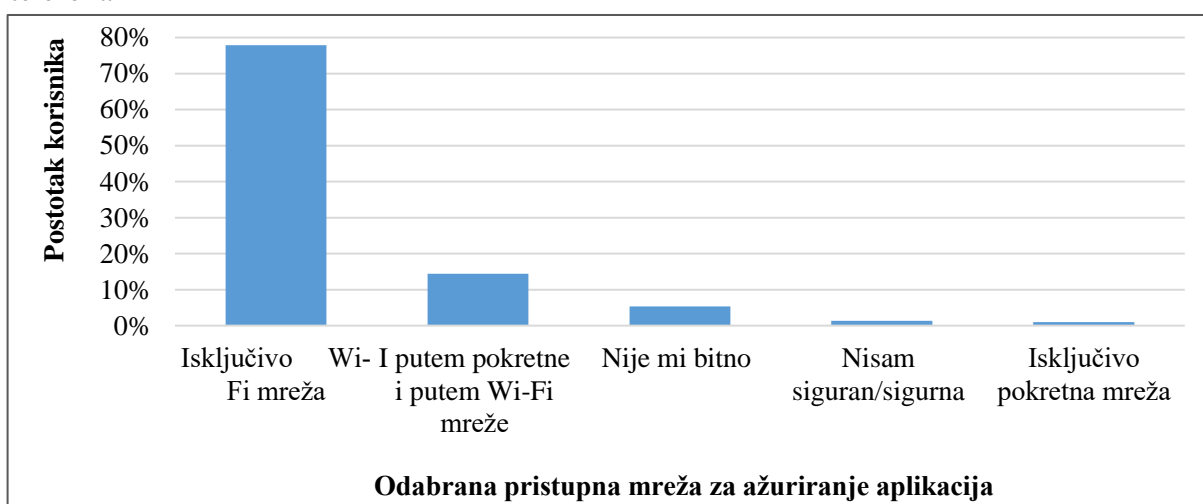


Za pristup Internetu 21,81 % sudionika istraživanja najčešće se koristi mobilnom (pokretnom) mrežom, dok njih 4,03 % ne može procijeniti kojom se pristupnom mrežom najčešće koriste za pristup Internetu.

Nadalje, na pitanje: „Koristite li se javno dostupnim Wi-Fi mrežama kako biste manje „trošili“ mobilni Internet vašeg tarifnog paketa?“, rezultati odgovora ispitanika su: 49,24 % njih povremeno se povezuje, 44,7 % njih uvijek se povezuje, a 6,06 % njih nikad se ne povezuje na Wi-Fi mreže kako bi se smanjilo generiranje podatkovnog prometa korištenjem mobilnim mrežama i u sklopu tarfinog plana. Isto tako, 72,8 % ispitanika smatra kako Wi-Fi mreže daju bolju kvalitetu usluge od pokretnih mreža. Samo 8,05 % ispitanika nema pristup Wi-Fi mreži tamo gdje trenutno stanuju (kuća, stan, studentski dom i sl.), što znači da 91,95 % ispitanika ima navedeni pristup.

Ažuriranje (*update*) aplikacija pametnog telefona ispitanici vrše upotrebom pojedinih ili kombinacijom pristupnih mreža, kako je prikazano na grafikonu 49.

Grafikon 49: Distribucija odabira pristupne mreže za potrebe nadogradnje aplikacija pametnog telefona



Kao što je vidljivo iz grafikona 49, većina sudionika istraživanja za svoje potrebe za nadogradnje (ažuriranja) aplikacija pametnog telefona koristi se isključivo pristupnim Wi-Fi mrežama (77,85 %), dok se njih 14,43 % koristi i pokretnim i Wi-Fi mrežama za navedeno. Za

5,37 % korisnika nije bitna pristupna mreža kako bi izvršili potrebne nadogradnje aplikacija, 1,34 % korisnika nije sigurno kojim se mrežama koristi u postupku nadogradnje aplikacija, a samo 1,01 % korisnika nadograđuje (ažurira) svoje aplikacije isključivo korištenjem pokretnim pristupnim mrežama.

Što se tiče broja različitih Wi-Fi mreža kojima svakodnevno pristupaju ispitanici u istraživanju, rezultati pokazuju sljedeće: većina ispitanika (69,46 %) prosječno se u jednom danu povezuje na jedno do tri različite Wi-Fi mreže, 21,81 % ispitanika povezuje se prosječno na jednu Wi-Fi mrežu, dok se 3,69 % ispitanika povezuje na četiri do pet različitih Wi-Fi mreža prosječno u jednom danu.

Više od polovice ispitanika (56 %) dalo je svoj odgovor na pitanje o zadovoljstvu prema broju dostupnih „besplatnih“ javnih pristupnih Wi-Fi mreža kao „niti nezadovoljan niti zadovoljan“. Što se tiče navedenog, zadovoljnih ispitanika bilo je 31 %, dok je nezadovoljnih 13%. Na pitanje anketnog upitnika: „U slučajevima kada ste u zatvorenim prostorima (*shopping* centri, kafići, restorani i sl.) i kada imate pristup i mobilnoj i Wi-Fi mreži radije ćete se povezati na:“, rezultati analize odgovora jesu: 18,12 % ispitanike radije će se povezati na pokretnu mrežu, dok ostatak ispitanika (81,88 %), odnosno velika će se većina u gore navedenom slučaju radije povezati na Wi-Fi pristupnu mrežu.

### 5.6.3 Analiza količina generiranoga podatkovnog prometa

Kao što je već ranije napomenuto u tekstu, prikupljanje ostvarenog prometa korisničkih pametnih telefona izvršeno je na temelju povijesnih podataka integrirane aplikacije uređaja baziranih na OS-u Android. Vrlo važno je napomenuti promatrano razdoblje od 28 dana, bez obzira na tip komunikacijske mreže (pokretna ili Wi-Fi). Prikupljeni podaci na papiru obrađeni su i digitalizirani u formatu alata MS Excel.

Prikaz izgleda tablice, odnosno primjer jednog zapisa/korisnika vezanog uz ostvareni podatkovni promet pametnih telefona vidljiv je u tablici 16. Važno je napomenuti kako su se prikupljali podaci o sumarno ostvarenom podatkovnom prometu u definiranom periodu (28 dana) koji je zapisan unutar integrirane aplikacije OS-a Android te je ostvareni podatkovni promet u istom periodu prikazan kroz aplikacije koje su generirale navedeni podatkovni promet. Maksimalan broj aplikacija koji se unosio u obrazac jest 15, što se pokazalo dovoljnim budući da većina korisnika kroz navedeni broj aplikacija generira cjelokupni mjesečno ostvareni podatkovni promet pametnog telefona. Primjer ispunjenog Obrasca s podacima o ostvarenom podatkovnom prometu pametnog telefona dostupan je u Prilogu 5.

Tablica 16: Primjer prikupljenih podataka o ostvarenom podatkovnom prometu aplikacija pametnog telefona za jednog korisnika

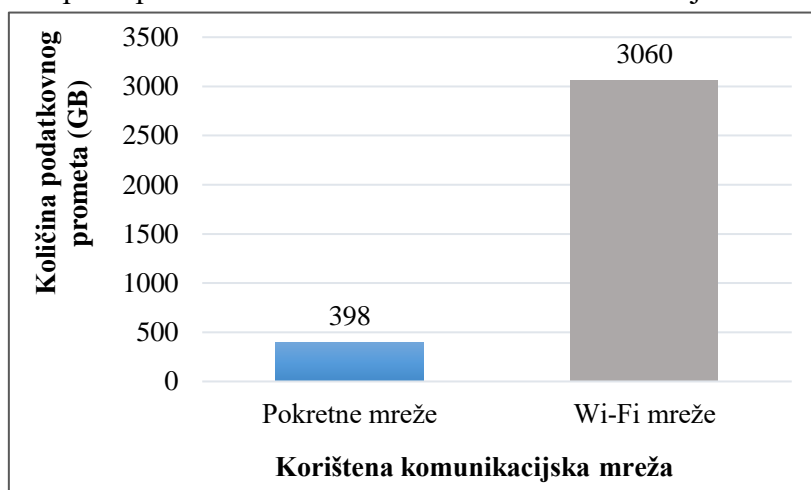
ID	Pokretne mreže			Wi-Fi mreže		
	Aplikacija	Količina		Aplikacija	Količina	
1062014	Facebook	507	MB	Android OS	1,31	GB
	Opera	300	MB	Facebook	1,31	GB
	Youtube	29,8	MB	Trgovina Google Play	569	MB
	Trgovina Google Play	28,01	MB	Youtube	396	MB
	WhatsApp	27,45	MB	Messenger	245	MB

	Karte	12,41	MB	Opera	221	MB
	Večernji list	9,75	MB	WhatsApp	25,55	MB
	Usluge za Google Play	7,78	MB	Gmail	19,49	MB
	Messenger	5,56	MB	Večernji list	11,99	MB
	Android OS	5,06	MB	Usluge za Google Play	6,41	MB
	Weather clock	1,76	MB	Video player	5,24	MB
	Skype	1,48	MB	Karte	2,6	MB
	Flipboard	1,44	MB	Aplikacija Google	2,3	MB
	Gmail	1,03	MB	Skype	1,02	MB
	Samsung Push Service	779	KB	Private Photo Vault	798	KB
<b>28 dana sumarno</b>	0,92		GB	4,11		GB

Važno je naglasiti kako sumarni prikaz ostvarenoga podatkovnog prometa pametnog telefona nije izvršen tako da je zbrojena količina ostvarenoga podatkovnog prometa pojedinačnih aplikacija. Navedena količina zapisana je unutar integrirane aplikacije pametnog telefona. Postoji mogućnost da, za pojedinog korisnika/zapisa, postoji razlika između ostvarenoga podatkovnog prometa unutar 28 dana (koji je iščitan iz aplikacije) i sume količina podatkovnog prometa pametnog telefona po pojedinim aplikacijama. Navedena razlika je, ne temelju analize, minimalna i odnosi se na mogućnosti da korisnik upotrebljava veći broj (od 15) aplikacija koje generiraju podatkovni promet. Analizom je isto tako utvrđeno kako aplikacije koje se nalaze na poziciji 10 na više (budući da su poredane prema količini ostvarenoga podatkovnog prometa) generiraju vrlo male količine podatkovnog prometa, često mjenjenog u mjernim jedinicama B i KB, čime značajno ne utječu na sumarnu količinu.

Analizom prikupljenih podataka ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona sudionika istraživanja vidljiva je značajna razlika u količini generiranoga podatkovnog prometa korištenjem pokretnim i Wi-Fi mrežama, a samim time i u količini prebačenoga podatkovnog prometa. Grafikon 50 prikazuje usporedbu količine ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem pokretnim i Wi-Fi mrežama.

Grafikon 50: Količina ostvarenoga i prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi pristupne mreže analiziranih sudionika istraživanja



Kao što je vidljivo na grafikonu 50, količina prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih mreža na Wi-Fi mreže (3060 GB) značajno premašuje količinu podatkovnog prometa koji je generiran korištenjem pokretnim mrežama (398 GB). Količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže gotovo je 7,7 puta veća od količine ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem pokretnim mrežama. Navedena činjenica potkrepljuje dosadašnja istraživanja koja ukazuju na veliku važnost Wi-Fi mreža u generiranju podatkovnog prometa pametnih telefona. Izraženo u postocima, u istraživanju provedenom ovom doktorskom disertacijom, od ukupne količine ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona, čak 88,49 % podatkovnog prometa prebačeno je s pokretnih na Wi-Fi mreže. Ostatak, odnosno 11,51 % podatkovnog prometa pametnih telefona generiran je korištenjem pokretnim mrežama.

Nadalje, značajno je istaknuti kako je, od analiziranih 298 ispitanika s točnim podacima, u slučaju samo 37 ispitanika količina ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem pokretnim mrežama bila veća od količine ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem Wi-Fi mrežama. Navedeno označava da je kod 261 ispitanika ili u 87,58 % slučajeva količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže veća od količine ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona koja je generirana pokretnim mrežama. U nastavku su prikazane neke od važnijih značajki ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona sudionika istraživanja, vidljive u tablici 17.

Tablica 17: Važnije značajke u količinama ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona sudionika istraživanja

Značajka	Pokretne mreže	Wi-Fi mreže
Najmanja količina	0 GB	0 GB
Najveća količina	8,3 GB	215,01 GB
Srednja vrijednost	1,34 GB	10,27 GB
Medijan	1,86 GB	12,64 GB

Najmanja količina ostvarenog prometa od 0 GB korištenjem pokretnim i Wi-Fi mrežama ne začuđuje te se odnosi na korisnike koji se nisu koristili pojedinom mrežom u analiziranom razdoblju. Što se tiče najveće izmjerene i prikazane vrijednosti, u daleko većoj mjeri prednjače Wi-Fi mreže, posebice kod korisnika s intenzivnom upotrebom aplikacija za pregled videozapisa, što će biti detaljnije objašnjeno dalje u tekstu. Srednje vrijednosti i medijan razlikuju se u određenoj mjeri jer postoje određeni korisnici s velikim odstupanjima u količinama ostvarenoga podatkovnog prometa (primjerice, maksimalno ostvarena vrijednost podatkovnog prometa u količini od 215 GB). U svakom je slučaju važno naglasiti značajno veću količinu ostvarenog prometa upotrebom Wi-Fi mreža, bez obzira na promatranu značajku.

Ostvareni podatkovni promet u ovoj disertaciji detaljno je opisan i analiziran na temelju pojedinačnih aplikacija pametnih telefona sudionika istraživanja. Navedene aplikacije ostvaruju podatkovni promet, a podaci o navedenome izmjereni su, zapisani i prikupljeni upotrebom integrirane aplikacije OS-a Android te već ranije spomenute metodologije prikupljanja i obrade podataka. Važno je napomenuti kako je za svakog korisnika prikupljeno maksimalno 15 aplikacija koje su, očitano iz aplikacije, poredane prema količini ostvarenoga podatkovnog prometa, od najveće prema najmanjoj količini.



Analizom ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem pokretnim mrežama vidljivo je kako je 298 ispitanika upotrebljavalo ukupno 528 različitih aplikacija koje generiraju podatkovni promet i nalaze se unutar liste 15 aplikacija prema količini ostvarenoga podatkovnog prometa. Lista najviše korištenih aplikacija (najveći broj instalacija) vidljiva je u tablici 18, zajedno s podatkom o broju korisnika koji su instalirali navedene aplikacije.

Tablica 18: Dvadeset najviše korištenih aplikacija pristupom pokretnim mrežama koje se nalaze unutar liste od 15 aplikacija prema količini ostvarenoga podatkovnog prometa

R. Br.	Naziv aplikacije	Broj instaliranih aplikacija	Postotak korisnika	Podatkovni promet (GB)
1	<b>Android OS</b>	259	86,91%	5,09
2	<b>WhatsApp</b>	234	78,52%	5,15
3	<b>Messenger</b>	227	76,17%	4,62
4	<b>Trgovina Google Play</b>	215	72,15%	13,05
5	<b>Youtube</b>	215	72,15%	57,37
6	<b>Facebook</b>	210	70,47%	94,91
7	<b>Chrome</b>	209	70,13%	53,15
8	<b>Karte</b>	162	54,36%	2,41
9	<b>Instagram</b>	152	51,01%	53,77
10	<b>Google usluge</b>	129	43,29%	2,55
11	<b>Usluge za Google Play</b>	116	38,93%	2,76
12	<b>Gmail</b>	109	36,58%	0,81
13	<b>Aplikacija Google</b>	107	35,91%	2,54
14	<b>Viber</b>	76	25,50%	1,35
15	<b>Uklonjene aplikacije</b>	73	24,50%	9,34
16	<b>Internet</b>	69	23,15%	9,61
17	<b>Disk</b>	59	19,80%	0,49
18	<b>Dijeljenje i mobilna pristupna točka</b>	45	15,10%	9,92
19	<b>Rezultati</b>	40	13,42%	0,53
20	<b>Snapchat</b>	36	12,08%	4,08

Analizom podataka prikazanih u tablici 18, vidljivo je kako je najčešće korištena aplikacija Android OS. Naime, navedeno predstavlja sistemski ugrađenu aplikaciju koja omogućuje ažuriranje određenih postavki OS-a te je stoga i najviše korištena aplikacija. Razlog što se navedena aplikacija ne prikazuje za svakog korisnika leži u sljedećoj činjenici: lista najčešće korištenih aplikacija generirana je na temelju podataka integrirane aplikacije o ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona. Navedeno označava i činjenicu kako postoji mogućnost i nekih drugih instaliranih i korištenih aplikacija, ali navedena se lista odnosi na aplikacije koje ostvaruju podatkovni promet te se nalaze na listi „top“ aplikacija prema količini generiranoga podatkovnog prometa. Sumarne količine generiranoga podatkovnog prometa pojedine aplikacije vidljive su u zadnjem stupcu tablice 18.

Kao što je vidljivo iz same tablice 18, najčešće korištene aplikacije sudionika istraživanja, a prema listi aplikacija koje generiraju podatkovni promet, vrlo su slične globalnim trendovima u korištenju aplikacijama. Tako su popularne aplikacije koje se odnose na razmjenu poruka



(WhatsApp, Messenger), društvene mreže (Facebook, Instagram), pregled videozapisa (YouTube) i sl. Navedena lista odnosi se na korištene aplikacije koje generiraju podatkovni promet pristupom pokretnoj komunikacijskoj mreži.

Što se tiče aplikacija koje su generirale podatkovni promet korištenjem Wi-Fi mrežama, analiza navedenih podataka sudionika istraživanja prikazana je u tablici 19. Kao i kod slučaja pokretnih mreža (gore u tekstu), popis aplikacija prikazan je na temelju podataka prikupljenih integriranom aplikacijom OS-a Android. Navedeno označava činjenicu kako su najviše korištene aplikacije upravo aplikacije koje generiraju podatkovni promet i nalaze se na listi 15 aplikacija s najvećim količinama ostvarenoga podatkovnog prometa pametnog telefona, za svakog pojedinog korisnika. Sumarni prikaz broja i ostvarenog podatkovnog prometa tih aplikacija prikazan je u tablici 19.

Tablica 19: Dvadeset najviše korištenih aplikacija pristupom Wi-Fi mrežama koje se nalaze unutar liste od 15 aplikacija prema količini ostvarenoga podatkovnog prometa

R. Br.	Naziv aplikacije	Broj instaliranih aplikacija	Postotak korisnika	Podatkovni promet (GB)
1	<b>Youtube</b>	273	91,61%	1151,85
2	<b>Trgovina Google Play</b>	272	91,28%	195,34
3	<b>Android OS</b>	265	88,93%	33,83
4	<b>WhatsApp</b>	251	84,23%	34,79
5	<b>Chrome</b>	226	75,84%	235,45
6	<b>Facebook</b>	222	74,50%	450,51
7	<b>Messenger</b>	212	71,14%	10,77
8	<b>Instagram</b>	157	52,68%	227,15
9	<b>Google usluge</b>	134	44,97%	12,84
10	<b>Gmail</b>	133	44,63%	5,42
11	<b>Aplikacija Google</b>	121	40,60%	3,14
12	<b>Usluge za Google Play</b>	120	40,27%	8,63
13	<b>Karte</b>	116	38,93%	3,22
14	<b>Uklonjene aplikacije</b>	94	31,54%	39,50
15	<b>Internet</b>	71	23,83%	59,64
16	<b>Viber</b>	69	23,15%	1,82
17	<b>Disk</b>	47	15,77%	1,75
18	<b>Snapchat</b>	46	15,44%	34,42
19	<b>Google +</b>	37	12,42%	0,58
20	<b>Rezultati</b>	35	11,74%	0,71

Iz tablice 19 vidljivo je kako je najveći broj aplikacija koji se koristi pristupom Wi-Fi mrežama, a generira podatkovni promet i nalazi se u „top“ 15 aplikacija prema količini ostvarenoga podatkovnog prometa vezan uz usluge koje ostvaruju velike količine podatkovnog prometa, generalno. Navedeno se odnosi na aplikacije YouTube (prijenos videosadržaja), Google Play Trgovinu (preuzimanje i ažuriranje aplikacija), Android OS (ažuriranje sistemskih postavki i aplikacija) i slično. Isto tako, značajno je navesti visoke pozicije aplikacija koje se odnose na isporuku informacijsko-komunikacijskih usluga za prijenos poruka (WhatsApp,

Messenger) ili društvene mreže (Facebook, Instagram) te internetske preglednike (Chrome, Internet).

Općenito, analizom ukupno ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem Wi-Fi mrežama u ovom istraživanju identificirana je činjenica da je 298 ispitanika upotrebljavalo ukupno 592 različite aplikacije koje generiraju podatkovni promet i nalaze se unutar liste 15 aplikacija prema količini ostvarenoga podatkovnog prometa. Budući da mali broj aplikacija pametnih telefona ostvaruje svoju potpunu funkcionalnost bez potrebe za prijenosom podatkovnog prometa, liste aplikacija prikazane kroz tablice 18 i 19 smatraju se referentnima za kreiranje lista najviše korištenih aplikacija pristupom pokretnim ili Wi-Fi mrežama, prema kriteriju količine ostvarenoga podatkovnog prometa.

Što se tiče ostvarenoga podatkovnog prometa aplikacija pametnih telefona ispitanika koji su sudjelovali u istraživanju, tablica 20 daje pregled aplikacija koje su, sumarno za cjelokupni uzorak, generirale najveće količine podatkovnog prometa korištenjem isključivo pokretnim mrežama.

Tablica 20: Sumarni pregled aplikacija pametnih telefona s najvećim količinama generiranoga podatkovnog prometa korištenjem isključivo pokretnim mrežama

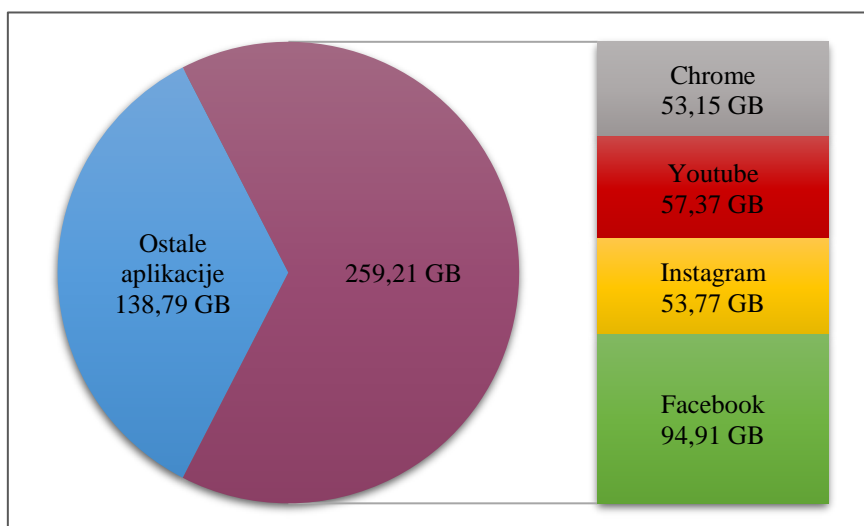
R.Br.	Naziv aplikacije	Ostvareni podatkovni promet (GB)
1	Facebook	94,91
2	Youtube	57,37
3	Instagram	53,77
4	Chrome	53,15
5	Trgovina Google Play	13,05
6	Dijeljenje i mobilna pristupna točka	9,92
7	Internet	9,61
8	Uklonjene aplikacije	9,34
9	WhatsApp	5,15
10	Android OS	5,09
11	Messenger	4,62
12	Preglednik	4,32
13	Snapchat	4,08
14	Usluge za Google Play	2,76
15	Google usluge	2,55
16	Aplikacija Google	2,54
17	9 GAG	2,46
18	Karte	2,41
19	Riječalica 2	2,40
20	24sata	1,92
<b>UKUPNO</b>		<b>341,43</b>

Kao što je prikazano u tablici 20, najveće količine ostvarenoga podatkovnog prometa generiraju aplikacije koje se i prema dosadašnjim analizama najviše upotrebljavaju kod

sudionika istraživanja. Stoga je značajno naglasiti aplikacije društvenih mreža (Facebook i Instagram), pregled videosadržaja (YouTube) te internetske preglednike (Chrome i Internet).

Kako je i navedeno ranije u tekstu, unutar promatranog razdoblja korisnici su generirali ukupno 398 GB podatkovnog prometa korištenjem pokretnim mrežama. Isto tako, 20 aplikacija s najvišom ostvarenom količinom podatkovnog prometa ukupno su ostvarile 341,43 GB podatkovnog prometa što čini 85,78 % od ukupno ostvarenoga podatkovnog prometa. Analizirajući udio četiriju aplikacija s najvećim količinama generiranoga podatkovnog prometa (Facebook, YouTube, Instagram, Chrome) u cjelokupno ostvarenom podatkovnom prometu od strane svih aplikacija sudionika istraživanja, vidljivo je te prikazano na grafikonu 51 da navedene aplikacije generiraju 259,21 GB podatkovnog prometa odnosno 65,12 % od ukupno ostvarenoga podatkovnog prometa upotrebom pokretnih mreža.

Grafikon 51: Udio aplikacija Chrome, Youtube, Instagram i Facebook u ukupno ostvarenom podatkovnom prometu sudionika istraživanja, korištenjem pokretnim mrežama



Značajna količina ostvarenoga podatkovnog prometa od strane nekoliko navedenih aplikacija prikazanih na grafikonu 51 ne čudi s obzirom na sve pokazatelje o intenzitetu korištenja istoimenim aplikacijama, kao i vrsta informacije koja se prenosi (videozapisi, fotografije) sa značajnom količinom podataka koje takva vrsta informacije sadrži.

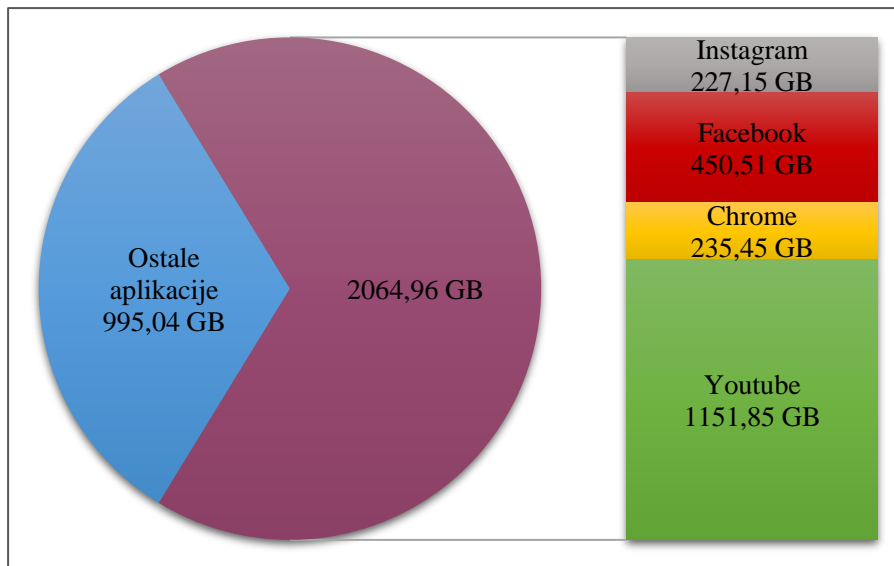
Što se tiče ostvarenoga podatkovnog prometa aplikacija pametnih telefona korištenjem Wi-Fi mrežama, odnosno količine prebačenoga podatkovnog prometa, detalji prema aplikacijama vidljivi su u tablici 21. Kao što je već ranije poznato, ukupna količina podatkovnog prometa prebačenog s pokretne na Wi-Fi mrežu znatno je veća od količine ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem pokretnim mrežama.

Tablica 21: Sumarni pregled aplikacija pametnih telefona s najvećim količinama prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže

R.Br.	Naziv aplikacije	Ostvareni podatkovni promet (GB)
1	<b>Youtube</b>	1151,85
2	<b>Facebook</b>	450,51
3	<b>Chrome</b>	235,45
4	<b>Instagram</b>	227,15
5	<b>Trgovina Google Play</b>	195,34
6	<b>Twitch</b>	60,77
7	<b>Internet</b>	59,64
8	<b>Showbox</b>	55,45
9	<b>Uklonjene aplikacije</b>	39,50
10	<b>WhatsApp</b>	34,79
11	<b>Snapchat</b>	34,42
12	<b>Android OS</b>	33,83
13	<b>Show Box</b>	21,33
14	<b>Preglednik</b>	18,92
15	<b>µTorrent</b>	18,22
16	<b>Deezer</b>	14,94
17	<b>Google Play</b>	12,99
18	<b>Google usluge</b>	12,84
19	<b>Netflix</b>	12,71
20	<b>Video Player</b>	12,43
<b>UKUPNO</b>		<b>2703,07</b>

Na temelju informacija navedenih u tablici 21 vidljive su aplikacije koje generiraju značajnu količinu podatkovnog prometa korištenjem Wi-Fi mrežama, a koje se pojavljuju i kod generiranja podatkovnog prometa korištenjem pokretnim mrežama. Kako je i navedeno ranije u tekstu, unutar promatranog razdoblja korisnici su generirali ukupno 3060 GB podatkovnog prometa korištenjem Wi-Fi mrežama (količina prebačenoga podatkovnog prometa). Isto tako, 20 aplikacija s najvišom ostvarenom količinom podatkovnog prometa ukupno su ostvarile 2703,07 GB podatkovnog prometa što čini 88,33 % od ukupno ostvarenoga podatkovnog prometa svih aplikacija korištenjem Wi-Fi mrežama.

Grafikon 52: Udio prebačenoga podatkovnog prometa aplikacija Instagram, Facebook, Chrome i Youtube u ukupnoj količini prebačenog podatkovnog prometa sudionika istraživanja



Analizirajući udio četiriju aplikacija s najvećim količinama generiranoga podatkovnog prometa korištenjem Wi-Fi mrežama (Instagram, Facebook, Chrome i Youtube) u cjelokupno ostvarenom podatkovnom prometu od strane svih aplikacija sudionika istraživanja, vidljivo je te prikazano na grafikonu 52 da navedene aplikacije generiraju 2064,96 GB podatkovnog prometa odnosno 67,48 % od ukupno generiranoga podatkovnog prometa korištenjem Wi-Fi mrežama, dok sama aplikacija YouTube ostvaruje 37,64 % od ukupno generiranoga podatkovnog prometa korištenjem Wi-Fi mrežama.

# 6 Model za definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže

Razvijeni model prikazan u šestom poglavlju uključuje opis potrebnih te korištenih zavisnih i nezavisnih varijabli te prikazuje mogućnosti primjene regresijske analize nad prikupljenim podacima u sklopu istraživanja. Nadalje, dan je opis značajki korištene matematičke metode ordinalne logističke regresije kao podskupa logističke regresije. U tom vidu definirane su značajke kao što su izgledi, omjer izgleda i parametri specifični za postupak validacije modela zasnovanog na upotrebi metode ordinalne logističke regresije. Detaljno je specificiran postupak određivanja zavisnih i nezavisnih varijabli u postupku razvoja modela. U tom vidu utvrđeni su kriteriji određivanja zavisne varijable istraživanja te koraci kojima su određene nezavisne varijable sa značajnim utjecajem na zavisnu varijablu. Osim interpretiranih omjera izgleda i vezanih parametara, na kraju poglavlja definirani su obrasci ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Navedeni obrasci temelje se na izračunatim vjerojatnostima da korisnik određenih karakteristika koje su definirane kao značajne pripada određenoj kategoriji korisnika. Segmentacija korisnika načinjena je prema količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže.

## 6.1 Odabir matematičke metode za razvoj modela u istraživanju

Adekvatna analiza skupa prikupljenih i združenih podataka opisanih u prethodnom poglavlju nužno označava primjenu odgovarajuće matematičke metode. Na temelju karakteristika prikupljenih podataka i ostvarenja cilja ove doktorske disertacije izbor matematičke metode za potrebe razvoja matematičkog modela svoje uporište temelji na definiranju sljedećih značajki:

- zavisna varijabla u istraživanju je ordinalna kategorijska varijabla<sup>10</sup> (skup mogućih alternativa)
- nezavisne varijable u istraživanju predstavljaju attribute (značajke) korisnika
- vrijednosti i izbor nezavisnih varijabli utječu na predviđanje zavisne varijable
- određuje se vjerojatnost pojave određene zavisne varijable

Logistička regresija, kao dio šire klase modela diskretnog odabira, predstavlja matematički model koji se upotrebljava za analizu kategorijskih podataka. Kategorijski podaci u ovom radu predstavljaju količine prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže, detaljno objašnjeni u nastavku teksta. Logistička regresija se upotrebljava za predviđanje kategorijskih izlaza, bez obzira na tip ulaznih varijabli. Logistička je regresija vjerodostojna statistička tehnika koja se upotrebljava kada je zavisna varijabla kategorijska varijabla i kada su nezavisne varijable metričke ili nemetričke. Karakteristike korisnika (nezavisne varijable) prikupljene anketnim upitnikom u ovom radu metričkih su i nemetričkih vrijednosti, što je u skladu sa značajkama logističke regresije.

Ordinalna logistička regresija (ili ordinalni logit model) upotrebljava u slučajevima kad je zavisna varijabla ordinalna. Nezavisne varijable mogu biti i nominalne i kvantitativne, pri čemu u logističkoj regresiji ne postoje pretpostavke o distribuciji kvantitativnih varijabli. Dodatno, model ordinalne logističke regresije omogućava istraživačima da analiziraju istovremeni utjecaj nekoliko nezavisnih varijabli na zavisnu varijablu [208]. U odnosu na standardnu binarnu logističku regresiju gdje je zavisna varijabla binarna (da/ne), ordinalna logistička regresija omogućava uključivanje ordinalne varijable kao zavisne [209]. Kako navodi [210], ordinalnom logističkom regresijom modelira se (tj. procjenjuje) vjerojatnost nekog događaja, a ne određena vrijednost zavisne varijable. Navedeno je u skladu sa zahtjevima usmjerenih ostvarenju cilja ovog rada.

S obzirom na karakteristike prikupljenih podataka, cilj rada i na temelju definiranih kriterija odabrana matematička metoda koja zadovoljava potrebne uvjete jest ordinalna logistička regresija, koja pripada skupu metoda logističke regresije kao dio šire klase modela diskretnog odabira. Detalji, karakteristike i primjena ordinalne logističke regresije za razvoj modela bit će pojašnjeni u nastavku rada.

### 6.1.1 Modeli diskretnog odabira

Modeli diskretnog izbora, koji se nekad nazivaju i modeli kvalitativnog ishoda, dio su šire klase modela u kojima je zavisna varijabla pod nekim vidom ograničenja. Oni oslikavaju situaciju u kojoj donositelj odluke treba izabrati jednu alternativu iz konačnog skupa alternativa.

---

<sup>10</sup> varijable koje se koriste ovom ljestvicom imaju uređene kategorije, ali je razlika između kategorija nepoznata

Donositelji odluke mogu biti ljudi, domaćinstva, tvrtke ili bilo koja druga jedinica za donošenje odluke, dok alternative mogu predstavljati konkurentne proizvode, pravce djelovanja ili bilo koje druge opcije ili jedinice među kojima može biti donesen izbor [210].

Svaki od donositelja odluke  $n$  suočava se sa skupom alternativa  $i$  između kojih se treba opredijeliti, odnosno izabrati samo jednu alternativu. Skup alternativa prethodno je definiran od strane istraživača i okarakteriziran na sljedeći način:

1. alternative moraju biti međusobno isključive iz perspektive donositelja odluke – izbor jedne alternative implicira da ostale nisu izabrane
2. skup alternativa mora biti iscrpan u smislu da su sve moguće alternative uključene
3. broj alternativa mora biti konačan.

Uz pretpostavku da posjeduju savršene informacije, svaki od donositelja odluke  $n$  opredjeljuje se za alternativu koja mu osigurava najveću osobnu korist. Alternative same po sebi ne proizvode korist, već je ona izvedena iz njihovih atributa i atributa donositelja odluke. Iako se na prvi pogled može činiti nejasnim zašto se uključuju atributi donositelja odluke kada oni nisu odlika alternative, razlog je taj što oni vrše različit utjecaj na osobu za odabir alternativa.

Međutim, istraživač, koji je promatrač sustava, nema cjelokupnu informaciju o svim elementima koje donositelj odluke  $n$  razmatra ili nije u mogućnosti utvrditi neke od ovih elemenata. Zbog toga se korist koju donositelj odluke može ostvariti od alternative  $i$ ,  $U_{ni}$ , dekomponira na sljedeći način:

$$U_{ni} = V_{ni} + \varepsilon_{ni}, \quad (1)$$

gdje je:

$V_{ni}$  – dio koji istraživač opaža: mjerljivi sistematski dio ili reprezentativna korist,

$\varepsilon_{ni}$  – dio koji istraživač ne opaža: slučajni ili neopaženi dio.

Reprezentativna korist u funkciji je izmjerenih atributa alternative  $i$  donositelja odluke. Uglavnom ima linearnu formu s uključenom konstantom (izraz 2) koja podrazumijeva da ne postoji interakcija među atributima, kako slijedi:

$$V_{ni} = \alpha_i + x_n \cdot \beta_i, \quad (2)$$

gdje je:

$\alpha_i$  – konstantni član za alternativu  $i$  (*intercept, constant*),

$x_n$  – vektor promjenljiv za korisnika  $n$ ,

$\beta_i$  – vektor regresijskih koeficijenata promjenljivih za alternativu  $i$  (*regression coefficient, coefficient, parameter estimate*).

Konstanta  $\alpha_i$  i regresijski koeficijenti  $\beta_i$  nisu unaprijed poznati, već se procjenjuju usklađivanjem modela s prikupljenim podacima. S druge strane, slučajni dio koristi omogućava da se opišu dvije evidentne „neracionalnosti“ u ponašanju: 1. dva donositelja odluke s istim atributima koji se suočavaju s istim skupom alternativa mogu odabrati različite opcije; 2. neki



donositelji odluke neće izabrati najbolju alternativu (s točke gledišta istraživača, tj. na osnovi atributa koje on smatra reprezentativnim).

Prikazana definicija potpuno je uopćena, jer se slučajni dio koristi definira kao jednostavna razlika između stvarne i reprezentativne koristi, odnosno u mnogočemu ovisi o specifikaciji reprezentativne koristi. Stoga je evidentan značaj pravilnog identificiranja atributa koji utječu na odluku te njihovog uključivanja u model. Da bi se predvidjelo hoće li alternativa biti izabrana, vrijednost njene koristi mora se usporediti s vrijednostima koristi ostalih alternativa i transformirati u vjerojatnost od 0 do 1. Pritom, ljestvica kojom se mjere koristi proizvoljna je i važne su samo razlike u koristima, a ne i njihove apsolutne vrijednosti. Do sada je najviše korišteni model diskretnog izbora *logit* model. Razlog njegove velike primjene leži u činjenici da formula vjerojatnosti ima zatvorenu formu, kao i da je jednostavan za interpretaciju [210]. U nastavku teksta bit će objašnjeni detalji korištene regresijske analize i *logit* modela (logističke regresije).

### 6.1.2 Logistička regresija

Logistička regresija, kao statistički alat, upotrebljava se u istraživačkim problemima koji uključuju kategorijsku zavisnu varijablu. Ista je jako robusna regresijska metoda, jer zahtijeva minimalan skup temeljnih pretpostavki. Rezultat je širok raspon primjene, kako u znanstvenim krugovima, tako i u kontekstu prakse. Logistička regresija upotrebljava se za predviđanje zavisne varijable na osnovi vrijednosti nezavisnih varijabli, rangiranje nezavisnih varijabli prema važnosti te procjenu efekta interakcije varijabli.

Regresijsku analizu u kojoj je zavisna varijabla kategorijska zovemo logistička regresija. Logistička regresija najčešće se upotrebljava kada relacija između zavisne i nezavisne varijable nije linearna. Ista je pogodna za rješavanje problema kada su u pitanju demografske varijable, jer su one uglavnom kategorijske (bračni status, zanimanje, lokacija, itd.). Problemi ove vrste mogu se riješiti i preko višestruke linearne regresije, tako što bi dvije vrijednosti varijable obilježili s dvama cijelim brojevima, obično s 0 i 1. Time se dobiva regresijski model koji bi mogao predvidjeti vrijednost zavisne varijable, zajedno s regresijskim koeficijentima, koji bi pokazivali relativni utjecaj svake nezavisne varijable. Ipak, logistička odnosno *logit* regresija adekvatnije je rješenje, jer bismo vrlo lako mogli dobiti vrlo loš model.

Logistička regresija omogućuje ostvarenje dvaju istraživačkih ciljeva:

- identificiranje nezavisnih varijabli koje utječu na grupno članstvo u zavisnim varijablama
- uspostavljanje klasifikacijskog sustava baziranog na logističkom modelu za određivanje grupnog članstva.

Logistička se regresija razlikuje od linearne u tome što zavisna varijabla ne može biti kontinuirana. Također, u ovaj doktorskoj disertaciji će se vidjeti da povećanje nezavisne varijable za jednu jedinicu kazuje koliki je omjer izgleda za prelazak zavisne varijable iz jedne kategorije u drugu. Potrebno je izvršiti određenu vrstu matematičke transformacije da bi se dobio logistički regresijski model što će biti prikazano u nastavku teksta.

### 6.1.2.1 Logistički regresijski model

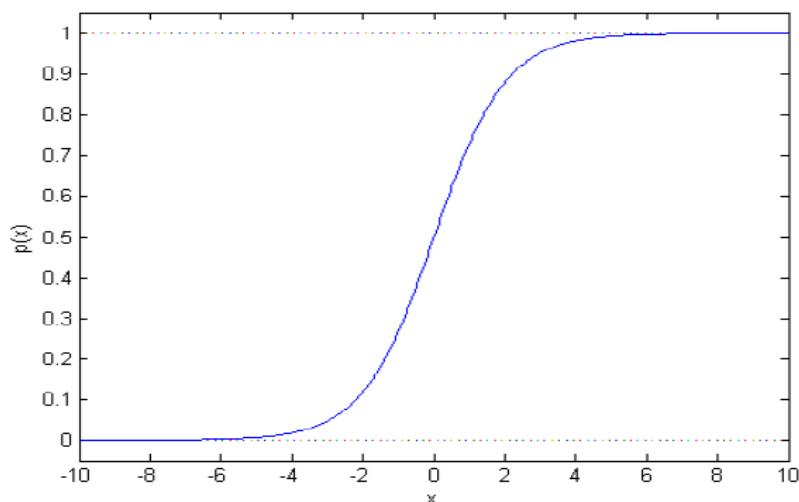
Osnovna ideja logističke regresije jest koristiti se mehanizmom već razvijenim za linearnu regresiju modeliranjem vjerojatnosti  $p$ . Na ovom će se primjeru promatrati regresijski model sa zavisnom dihotomnom varijablom. Relacija između zavisne i nezavisne varijable stoga je nelinearna. Cilj je linearizirati takav model.

Neka je:

$$p: R \rightarrow (0,1), p(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}. \quad (3)$$

Tu funkciju zovemo logistička funkcija. Graf je S-krivulja (grafikon 53). Kako poprima samo vrijednosti između 0 i 1, pogodna je za modeliranje raznih problema u biologiji, matematici, kemiji, ekonomiji, statistici, itd. S-krivulja formirana pomoću logaritamske transformacije predstavlja vjerojatnost pojave događaja. „S“ oblik je nelinearan, jer vjerojatnost pojave događaja mora biti približno 0 ili 1, ali nikada ne prelazi navedene granice.

Grafikon 53: Krivulja logističke funkcije, [211]



Dakle,  $p(x)$  gledamo kao vjerojatnost nekog događaja. Neka je kao u relaciji (4):

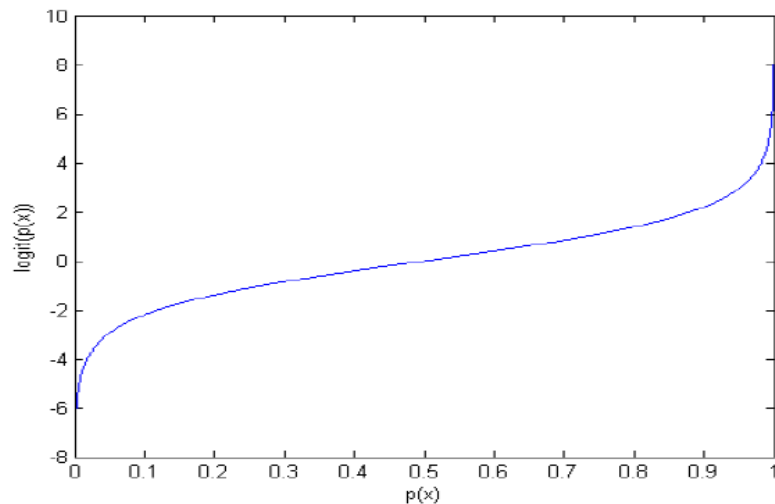
$$odds(x) = \frac{p(x)}{1 - p(x)}. \quad (4)$$

Logit funkcija inverzna je funkcija od logističke funkcije:

$$logit(p): (0,1) \rightarrow R, \quad logit(p(x)) = \ln \frac{p(x)}{1 - p(x)}. \quad (5)$$

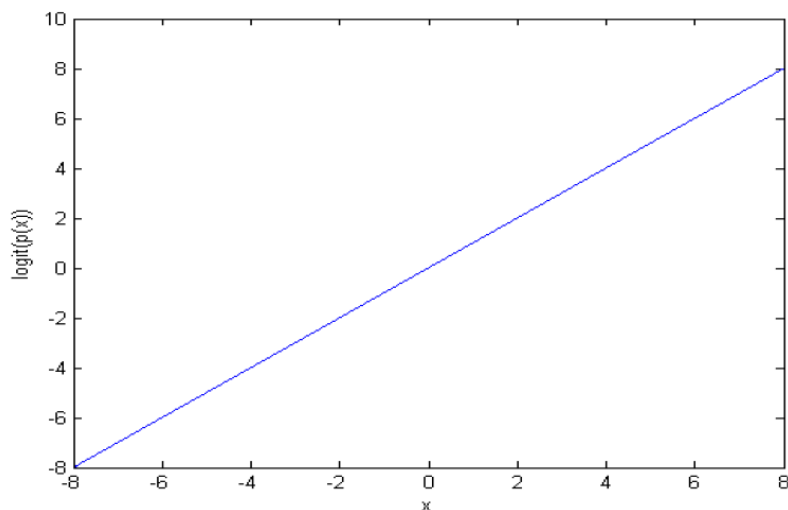
Navedena funkcija raspoređuje vjerojatnosti preko cijelog skupa realnih brojeva  $R$ , a njezin graf vidljiv je na grafikonu 54.

Grafikon 54: Krivulja *logit* funkcije, [211]



Transformacijom  $\frac{p(x)}{1-p(x)}$  odnosno *odds*( $x$ ), miče se gornja granica, a logaritmiranjem donja. Pripadna transformacija zove se „logit transformacija“ te je iz nelinearne relacije (grafikon 53) dobivena linearna relacija, prikazana na grafikonu 55.

Grafikon 55: Dobivena linearna relacija logit transformacijom, [211]



Dakle, dobiveni logistički regresijski model izgleda:

$$\text{logit}(p(x)) = \ln(\text{odds}(x)) = \beta_0 + \beta_1 \cdot x. \quad (6)$$

Model je sličan linearnom regresijskom modelu, ali raspodjela je binomna, a ne normalna. Koeficijenti (logistički)  $\beta_0$  i  $\beta_1$  ne određuju se pomoću metode najmanjih kvadrata, već pomoću metode maksimalne vjerodostojnosti.

U izrazima 5 i 6  $\ln$  predstavlja prirodni logaritam. Radi jednostavnosti, izraz se čita kao „logit vjerojatnosti“, „ $\ln$  izgleda“ ili „logaritam izgleda“. Budući da vjerojatnost događaja varira u vrijednostima između 0 i 1, logaritam izgleda ili *logit* varirat će od  $-\infty$  do  $+\infty$  [212].

Iz relacija (9) i (11) slijedi da su izgledi jednaki:

$$\text{odds}(x) = \frac{p(x)}{1-p(x)} = e^{\beta_0 + \beta_1 x}. \quad (7)$$

Na temelju navedenog slijedi kako je vjerojatnost pojave nekog događaja jednaka:

$$p(x) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x}}. \quad (8)$$

Model s više prediktora (nezavisnih varijabli)  $x_1, x_2, \dots, x_k$  jest kako slijedi:

$$\text{logit}(p(x)) = \ln(\text{odds}(x)) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k. \quad (9)$$

*Logit* je prirodni logaritam izgleda (*log odds*) te ukoliko eksponenciramo *logit* funkciju, tj. operacijom  $\exp(\text{logit})$  dobivamo izgled nekog događaja. U tablici 22 prikazane su tipične vrijednosti vjerojatnosti i izgleda te vezane logaritmirane vrijednosti.

Tablica 22: Tipične vrijednosti vjerojatnosti pojave nekog događaja, izgleda pojave događaja i prirodnog logaritma izgleda događaja

Vjerojatnost ( $p$ )	Izgledi ( $odds$ )	Logit-prirodni logaritam izgleda [ $\ln(odds)$ ]
0,00	0,000	<sup>-11</sup>
0,10	0,111	-2,197
0,30	0,428	-0,847
0,50	1,000	0,000
0,70	2,333	0,847
0,90	9,000	2,197
1,00	Nemoguće izračunati	

S *logit* vrijednostima dobivamo graničnu varijablu koja može imati obje vrijednosti, i pozitivnu i negativnu, te uvijek može biti transformirana u vrijednosti vjerojatnosti događaja u intervalu od 0 do 1.

Ukoliko je poznata vjerojatnost uspjeha ili ostvarenja nekog događaja, izgledi navedenog događaja predstavljaju kvocijent vjerojatnosti uspjeha i vjerojatnosti neuspjeha tog događaja. Upotrebom funkcije prirodnog logaritma izgleda, dobiva se iznos funkcije *logit*, odnosno logaritam izgleda. Navedeni proces naziva se „transformacija unaprijed“ (*forward transformation*) – s vjerojatnosti do izgleda i logaritma izgleda događaja te je detaljnije prikazana u tablici 23.

Tablica 23: Transformacija unaprijed logističke regresije

Transformacija	Vjerojatnost	Izgledi	Logit ili logaritam izgleda
Unaprijed	$p(x)$	$\frac{p(x)}{1-p(x)}$	$\ln \frac{p(x)}{1-p(x)}$

<sup>11</sup> Nije definirano

Izgledi uspjeha ili ostvarenja nekog događaja mogu se izračunati eksponenciranjem vrijednosti dobivene *logit* funkcijom. Kako bi se izgledi dalje transformirali do vjerojatnosti uspjeha ili ostvarenja događaja, potrebno je podijeliti izgled sa zbrojem jedinice i izgleda. Navedena transformacija naziva se „transformacija unatrag“ (*transformation backward*) i detaljnije je prikazana u tablici 24.

Tablica 24: Transformacija unatrag logističke regresije

Transformacija	Logit ili logaritam izgleda	Izgledi	Vjerojatnost
Unatrag	$\ln \frac{p(x)}{1 - p(x)}$	$odds = e^{logit}$	$p(x) = \frac{odds(x)}{1 + odds(x)}$

### 6.1.2.2 Ordinalna logistička regresija

Zavisna kategorijska varijabla u logističkoj regresiji često je dihotomna, tj. ima samo dvije kategorije. Takva logistička regresija zove se i „binarna logistička regresija“. Primarna zadaća takve regresije jest procijeniti omjer izgleda prelaska zavisne varijable iz jedne kategorije u drugu, uz određen pomak nezavisne varijable. Općenitiji je slučaj kada je zavisna varijabla dana s više kategorija: ordinalna ili nominalna. U odnosu na standardnu binarnu logističku regresiju gdje je zavisna varijabla binarna (da/ne), ordinalna logistička regresija omogućava uključivanje ordinalne varijable kao zavisne [209]. Cilj ordinalne logističke regresije je, kao i kod svih regresijskih analiza, pronaći model koji je najbolje prilagođen podacima, odnosno najekonomičniji, ali ipak prihvatljivi model koji opisuje vezu između jedne zavisne i skupa nezavisnih varijabli koji ju opisuju.

Kako navodi Katchova u [213], primjeri ordinalnih (redosljednih) ishoda jesu:

- sustavi rangiranja (loše, osrednje, dobro, odlično)
- mišljenja u anketnim upitnicima (potpuno se slaže, slaže se, neodređeno, ne slaže se, potpuno se ne slaže)
- zaposlenje (nezaposlen, zaposlen na određeno vrijeme, zaposlen na neodređeno vrijeme)
- rangiranja (junior, senior, veteran i sl.)
- ocjene (odličan, vrlo dobar, dobar, dovoljan, nedovoljan).

Ishodi ordinalne zavisne varijable predstavljaju kategoričke vrijednosti koje su rangirane tako da, iako su, primjerice, zapisane kao 0, 1, 2, 3, 4; razlika (udaljenost) između prve i druge varijable ne mora biti jednaka razlici (udaljenosti) između druge i treće varijable itd. Kao i kod standardne logističke regresije, a za razliku od linearne regresije, ordinalnom logističkom regresijom modelira se (tj. procjenjuje) vjerojatnost nekog događaja, a ne određena vrijednost zavisne varijable. Izgledi događaja (*odds*) mogu poprimiti bilo koju pozitivnu vrijednost, a prirodni logaritam tih izgleda (tzv. *logit* ili  $\ln(odds)$ ) može poprimiti bilo koju vrijednost iz skupa realnih brojeva. Pretpostavlja se linearna povezanost *logita* i nezavisnih varijabli [210].

Vjerojatnost dobivena *logit* modelom uvijek se nalazi u intervalu od 0 do 1, što se za vjerojatnost i zahtijeva. Kada reprezentativna korist jedne alternative raste, vjerojatnost da ona bude izabrana također raste, odnosno teži 1; i obrnuto, kada ona pada, vjerojatnost teži 0. S

obzirom na to da je zbroj vjerojatnosti izbora svih alternativa 1, povećanje vjerojatnosti izbora jedne alternative podrazumijeva proporcionalno smanjenje vjerojatnosti izbora svih ostalih, i obrnuto. Ordinalna logistička regresija je ekstenzija logističke regresije utemeljena na tzv. proporcionalnom modelu izgleda (*proportional odds model*). Ovaj model ordinalnu skalu pretvara u niz binarnih *cut* vrijednosti (broj *cut* vrijednosti uvijek je za jedan manji od broja kategorija zavisne varijable). Svaka *cut* vrijednost predstavlja prag (*threshold*) koji je potrebno prijeći da bi se prešlo iz jedne kategorije kriterija u drugu.

Vjerojatnost pripadnosti određenoj ili nižoj od određene kategorije zavisne varijable ( $P(Y \leq j)$ ) predstavlja kumulativnu vjerojatnost (*cumulative probability*) budući da je navedena vrijednost jednaka sumi vjerojatnosti pripadanja određenoj ili nižoj od određene kategorije zavisne varijable, kako slijedi:

$$P(Y \leq j) = P(Y = 1) + P(Y = 2) + \dots + P(Y = j). \quad (10)$$

Tako primjerice, zavisna varijabla „zdravstveno stanje“, predstavlja ordinalnu varijablu s četiri razine: 1 – loše, 2 – osrednje, 3 – dobro, 4 – odlično, te slijedi:

$$P(Y \leq 4) = P(Y = 1) + P(Y = 2) + P(Y = 3) + P(Y = 4), \quad (11)$$

$$P(Y \leq 3) = P(Y = 1) + P(Y = 2) + P(Y = 3), \quad (12)$$

$$P(Y \leq 2) = P(Y = 1) + P(Y = 2), \quad (13)$$

$$P(Y \leq 1) = P(Y = 1). \quad (14)$$

Ako je zavisna varijabla  $Y$  ordinalna, jedan od načina da se redoslijed modaliteta uzme u obzir jest upotreba kumulativnih vjerojatnosti, kumulativnih izgleda (*cummulative odds*) i kumulativnih *logita* [209].

Budući da navedena varijabla (zdravstveno stanje) ima četiri vrijednosti, moguće je predvidjeti vezane kumulativne izgleda: izgleda pripadnosti kategoriji 1 ili niže od kategorije 1, izgleda pripadnosti kategoriji 2 ili niže od kategorije 2, izgleda pripadnosti kategoriji 3 ili niže od kategorije 3 te izgleda pripadnosti kategoriji 4 ili niže od kategorije 4. Temeljem navedenog izgledi se nazivaju kumulativnim izgledima.

Proporcionalni modeli izgleda pretpostavljaju da su pravi regresijski koeficijenti ( $\beta$ ) jednaki u svim modelima, a jedina razlika u modelima je u *cut* vrijednostima. To znači da se procjene binarnih modela mogu ujediniti u jedan skup koeficijenata koji služe za interpretaciju rezultata.

Model je „formalni matematički prikaz realnog stanja“, odnosno on predstavlja pojednostavljenje stvarnosti. Zbog toga je nemoguće napraviti „točan“ model, model koji će u potpunosti odgovarati stvarnoj situaciji. Ipak, potrebno je ispitati koliko dobro razvijeni model opisuje realno stanje, odnosno njegovu prilagođenost (*goodness of fit*). Ispitivanje prilagođenosti modela podrazumijeva ispitivanje značajnosti modela kao cjeline te ispitivanje značajnosti pojedinačnih nezavisnih varijabli. U nastavku teksta bit će objašnjene funkcije i mogućnosti primjene pojedinih parametara koji omogućuju analizu prilagođenosti definiranog modela te pojedinih elemenata modela.

### 6.1.2.2.1 Funkcija vjerodostojnosti i devijanca

U statistici, funkcija vjerodostojnosti (*likelihood function*) predstavlja funkciju koja prikazuje koliko dobro parametri odgovaraju statistički određenom modelu. U neformalnom govoru vjerodostojnost se često poistovjećuje s vjerojatnošću. U statističkoj analizi postoji razlika između navedenih dvaju pojmova u ovisnosti o ulogama rezultata (*outcomes*) i parametara modela.

Vjerojatnost (*probability*) upotrebljava se u slučajevima prije nego su poznati podaci kako bi se opisali mogući rezultati na temelju stalnih (nepromjenjivih) vrijednosti parametara. Vjerodostojnost (*likelihood*) upotrebljava se u slučajevima kada su poznati podaci kako bi se opisala funkcija parametara za dobiveni rezultat. Vjerodostojnost govori o vjerojatnosti da se predvidi vrijednost zavisne varijable na osnovi vrijednosti koeficijenata nezavisnih varijabli.

Za potrebe definiranja značajnosti modela potrebno je usporediti rezultate predviđene modelom i stvarne prikupljene rezultate. Za navedeno se upotrebljava logaritam funkcije vjerodostojnosti (*log likelihood – LL*). Važna osobina ovog pokazatelja jest da njegova vrijednost pomnožena s brojem 2 daje varijablu koja ima  $\chi^2$  raspodjelu, s brojem stupnjeva slobode koji odgovara broju kategorija uključenih nezavisnih varijabli, uvećanih za 1 ukoliko je u model uključena i konstanta.

Prilagođenost modela u logističkoj regresiji ne testira se analizom varijance kao kod linearne regresije. U logističkoj regresijskoj analizi upotrebljava se devijanca (*deviance*) [212]. Ako je *saturirani* model (model s teoretski savršenim „poklapanjem”) dostupan, odstupanje se izračunava usporedbom procijenjenog modela sa saturiranim modelom na sljedeći način:

$$D = -2\ln\left(\frac{\text{Likelihood procijenjenog modela}}{\text{Likelihood saturiranog modela}}\right) \approx \chi^2. \quad (15)$$

Izraz devijance često je zapisan kao  $-2LL$ . Devijanca prikazuje koliko je dobro procijenjeni model prilagođen podacima, u usporedbi sa saturiranim modelom. Budući da je saturirani model idealno prilagođen podacima, moguće je postaviti sljedeći upit: „Koliko loše je model prilagođen podacima?” Ukoliko je razlika u logaritmu vjerodostojnosti (*log likelihood*) između procijenjenog i saturiranog modela mala, prilagođenost modela je dobra. Stoga, manja devijanca označava i bolju prilagođenost modela. Ideja linearnoga regresijskog modela jest minimizirati pogrešku varijance. Usporedno, ideja logističkoga regresijskog modela jest minimizirati devijancu, odnosno odrediti što manju razliku u maksimalnoj vjerodostojnosti između procijenjenog i saturiranog modela.

Dodatno, mjera procjene modela logističke regresije odgovara dvostrukoj vrijednosti logoritamske podudarnosti  $-2LL$  (*2 log likelihood*). Minimalna vrijednost za  $2LL$  je 0, što odgovara savršenom prilagođavanju (*likelihood = 1* i  $-2LL$  iznosi 0). Što je niža vrijednost  $-2LL$ , bolji je model i više je prilagođen. S aspekta logističke regresije u statističkim programskim alatima, traženju najboljeg modela pristupa se numerički, tako da se traži najmanje moguće odstupanje između opaženih i prediktivnih vrijednosti, koristeći se iterativnim računalnim metodama.

### 6.1.2.2.2 Test omjera vjerodostojnosti

Devijanca se često upotrebljava kako bi se usporedili dobiveni modeli. U tom slučaju jedan se model naziva „reducirani model“ (*reduced model*) te sadržava manji broj parametara, dok je drugi „potpuni model“ (*full model*) s većim brojem parametara. U logističkoj regresiji reducirani model zapravo predstavlja potkategoriju potpunog modela [212]. Razlika u devijanci između navedenih dvaju modela predstavlja distribuciju  $\chi^2$  testa. Navedena razlika u devijanci (G) često se prikazuje kao:

$$G = D_{\text{reducirani model}} - D_{\text{potpuni model}} \quad (16)$$

Navedeni postupak, odnosno test, poznat je kao test omjera vjerodostojnosti (*likelihood ratio test*), budući da je razlika u devijanci zapravo razlika u  $-2LL$ , koja može biti prikazana kao logaritam omjera vjerodostojnosti.

Test omjera vjerodostojnosti upotrebljava se kod usporedbe dvaju logističkih modela [214]. Izraz testa omjera vjerodostojnosti (u literaturi definiran kao: *LR*, *LRT*, *LR chi2* ili *LR  $\chi^2$* ) glasi kako slijedi:

$$LR = LRT = LR \chi^2 = -2 \ln \left( \frac{\text{Likelihood reduciranog modela}}{\text{Likelihood potpunog modela}} \right), \quad (17)$$

gdje navedeni statistički test daje varijablu s  $\chi^2$  raspodjelom, sa stupnjevima slobode koji odgovaraju razlici u broju logističkih parametara između tih dvaju modela [212], [214]. Isto tako, reducirani (jednostavniji) model predstavlja poseban slučaj potpunog modela.

Test omjera vjerodostojnosti može se prikazati razlikom u logaritmima funkcije vjerodostojnosti, odnosno u terminima devijance, kako slijedi:

$$LR = -2 \ln[\text{Likelihood reduciranog modela} - \text{Likelihood potpunog modela}], \quad (18)$$

$$LR = -2 \ln(\text{Likelihood reduciranog modela}) + 2 \ln(\text{Likelihood potpunog modela}), \quad (19)$$

$$R = G = D_{\text{reducirani model}} - D_{\text{potpuni model}} \quad (20)$$

Kod jednostavne logističke regresije s jednom nezavisnom varijablom, test omjera vjerodostojnosti uspoređuje devijancu između nultog modela (*null model*) sa samo konstantnim članom bez nezavisnih varijabli i modelom koji sadrži jednu nezavisnu varijablu. Ukoliko je test omjera vjerodostojnosti značajan, potrebno je odbaciti nultu hipotezu i zaključiti kako je model s jednom nezavisnom varijablom bolji od modela bez nezavisnih varijabli. Test omjera vjerodostojnosti može se upotrebljavati za testiranje u kojoj mjeri nezavisne varijable doprinose modelu uspoređivanjem modela koji imaju i modela koji nemaju nezavisne varijable. Značajan iznos testa označava činjenicu kako dodane nezavisne varijable doprinose boljem modelu. Moguće je koristiti se nizom različitih modela s najmanje jednom pa prema višestrukim nezavisnim varijablama. Test omjera vjerodostojnosti (*LR*, *LRT* ili *LR  $\chi^2$* ) može se



upotrebljavati u postupku odlučivanja koji je model bolje prilagođen podacima te hoće li se neke od nezavisnih varijabli zadržati ili izbaciti iz modela.

Osnovni pristup usporedbe modela prati tri koraka:

1. Ocjena nultog modela. Prvi korak jest ocijeniti nulti model, koji predstavlja osnovu za usporedbu poboljšanja u procijenjenom modelu. Najčešće korišteni nulti model je model bez nezavisnih varijabli. Logika korištenja ovim oblikom modela jest mogućnost da posluži kao osnovica prema kojoj bilo koji model, koji sadrži nezavisne varijable, može biti uspoređivan.
2. Ocjena procijenjenog modela. Ovaj model sadrži nezavisne varijable uključene u model logističke regresije. Na sreću, model će se poboljšati u formi od nultog modela i rezultirati u nižoj  $-2LL$  vrijednosti. Bilo koji broj predloženih modela može biti procijenjen (modeli s jednom, dvije i tri nezavisne varijable mogu se uzeti kao odvojeni predloženi modeli).
3. Procjena  $-2LL$  razlike. Zadnji je korak procjena statističkog značenja  $-2LL$  vrijednosti između dvaju modela (nultog modela i predloženog modela). Ako statistički testovi podržavaju značajne razlike, tada se može reći da je skup nezavisnih varijabli u procijenjenom modelu značajan za poboljšanje procjene modela.

Na sličan način, bilo koja dva predložena modela mogu se uspoređivati. U tom slučaju,  $-2LL$  razlike ( $LR \chi^2$ ) utječu na razlike u modelu zbog različitih specifičnosti modela. Na primjer, model s dvjema nezavisnim varijablama može se uspoređivati s modelom s trima nezavisnim varijablama za procjenu poboljšanja dobivenih dodavanjem jedne nezavisne varijable. U ovakvim slučajevima, jedan je model označen kao nulti model i uspoređuje se s drugim modelom.

### 6.1.2.2.3 McFaden-ov $R^2$ koeficijent

Kao dopuna  $\chi^2$  testovima, razvijeno je nekoliko mjera sličnih  $R^2$  mjerama kako bi prikazali ukupnu prilagođenost modela. Ove „pseudo”  $R^2$  mjere interpretiraju se slično kao koeficijenti determinacije u višestrukoj linearnoj regresiji.

Detaljan opis pojedinih  $R^2$  koeficijenata dao je Liu u [212], dok će za područje ovoga znanstveno-istraživačkog rada i potrebe statističkoga programskog paketa biti opisan *McFadenov  $R^2$  koeficijent*, tj. koeficijent omjera vjerodostojnosti  $R^2$ , zapisan i kao  $R_L^2$ . Navedeni koeficijent predstavlja smanjenje devijance sa saturiranog modela ( $D_m$ ) prema nultom modelu ( $D_0$ ) koji ne sadrži nezavisne varijable, prikazano izrazom 21:

$$R_L^2 = 1 - \frac{D_m}{D_0} = 1 - \frac{-2LL_m}{-2LL_0} = 1 - \frac{LL_m}{LL_0}. \quad (21)$$

U linearnim regresijskim modelima koeficijent determinacije  $R^2$  predstavlja indeks prilagođenosti modela. Analogno koeficijentu  $R^2$  u linearnoj regresiji, nekoliko „pseudo”  $R^2$  mjera upotrebljava se u logističkoj regresiji, međutim, njihova je implementacija drugačija nego kod linearne regresije. Isto tako, s obzirom na veliki broj „pseudo”  $R^2$  koeficijenata, potrebno je oprezno interpretirati svakog pojedinog [212].

#### 6.1.2.2.4 Testiranje značajnosti koeficijenata

Uz ispitivanje značajnosti modela kao cjeline, moguće je ispitati i pojedinačni značaj nezavisnih varijabli modela. Na temelju navedene mogućnosti *logit* modeli nekad se ne upotrebljavaju da bi se modelirao sustav, već upravo da bi se ispitao utjecaj jedne varijable na drugu [210]. Testiranje značajnosti koeficijenata odnosno nezavisnih varijabli modela obično uključuje formuliranje i testiranje statističkih hipoteza za određivanje jesu li nezavisne varijable u modelu značajno povezane sa zavisnom varijablom.

Kako bi se testirala statistička značajnost svake pojedine nezavisne varijable modela, upotrebljava se *Waldov test*. Postoje dva tipa *Wald testa*: *Wald  $\chi^2$  test* i *Wald test*. *Wald  $\chi^2$  test* određen je izrazom 22 i temelji se na  $\chi^2$  raspodjeli te njegove vrijednosti koriste mnogi statistički programski alati. On predstavlja omjer predviđene kvadrirane vrijednosti koeficijenta logističke regresije pojedine varijable ( $\beta_n$ ) i kvadrirane vrijednosti pripadajuće standardne pogreške (*standard error, SE*) koeficijenta.

$$\text{Wald } \chi^2 \text{ test} = z^2 = \frac{\beta_n^2}{SE^2}. \quad (22)$$

Drugi tip, *Wald test* slijedi standardnu normalnu raspodjelu, a izraz koji će se koristiti u ovom radu, razvoju modela i slijedom mogućnosti statističkog alata Stata jest kako slijedi:

$$\text{Wald test} = z = \frac{\beta_n}{SE}, \quad (23)$$

gdje je:

$\beta_n$  – vrijednost koeficijenta promatrane nezavisne varijable  $n$ ,

$SE$  – vrijednost pripadajuće standardne pogreške koeficijenta.

*Waldov test* i test omjera vjerodostojnosti vrlo su slični te se svaki od testova može smatrati relevantnim ovisno o statističkim pokazateljima koji mjere odstupanja između nulte i alternativne hipoteze [215]. Nulta hipoteza *Waldova testa* definirana je tako da su vrijednosti logističkih koeficijenata svake nezavisne varijable jednake 0. Odbacivanje nulte hipoteze ukazuje na značajnost logističkih koeficijenata pojedinih varijabli. *Waldov test* može se upotrebljavati za testiranje učinka višestrukih logističkih koeficijenata simultano, a njegova prednost je jednostavan izračun i prikaz intervala pouzdanosti. *Wald pokazatelj* testira hipotezu da je  $\beta = 0$ , odnosno da nezavisna varijabla nema utjecaja na zavisnu. Odbacivanje nulte hipoteze dovelo bi do suprotnog zaključka: da nezavisna varijabla značajno doprinosi predviđanju zavisne varijable.

Testiranje nulte hipoteze jest testiranje hipoteze da su logistički koeficijenti za sve prediktorske varijable jednaki nuli, kako slijedi:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = 0, \quad (24)$$

tj. testiranje hipoteze da su svi logistički koeficijenti osim  $\beta_0$  u modelu jednaki nuli zapravo predstavlja test upotrebljivosti modela. Ako se navedena nulta hipoteza ne odbaci, to znači da je model neupotrebljiv, jer se na osnovi podataka na nezavisnim varijablama ne postiže nikakva bolja predikcija zavisne varijable od predikcije na osnovi slučajnih brojeva.

Ukoliko je vrijednost vezanog *p-testa Wald statistike* manja od iznosa 0,05, nulta hipoteza prema kojoj je logistički koeficijent za nezavisnu varijablu jednak nuli može se odbaciti. Praktično, neodbacivanje nulte hipoteze za nezavisnu varijablu govori o tome da se varijabla kojoj odgovara taj logistički koeficijent možda može izostaviti iz skupa prediktorskih varijabli. Nakon ocjenjivanja parametara višestruke logističke regresije, potrebno je naći najbolji model, odnosno model koji najbolje opisuje zavisnu varijablu. Navedeno uključuje formuliranje i testiranje statističkih hipoteza za određivanje jesu li nezavisne varijable u modelu značajno povezane sa zavisnom varijablom, tj. utječu li značajno na ponašanje zavisne varijable.

Testira se hipoteza  $H_0$ : varijabla nije značajna, protiv alternative  $H_1$ : varijabla je značajna. Prilikom takvog testiranja treba usporediti registrirane vrijednosti rezultirajuće varijable s vrijednostima dobivenim pomoću dvaju modela, od kojih jedan sadrži, a drugi ne sadrži varijablu čija se značajnost testira. Ako su predviđene vrijednosti na osnovi modela koji sadrži tu varijablu bolje ili točnije nego vrijednosti koje su predviđene na osnovi modela koji ne sadrži tu varijablu, tada je varijabla u modelu značajna i model koji sadrži tu varijablu smatra se boljim od modela koji ju ne sadrži. Postoji mnogo načina za testiranje značajnosti parametara, a u radu i nastavku teksta koristit će se vrijednosti *p-testa*.

#### 6.1.2.2.5 Interval povjerenja nezavisnih varijabli

Interval povjerenja (pouzdanosti) nepoznatog parametra interval koji s vjerojatnošću od  $(1 - \alpha)100\%$  sadrži taj parametar, gdje je  $\alpha$  razina povjerenja. Za razinu povjerenja obično se biraju vrijednosti bliske 0: 0,1, 0,05, 0,01. Na primjer, ako je razina povjerenja 0,1, tada je pouzdanost da će nepoznati parametar biti sadržan u intervalu 90%. Interval povjerenja određen je kao: [ocijenjena vrijednost parametra – greška, ocijenjena vrijednost parametra + greška]. Kod logističke regresije intervali povjerenja nepoznatih parametara baziraju se na ocjenama koje su dobivene *Waldovim* testom (*Wald-based confidence intervals*).

Intervali povjerenja za koeficijente nezavisnih varijabli  $\beta_i$  s razinom značajnosti  $\alpha$  zadani su izrazom:  $\left[ \beta_i - z_{1-\frac{\alpha}{2}} SE(\beta_i), \beta_i + z_{1-\frac{\alpha}{2}} SE(\beta_i) \right]$ , gdje je:

$\beta_i$  – vrijednost koeficijenta neke nezavisne varijable promatranog modela, za  $i = 1, \dots, n$ ,

$SE$  – vrijednost pripadajuće standardne pogreške koeficijenta,

$z_{1-\frac{\alpha}{2}}$  – tablična vrijednost standardne normalne raspodjele za koju vrijedi  $P(|\beta_i| \leq z_{1-\frac{\alpha}{2}}) = 1 - \alpha$  za  $i = 1, \dots, n$ .

Interval povjerenja za pojedini koeficijent logističke regresije uzima u obzir i ostale nezavisne varijable modela. Za danu nezavisnu varijablu (s, primjerice, 95% povjerenja) označava se činjenica kako je 95-postotna sigurnost da „prava“ vrijednost koeficijenta logističke regresije pojedine nezavisne varijable leži između minimalne i maksimalne vrijednosti intervala povjerenja. Nadalje, interval povjerenja ekvivalentan je statistici *Waldova*

testa: ukoliko interval povjerenja uključuje vrijednost nula unutar svojeg intervala, prihvaća se nulta hipoteza koja navodi kako je koeficijent logističke regresije navedene nezavisne varijable jednak nuli, s obzirom na ostale nezavisne varijable u modelu. Prednost intervala povjerenja ilustrativnog je karaktera; omogućuje prikaz intervala unutar kojeg leži „točna” vrijednost koeficijenta promatrane nezavisne varijable [216].

### 6.1.2.2.6 Interpretacija koeficijenata

Za ocjenjivanje nepoznatih parametara kod višestruke linearne regresije upotrebljava se metoda najmanjih kvadrata, koja minimizira sumu kvadratnih odstupanja između stvarne i predviđene vrijednosti zavisne varijable. Prilikom ocjenjivanja parametara logističke regresije upotrebljava se metoda maksimalne vjerodostojnosti. Navedena metoda daje vrijednosti logističkih parametara  $\beta_i$ ,  $i = 0, \dots, n$  koje maksimiziraju vjerojatnost dobivanja definiranog skupa podataka. Metoda maksimalne vjerodostojnosti upotrebljava se kao alternativni način za pronalazak najvjerojatnijih procjena vrijednosti logističkih koeficijenata. Da bi se pronašle vrijednosti nepoznatih parametara pomoću metode maksimalne vjerodostojnosti, potrebno je naći maksimum funkcije vjerodostojnosti. Općenito vrijedi sljedeće:

Pretpostavlja se da postoji  $n$  nezavisnih opažanja  $(x_i; y_i)$ ;  $y_i \in \{0, 1\}$ ,  $i = 1, \dots, n$ . Pripadna funkcija vjerodostojnosti dana je s:

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^n [p(x_i)^{y_i} \cdot (1 - p(x_i))^{1-y_i}], \quad (25)$$

gdje je  $\beta = (\beta_0, \beta_1)$  parametar modela.

Funkcija  $x \rightarrow \ln x$  strogo je rastuća pa je dovoljno maksimizirati funkciju  $\ln(L(\beta))$ . Ta se funkcija u logističkoj regresiji zove *Log-likelihood* (LL). Navedeno se izražava i  $LL(\beta)$ . Nadalje, kada se parcijalno derivira po  $\beta_0$  i  $\beta_1$  te izraz izjednači s nulom, dobije se maksimum funkcije vjerodostojnosti.

Iz ranijeg procesa procjene zna se da su koeficijenti  $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$  zapravo mjere promjena u intervalu vjerojatnosti događaja. Međutim, logističke koeficijente teško je interpretirati u njihovoj originalnoj formi jer su izraženi u formi logaritma onda kada se upotrebljava *logit* kao zavisna mjera. Većina računalnih programa omogućava izračun eksponencijalnoga logističkog koeficijenta, koji se upotrebljava u transformaciji originalnoga logističkog koeficijenta. Na taj način, moguće je koristiti se ili originalnm ili eksponencijalnim logističkim koeficijentom za interpretaciju. Dva tipa logističkih koeficijenata razlikuju se u tome što prikazuju povezanost nezavisne varijable s dvama oblicima zavisne varijable, kao što je prikazano u nastavku u tablici 25.

Tablica 25: Različitost koeficijenata i interpretacija rezultata logističke regresije

Koeficijent logističke regresije	Interpretacija rezultata
Originalni	<i>Logit</i> (prirodni logaritam izgleda)
Eksponencijalni	Izgledi

Parametar  $\beta_0$  neophodan je za model, ali nema značaja za interpretaciju. On predstavlja vrijednost  $\ln(odds)$  kada je prediktor jednak 0.  $\beta_0$  predstavlja *Intercept* ili „početni” logaritam izgleda, odnosno *logit* za osobu ili grupu prije nego što se podaci o nezavisnim varijablama uzmu u obzir.

Za parametar  $\beta_1$  kaže se da je statistički značajan ako se on statistički značajno razlikuje od 0. Primjerice, ako je  $\beta_1$  približno jednak 0, tada nezavisna varijabla nije statistički značajna za model, jer je njezin utjecaj na zavisnu varijablu zanemariv. Vidi se da se korištenjem parametrom  $\beta_1$  ispituje postoji li statistički značajna veza između zavisne i nezavisne varijable. Preciznije, testiraju se sljedeće hipoteze:

$$H_0: \beta_1 = 0, \quad (26)$$

$$H_1: \beta_1 \neq 0. \quad (27)$$

Prvo je potrebno zadati razinu značajnosti koja daje eliminatorni prag za određivanje statističke značajnosti parametra  $\beta_1$ , tj. pripadne nezavisne varijable. Najčešća razina značajnosti je 5 %. Nakon toga se upotrebljava vrijednost *p-testa*, kao mjera odbacivanja, odnosno zadržavanja nulte hipoteze  $H_0$ . Ako je vrijednost *p-testa* manja od zadane razine značajnosti (5 %), tada se odbacuje  $H_0$  u korist alternative  $H_1$  te se određuje da je nezavisna varijabla statistički značajna, na razini značajnosti od 5 %. Ovim pristupom moguće je u daljnjoj analizi suziti izbor nezavisnih varijabli na one koje najbolje opisuju model.

Zbog načina na koji model radi, nije moguće odrediti regresijske koeficijente za sve kategorije nezavisne varijable, već se on za jednu kategoriju izostavlja, odnosno njegova vrijednost se fiksira na 0. Navedeni koeficijent smatra se referentnom kategorijom, jer se u odnosu na njega određuju ostali koeficijenti. Sa statističke točke gledanja, potpuno je nevažno koja će se kategorija odrediti kao referentna [210]. Logistički koeficijenti za pojedinu nezavisnu varijablu govore o promjeni logaritma izgleda (*logita*) koja se događa kada se određena nezavisna varijabla promijeni za jednu jedinicu pod uvjetom da su sve ostale nezavisne varijable koje su u modelu nepromijenjene.

Regresijski koeficijenti pokazuju parcijalne utjecaje nezavisnih varijabli. Za interpretaciju modela pogodno je analizirati njihove antilogaritme,  $e^\beta$ , koji pokazuju koliko puta se mijenjaju izgledi realizacije događaja s promjenom jedne jedinice nezavisne varijable. Ukoliko je navedena vrijednost manja od 1 (tj. ako je  $\beta$  manja od 0), izgledi se smanjuju, dok se u suprotnom ( $e^\beta > 1$ ,  $\beta > 0$ ) izgledi povećavaju.

## 6.2 Određivanje varijabli modela

U provođenju logističke regresije prvi je korak definiranje skupa alternativa prema pravilima definiranim ranije u tekstu rada, ali i skupa atributa za koje se očekuje da utječu na izbor. Navedeni skupovi najčešće se definiraju na osnovi teorije i prethodnih iskustava. Skup alternativa zapravo predstavlja moguće vrijednosti zavisne varijable. Skup atributa čini skup nezavisnih (objašnjavajućih) varijabli.

*Logit* modeli predstavljaju vjerojatnosne modele, pa izlaz neće biti vrijednost zavisne varijable, već vjerojatnost njenog događanja. Dalje, za svakog donositelja odluke iz uzorka suočenog sa skupom alternativa utvrde se (prikupe) vrijednosti izabranih nezavisnih varijabli kao i zavisna varijabla, tj. ishod odluke.

U definiranju skupa alternativa te skupa atributa za koje se očekuje da utječu na izbor u doktorskoj disertaciji, a i prema ranije definiranoj metodologiji, unaprijed su analizirani i identificirani relevantni čimbenici te utvrđene preferencije korisnika koji predstavljaju attribute (karakteristike) korisnika u procesu određivanja izgleda i vjerojatnosti pripadanja zavisnoj varijabli. Time je dokazana pomoćna hipoteza ovog rada koja glasi: podloga za istraživanje karakteristika korisnika pametnih telefona jesu identificirani relevantni čimbenici koji utječu na generiranje podatkovnog prometa pametnog telefona i utvrđene preferencije za prebacivanje podatkovnog prometa pametnog telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže.

U ovom radu zavisna varijabla jest kategorička (ordinalna) varijabla određena prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretne na Wi-Fi mrežu, isključivo za pametne telefone. Elementi i tipovi varijabli potrebni za razvoj modela prikazani su u tablici 26.

Tablica 26: Elementi modela i tipovi varijabli primijenjeni na model u doktorskoj disertaciji

<b>Zavisna varijabla (skup alternativa)</b>	<b>Nezavisne varijable (skup atributa)</b>
Definirane kategorije korisnika određene prema količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže.	Definirane karakteristike korisnika za koje se očekuje da utječu na izbor alternative (zavisne varijable). Identifikacija relevantnih čimbenika i utvrđivanje preferencija korisnika omogućuje određivanje skupa atributa.

Prema [210], na osnovi ovako definiranih varijabli formira se baza podataka. Dok se vrijednosti brojeva unose u svom apsolutnom iznosu, vrijednosti kategoričkih varijabli se kodiraju, tako da svaka kategorija ima svoj kodni zapis. Na primjer, za atribut „spol“ kodiranje može biti takvo da se s 1 označava muški, a s 2 ženski spol. Navedeno će biti detaljnije objašnjeno u nastavku teksta.

Tablica 27 daje prikaz elemenata u prikupljanju podataka nad kojima će se izvršiti analiza, odnosno predviđeni model logističke regresije. Time se stvara baza podataka modela navedena u tekstu gore.

Tablica 27: Prikaz elemenata baze prikupljenih podataka za razvoj modela i primjeri mogućih vrijednosti varijabli

	Određivanje zavisne varijable (podatkovni promet)	Određivanje nezavisnih varijabli (karakteristike korisnika)			
ID korisnika	Količina prebačenoga podatkovnog prometa	Spol	Pristup Wi-Fi	Upotreba Wi-Fi mreža	Ostalo
100001	1 GB	M	Da	Nikad	...
100002	2 GB	Ž	Ne	Povremeno	...
100003	3 GB	Ž	Da	Uvijek	...
...	...	...	...	...	...
	<b>Podaci iz aplikacije</b>	<b>Podaci iz anketnog upitnika</b>			

Kao što je vidljivo u tablici 27, prikupljeni podaci sudionika istraživanja odnose se na dvije glavne kategorije podataka:

1. Podaci iz aplikacije – podaci o količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih mreža na Wi-Fi mreže sudionika istraživanja. Navedeni podaci odnose se na realne količine prebačenoga podatkovnog prometa pojedinog sudionika istraživanja, odnosno na količine prometa koje su generirane pristupom Wi-Fi mrežama. Navedeni podaci prikupljeni su na temelju integrirane aplikacije pametnog telefona i detaljno su objašnjeni u prethodnom tekstu. Podaci će omogućiti kreiranje kategorija zavisne varijable.
2. Podaci iz anketnog upitnika – podaci o karakteristikama pojedinog sudionika istraživanja dobiveni na temelju njihovih odgovora iz *online* anketnog upitnika i koji su povezani s podacima o količini prebačenoga podatkovnog prometa na temelju zajedničkog ID-a. Podaci anketnog upitnika predstavljaju nezavisne varijable u razvoju modela.

### 6.2.1 Određivanje zavisnih varijabli modela

Za razliku od nezavisnih varijabli koje u *logit* modelu mogu biti i kontinuirane i kategoričke, zavisna varijabla uvijek je kategorička. Ako je zavisna varijabla nominalnog tipa, broj kategorija zavisne varijable odredit će vrstu *logit* modela koja će se upotrebljavati. Čest je slučaj da postoje samo dvije kategorije zavisne varijable (da/ne, pristaje/odustaje, i sl.) i tada se upotrebljava „binarni logit model“.

Ako postoji više od dviju kategorija zavisne varijable, upotrebljava se „model višestrukog izbora“ (*multinomial logit model*). Dodatno, ako kategorije zavisne varijable imaju prirodni poredak, treba upotrebljavati „model ordinalne regresije“. Ordinalna regresija prihvaća okvir *logit* modela i uspoređuje izgled pripadanja jednoj kategoriji s izgledima pripadanja drugoj, ali uzimajući u obzir poredak kategorija, što ju čini kvalitetnijim modelom.

U postupku definiranja zavisne varijable potrebno je, za potrebe ovog istraživanja, definirati skup alternativa koje su moguće, a odnose se na količinu prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže. U skladu s tim, određene su kategorije korisnika prema količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnog telefona, s pokretnih na Wi-Fi

mreže. Navedene kategorije korisnika predstavljaju kategoričke zavisne varijable ordinalnog tipa varijable.

Budući da količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže, prema prikupljenim podacima sudionika istraživanja varira u iznosu od 0 GB do 215 GB, očigledno je kako se ponašanja sudionika u velikoj mjeri razlikuju te je potrebno definirati korisničke kategorije. Njima će se odrediti skupine korisnika sa sličnim obrascima ponašanja prema količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnog telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže.

Kako navodi [132], raspodjela pretplatnika u različite skupine korisnika prema ostvarenom podatkovnom prometu može varirati od tržišta do tržišta, često u ovisnosti o dostupnosti i vrstama tarifnih planova. Raspodjela pretplatnika u ovom istraživanju ne može se odrediti, primjerice, na temelju dostupnih tarifnih planova i prethodnih istraživanja iz sljedećih razloga:

- velika diferencijacija tarifnih planova na tržištu mobilnih telekomunikacijskih usluga koja se odnosi na količine „uključenoga“ podatkovnog prometa unutar pojedinoga tarifnog plana
- podatkovni promet koji je „uključen“ unutar pojedinoga tarifnog plana odnosi se na količinu prometa koji se prenosi pokretnom komunikacijskom mrežom, a ne na količinu prometa koji je prebačen s pokretne na Wi-Fi komunikacijsku mrežu
- istraživanje se odnosi na količinu prebačenoga podatkovnog prometa s pokretne na Wi-Fi mrežu.

Na temelju gore navedenog, a i na temelju činjenice kako prema autorovu saznanju ne postoji standardizirani model kategorizacije korisnika prema količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže, u ovom modelu definirana je segmentacija korisnika u pet kategorija s definiranim količinama prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže, vidljiva u tablici 28.

Tablica 28: Segmentacija korisnika prema količinama prebačenoga podatkovnog prometa korištena za razvijeni model u disertaciji

Kategorija korisnika	Prebačeni podatkovni promet
Laki korisnici ( <i>Light users</i> )	< 1 GB
Srednji korisnici ( <i>Medium users</i> )	1 GB – 5 GB
Srednje teški korisnici ( <i>Medium-heavy users</i> )	5 GB – 10 GB
Teški korisnici ( <i>Heavy users</i> )	10 GB – 30 GB
Ekstremni korisnici ( <i>Extreme users</i> )	≥ 30 GB

Značajno je napomenuti kako je segmentacija korisnika u sličnim istraživanjima najčešće podijeljena u pet kategorija prikazanih u tablici 28, što je vidljivo i na primjeru istraživanja tvrtke Ericsson prikazanom u [132].

Nadalje, vrijednosti količine ostvarenoga podatkovnog prometa i količina prebačenoga podatkovnog prometa nisu ni u kom slučaju usporedive s nekim drugim istraživanjima i ne mogu se primijeniti na ovo istraživanje budući da se navedeno odnosi na različit tip pojave koja se analizira (prebacivanje podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže) te se stoga ne upotrebljavaju vrijednosti korištene u dosadašnjim istraživanjima.



Bitno je naglasiti važnost definiranja kategorija korisnika s obzirom na to da navedene predstavljaju zavisnu varijablu istraživanja te o njima značajno ovise rezultati provedenog istraživanja. Isto tako, navedene kategorije korisnika moguće je segmentirati u ovisnosti o potrebama istraživača i željama za analizom ponašanja korisnika u prebacivanju podatkovnog prometa pametnog telefona. Navedeno daje određenu modularnost samom modelu i potrebama istraživanja s obzirom na specifičnost tematike koja se analizira. Dodatno, skup alternativa (u ovom slučaju kategorija korisnika) kod ovakvih modela prethodno je definiran od strane istraživača. Drugim riječima, u ovom istraživanju upotrebljava se zavisna varijabla koja je ordinalna varijabla, „količina prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže“, s pet kategorija koje su prikazane u tablici 29.

Na temelju definiranih kategorija korisnika (zavisne varijable), a i na temelju količine prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže, pojedini korisnik, odnosno sudionik istraživanja, svrstan je u pripadajuću kategoriju, čime su definirane pripadnosti pojedinoj alternativni – kategoriji korisnika, odnosno definiranoj zavisnoj varijabli istraživanja. Primjer klasifikacije prikazan je u tablici 29 u nastavku.

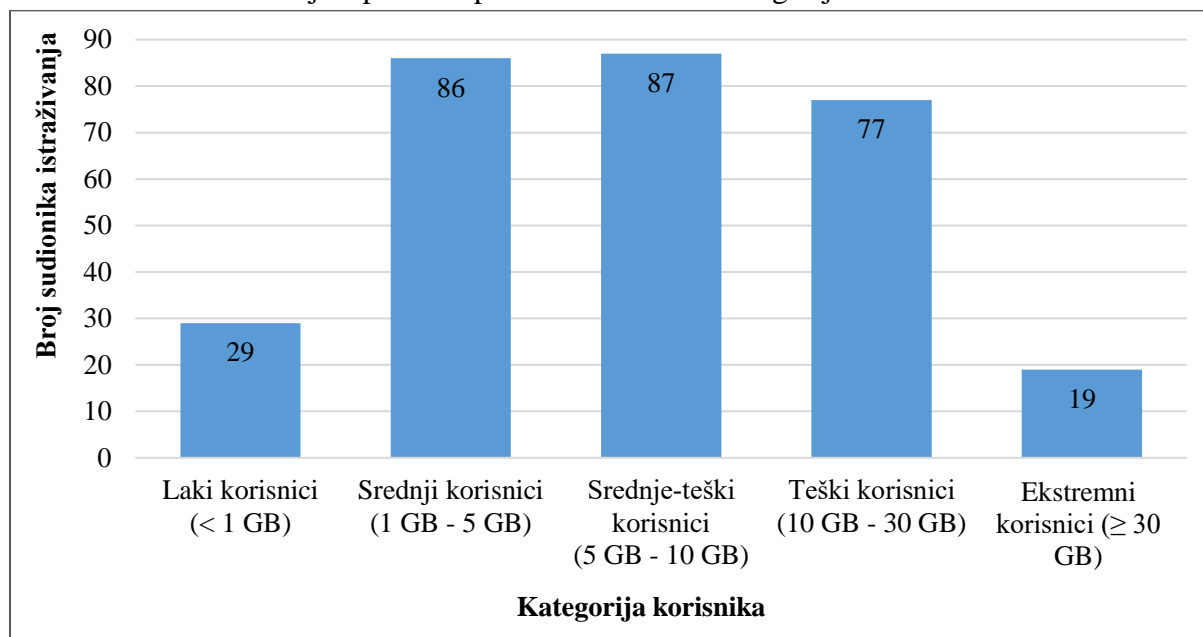
Tablica 29: Princip klasifikacije sudionika istraživanja definiranim kategorijama korisnika

ID korisnika	Količina prebačenoga podatkovnog prometa	Kategorija korisnika
100001	0,5 GB	Laki korisnici
100002	0,9 GB	Laki korisnici
100003	1,2 GB	Srednji korisnici
100004	4,3 GB	Srednji korisnici
100005	5,1 GB	Srednje teški korisnici
100006	6 GB	Srednje teški korisnici
100007	7,2 GB	Srednje teški korisnici
100008	18,7 GB	Teški korisnici
100009	23,5 GB	Teški korisnici
100010	39,7 GB	Ekstremni korisnici
100011	56,2 GB	Ekstremni korisnici
		<b>Zavisna varijabla</b>

Kao što je vidljivo u tablici 29, prikupljeni podaci o količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže sudionika istraživanja predstavljaju konkretne podatke s navedenim vrijednostima. Tablica 29 daje prikaz načina pridjeljivanja pojedinog zapisa u bazi, odnosno pojedinog sudionika u nekoj od definiranih kategorija korisnika. Navedeno označava princip određivanja kategorije korisnika kojoj pripada pojedini korisnik u sklopu ranije definiranih kategorija. Definiranih pet kategorija korisnika predstavljaju alternative pri definiranju zavisne varijable u razvoju modela, što će biti pojašnjeno dalje u tekstu.

Na temelju definirane kategorizacije korisnika prema količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretne na Wi-Fi mrežu, na grafikonu 56 prikazana je distribucija broja sudionika istraživanja ove doktorske disertacije prema pojedinoj kategoriji korisnika.

Grafikon 56: Distribucija ispitanika prema definiranim kategorijama korisnika



Kao što je moguće primijetiti na grafikonu 56, najveći broj sudionika istraživanja nalazi se u kategoriji srednje teških korisnika koji mjesečno u prosjeku prebacuju od 5 GB do 10 GB podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Slijedi ih kategorija korisnika „srednji korisnici“ koji prebacuju u prosjeku od 1 GB do 5 GB podatkovnog prometa, nakon toga slijede „teški korisnici“ s količinama prebačenog prometa od 10 GB do 30 GB. Manji je broj (29) „lakih korisnika“ koji prebacuju od 0 GB do 1 GB prometa, a najmanji je broj ekstremnih korisnika s količinama prebačenoga podatkovnog prometa jednakim ili većim od 30 GB.

Dodatno, za potrebe statističke analize programskim paketom Stata, važno je numerirati, odnosno kodirati pojedine kategorije zavisne varijable. Navedeno označava da se pojedinoj kategoriji dodjeljuje pripadajuća numerička vrijednost definirana u tablici 30.

Tablica 30: Princip numeriranja kategorije korisnika kao zavisne varijable za potrebe programskoga statističkog paketa Stata

ID korisnika	Kategorija korisnika	Numeracija
100001	Laki korisnici	0
100002	Laki korisnici	0
100003	Srednji korisnici	1
100004	Srednji korisnici	1
100005	Srednje teški korisnici	2
100006	Srednje teški korisnici	2
100007	Srednje teški korisnici	2
100008	Teški korisnici	3
100009	Teški korisnici	3
100010	Ekstremni korisnici	4
100011	Ekstremni korisnici	4
	<b>Zavisna varijabla</b>	<b>Numerirana zavisna varijabla - Stata</b>

Definirane kategorije korisnika i pripadajuće numeracije istih predstavljaju kategoričke zavisne varijable pri čemu će se definirati obrasci ponašanja korisnika koji pripadaju pojedinoj kategoriji korisnika prema količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže, što će biti prikazano u nastavku rada.

## 6.2.2 Određivanje nezavisnih varijabli modela

Korisničke alternative same po sebi ne proizvode korist, već su one izvedene iz njihovih atributa i atributa donositelja odluke. Iako se na prvi pogled može činiti nejasnim zašto se uključuju atributi donositelja odluke kada oni nisu utemeljeni na tzv. proporcionalnom modelu izgleda u odlika alternative, razlog je taj što oni vrše različit utjecaj na osobu za odabir alternativa.

U tom vidu, skup alternativa u sklopu ove doktorske disertacije analogan je definiranim kategorijama korisnika kao zavisnim varijablama, prikazanim u dosadašnjem tekstu. Na odabir pojedine kategorije, odnosno na pripadnost istoj utječu atributi donositelja odluke što je u ovoj disertaciji analogno karakteristikama korisnika, odnosno sudionika istraživanja. Tablica 31 prikazuje podatke o sudionicima istraživanja koji se odnose na karakteristike korisnika. Navedene karakteristike korisnika prikupljene su *online* anketnim upitnikom i predstavljaju moguće elemente u formiranju nezavisnih varijabli istraživanja.

Tablica 31: Primjer formiranja baze podataka s mogućnostima odabira nezavisnih varijabli istraživanja

ID korisnika	Spol	Pristup Wi-Fi	Upotreba Wi-Fi mreža	Ostalo
100001	M	Da	Nikad	...
100002	Ž	Ne	Povremeno	...
100003	Ž	Da	Uvijek	...
100004	Ž	Ne	Nikad	...
100005	M	Da	Povremeno	...
100006	M	Ne	Uvijek	...
100007	Ž	Da	Nikad	...
100008	M	Ne	Povremeno	...
100009	Ž	Da	Uvijek	...
100010	M	Ne	Nikad	...
100011	M	Ne	Povremeno	...
...	...	...	...	....
<b>Odabir nezavisnih varijabli</b>				

S obzirom na navedeno, podaci prikupljeni anketnim upitnikom predstavljaju moguće nezavisne varijable koje utječu na zavisnu varijablu. Odabir nezavisnih varijabli ovisi o istraživaču i tipu istraživanja. Nadalje, karakteristike korisnika koje ih opisuju usko su vezane uz predmet istraživanja budući da su pitanja anketnog upitnika definirana na temelju ranije identificiranih relevantnih čimbenika koji utječu na količinu generiranoga podatkovnog prometa pametnog telefona, kao i na utvrđene preferencije korisnika za prebacivanjem podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Navedena činjenica dovodi do zaključka

kako su pitanja anketnog upitnika pažljivo definirana u vidu prikupljanja podataka o karakteristikama korisnika koji utječu na količinu generiranoga i prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona. Na osnovi ovako definiranih varijabli kategoričke se varijable kodiraju, tako da svaka kategorija ima svoju šifru, što je i prikazano u tablici 32.

Tablica 32: Princip numeracije nezavisnih varijabli na primjeru varijable „Spol sudionika istraživanja“

ID korisnika	Spol	Numeracija
100001	M	0
100002	Ž	1
100003	Ž	1
100004	Ž	1
100005	M	0
100006	M	0
...	...	...
	<b>Nezavisna varijabla</b>	<b>Numerirana nezavisna varijabla – Stata</b>

Pitanje koje se uobičajeno postavlja je sljedeće: „Govori li model koji sadrži određenu nezavisnu varijablu više o zavisnoj varijabli nego model koji ne sadrži tu nezavisnu varijablu?“ Odgovor na ovo pitanje dobiva se uspoređivanjem vrijednosti zavisne varijable s predviđenom vrijednosti pomoću svakog od dvaju modela; prvi sa i drugi bez te varijable. Ako su predviđene vrijednosti na osnovi modela koji sadrži tu varijablu bolje, ili točnije u nekom smislu, nego vrijednosti koje su predviđene na osnovi modela koji ne sadrži tu varijablu, tada je ta varijabla u modelu značajna. U praksi se često javljaju situacije kada postoji više desetina nezavisnih varijabli koje mogu biti uključene u model. Zato treba odrediti odgovarajuće metode i postupke kako bi se riješili ovakvi slučajevi. Cilj bilo koje metode izbor je onih varijabli koje daju „bolji“ model za pojedini problem. Radi postizanja navedenog cilja potrebno je imati:

- plan za izbor varijabli modela
- metode za stvaranje modela koji je odgovarajući kako za pojedinačne varijable, tako i za grupu varijabli.

Kriterij za uključivanje varijabli u model može varirati od jednog problema do drugog i od jedne znanstvene discipline do druge. Stvaranje statističkog modela uključuje težnju k modelu sa što manjim brojem varijabli koje ipak objašnjavaju podatke. Obrazloženje za minimiziranje broja varijabli u modelu jest u tome da će rezultirajući model najvjerojatnije biti numerički stabilniji i da će se lakše generalizirati zaključci. Ukoliko je više varijabli uključeno u model, vrijednosti standardne devijacije postaju veće i model postaje sve više ovisan o prikupljenim podacima. Postoji nekoliko koraka koji se mogu pratiti kao pomoć pri izboru varijabli za logistički regresijski model [217].

Proces izgradnje logističkoga regresijskog modela sličan je procesu izgradnje modela linearne regresije. Prilikom ovakve analize potrebno je međusobno uspoređivanje modela i izbor modela koji najbolje objašnjava dane podatke. Takav model trebao bi imati što manje varijabli jer povećanje broja varijabli povlači sa sobom povećanje standardnih grešaka

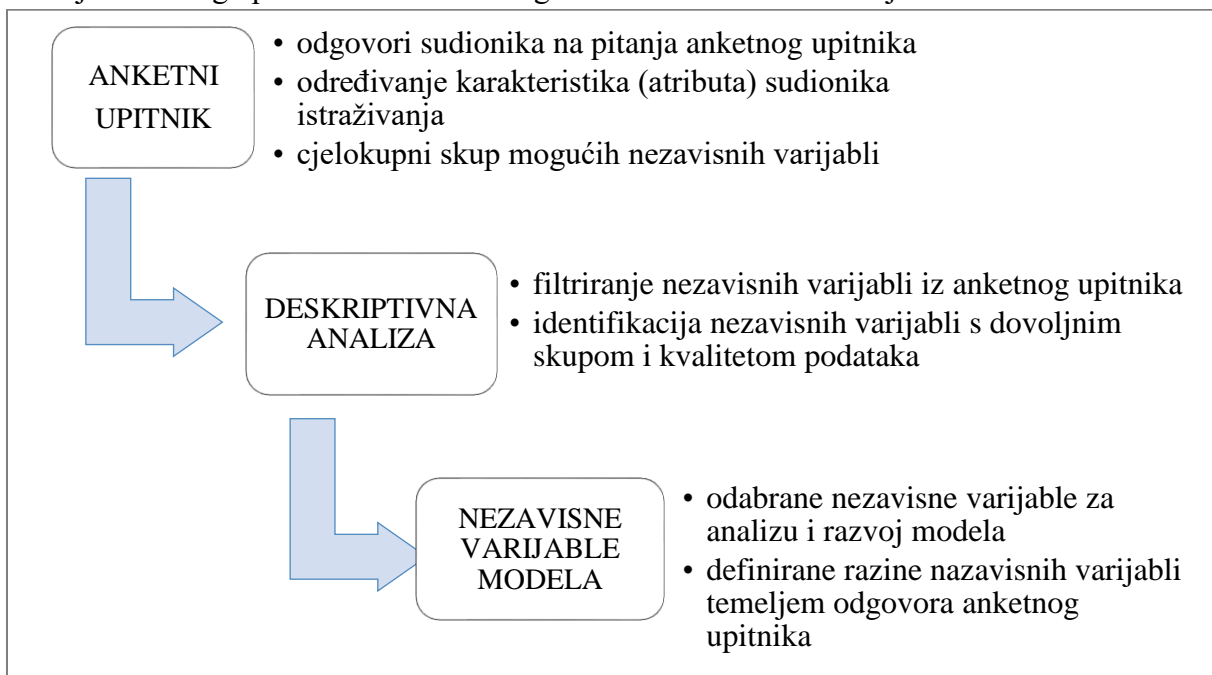
parametara, pa model postaje numerički nestabilan. Izbor varijabli koje najbolje opisuju podatke prikazat će se kroz nekoliko koraka:

1. deskriptivna analiza
2. jednodimenzionalna analiza pojedine nezavisne varijable
3. višedimenzionalna analiza koeficijentata nezavisnih varijabli

Navedeni koraci u procesu stvaranja modela i određivanja nezavisnih varijabli modela bit će objašnjeni u nastavku teksta.

### 6.2.2.1 Deskriptivna analiza

Ukoliko varijabla ima malu disperziju ili veliki broj podataka koji nedostaje, najbolje bi bilo izostaviti je iz modela. S obzirom na to da je za potrebe ovog istraživanja, kako je navedeno ranije u tekstu, korišten anketni upitnik u postupku određivanja karakteristika korisnika, navedene karakteristike korisnika predstavljaju potencijalne nezavisne varijable modela. Na temelju navedenog, slika 22 prikazuje postupak odabira nezavisnih varijabli istraživanja na temelju anketnog upitnika i dobivenih odgovora sudionika istraživanja.



Slika 22: Odabir nezavisnih varijabli za razvoj modela

Kao što je vidljivo na slici 22, postupak odabira nezavisnih varijabli počinje cjelokupnim skupom odgovora dobivenih od strane sudionika istraživanja. Navedeni odgovori predstavljaju attribute sudionika istraživanja, odnosno cjelokupni skup nezavisnih varijabli. Postupkom deskriptivne analize dobivene baze podataka filtrirano je dovoljno značajnih odgovora na temelju dostupnih skupova podataka za odabir nezavisnih varijabli istraživanja. Time su definirane nezavisne varijable koje će poslužiti kao ulazne vrijednosti u razvoju modela za definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. S obzirom na navedeno, u tablici 33 prikazane su varijable koje su deskriptivnom analizom određene kao potencijalne nezavisne varijable modela.

Tablica 33: Potencijalne nezavisne varijable i njihove (kodirane) razine dobivene na temelju odgovora anketnog upitnika sudionika istraživanja

Nezavisna varijabla	Razine nezavisne varijable
<i>x1</i> Spol	0: Muški 1: Ženski
<i>x2</i> Razina studija	0: Preddiplomski 1: Diplomski
<i>x3</i> Vlastiti prihod za vrijeme studiranja	0: Ne 1: Da
<i>x4</i> Proizvođač pametnog telefona	0: Samsung 1: Ostali
<i>x5</i> 4G mogućnost pametnog telefona	0: Ne 1: Da 2: Ne znam
<i>x6</i> <i>Prepaid / postpaid</i>	0: Prepaid 1: Postpaid
<i>x7</i> Prosječni mjesečni račun	0: < 100 kn 1: >= 100 kn
<i>x8</i> Zadovoljstvo količinom uključenih GB u tarifni plan	0: Ne 1: Da
<i>x9</i> Prosječna količina GB mobilnog Interneta uključenih u tarifni plan	0: < 1 GB 1: 1 – 2 GB 2: 2 – 3 GB 3: > 3 GB 4: Ne znam
<i>x10</i> Je li količina GB mobilnog Interneta uključenih u tarifni plan dovoljna	0: Nikad 1: Povremeno 2: Uvijek
<i>x11</i> Korištenje javnim Wi-Fi mrežama	0: Nikad 1: Povremeno 2: Uvijek
<i>x12</i> Bolja <i>QoS</i> korištenjem Wi-Fi mrežama	0: Ne 1: Da
<i>x13</i> Pristup Wi-Fi mrežama u stanu/kući	0: Ne 1: Da
<i>x14</i> Automatsko povezivanje na dostupne Wi-Fi mreže	0: Nikad 1: Povremeno 2: Uvijek
<i>x15</i> Wi-Fi pristup za smanjenje „potrošnje“ baterije	0: Ne 1: Da
<i>x16</i> Ažuriranje/update aplikacija	0: Isključivo Wi-Fi 1: I mobilna i Wi-Fi 2: Isključivo mobilna
<i>x17</i> Postavke aplikacija – korištenje samo na Wi-Fi mrežama	0: Nikad 1: Povremeno 2: Uvijek

Odabrane potencijalne nezavisne varijable prikazane u tablici 33 sadrže i podatke o mogućim razinama pojedine nezavisne varijable. Navedene razine predstavljaju mogućnosti

odabira koje su definirane anketnim upitnikom, odabrane od strane sudionika istraživanja (prema njihovim karakteristikama) i numerirane (kodirane) numeričkim vrijednostima ovisno o broju razina pojedine varijable.

Navedeno numeriranje, tj. kodiranje pojedine razine nezavisne varijable nužno je za potrebe statističke analize unutar programskog paketa Stata. Pripadajuće numeriranje i podaci za daljnju analizu i razvoj modela prikazani su u tablici 34.

Tablica 34: Primjer kodiranih zavisnih i nezavisnih varijabli prema definiranim vrijednostima razina

ID korisnika	Kategorija korisnika	$x1$	$x2$	$x3$	...	$x17$
100001	2	0	0	1	...	0
100002	2	0	0	0	...	0
100003	1	1	1	1	...	0
100004	1	1	1	1	...	0
100005	0	0	0	1	...	0
100006	0	0	0	1	...	0
100007	3	0	0	1	...	0
...	0	0	1	0	...	0
N	3	0	1	1	...	0
<b>Zavisna varijabla</b>		<b>Nezavisne varijable</b>				

Kao što je vidljivo u tablici 34, definirana baza podataka za razvoj modela sastoji se od dvaju glavnih dijelova: zavisnih varijabli kao već ranije definirane kategorije korisnika te skupa odabranih nezavisnih varijabli prema postupku definiranom u tekstu gore. Svakog korisnika (prema jedinstvenom ID-u) određuje skup nezavisnih varijabli i pripadajuća zavisna varijabla.

### 6.2.2.2 Jednodimenzionalna analiza pojedine nezavisne varijable

Jednodimenzionalnom analizom testira se odnos jedne varijable sa zavisnom varijablom (ishodom), bez obzira na ostale varijable koje se javljaju u modelu. Cilj je ovakve analize priprema modela za višedimenzionalnu analizu i smanjenje broja varijabli. Ovaj je korak posebno važan ako model sadrži veliki broj varijabli.

Neophodno je ocijeniti koeficijente logističke regresije, odnosno testirati njihovu značajnost (npr. *Waldovim* testom) i ocijeniti standardne greške i intervale povjerenja. Ukoliko varijabla ne pokazuje veliki stupanj povezanosti sa zavisnom varijablom, tj. nije značajna za model, treba ju izbaciti iz modela. Za varijablu se može reći da je značajna (u okviru jednodimenzionalne analize nezavisnih varijabli) ukoliko je vrijednost *p-testa* ( $p > |z|$ ) manja od 0,25.

Za potrebe statističke analize, kako je već ranije navedeno, upotrebljavao se programski statistički alat Stata, inačice 13. U danom postupku definiranu bazu podataka korisnika s odabranim nezavisnim varijablama koje utječu na zavisnu varijablu potrebno je importirati u navedeni alat. Prikaz importiranih i kodiranih podataka nezavisnih i zavisnih varijabli nalazi se na slici 23. Statističke analize programskim alatom Stata u ovoj doktorskoj disertaciji dani su kroz prikaz sučelja i izgleda zaslona navedenog programskog alata.



sporednos	kategorija	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x17
1	2	0	0	1	1	1	0	0	1	3	2	1	1	
2	2	0	0	0	0	1	1	1	1	3	1	0	1	
3	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	
4	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	2	2	1	
5	0	0	0	1	1	1	1	0	1	2	2	0	1	
6	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	2	0	1	
7	3	0	0	1	0	1	1	1	1	0	2	0	1	
8	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	2	1	1	
9	3	0	1	1	0	1	0	0	1	0	2	1	1	
10	3	1	0	1	0	1	1	1	1	2	2	1	1	
11	4	0	0	0	1	1	1	1	1	3	1	2	1	
12	4	0	0	0	0	1	1	1	1	0	2	2	1	
13	1	0	0	1	0	1	0	0	1	3	2	1	1	
14	3	1	0	0	0	1	0	0	1	1	2	1	1	
15	2	0	0	1	1	1	0	0	1	1	2	1	1	
16	2	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2	1	1	
17	4	1	0	0	0	1	0	0	1	2	2	1	1	
18	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	2	1	1	
19	2	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2	1	1	
20	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	
21	3	0	0	1	0	1	1	1	1	3	0	2	1	
22	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	2	2	1	
23	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	0	1	
24	2	1	0	0	1	1	0	0	1	0	2	2	1	
25	2	0	1	1	1	1	0	0	1	2	2	0	1	
26	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	1	1	
27	3	0	0	0	0	1	1	1	1	3	2	1	1	
28	2	0	0	1	0	1	0	0	1	1	2	1	1	

Slika 23: Prikaz kodiranih podataka nezavisnih i zavisnih varijabli istraživanja importiranih u programski alat Stata

Kao što je vidljivo na slici 23, programski alat Stata daje mogućnost importiranja prikupljenog skupa podataka kao baze podataka koja predstavlja osnovicu daljnje statističke analize. Podaci o zavisnim i nezavisnim varijablama istraživanja kodirani su na temelju tablice 33. Značajno je naglasiti kako stupac „kategorija” predstavlja zavisnu varijablu s pet (0, 1, 2, 3, 4) korisničkih kategorija, dok su ostale nezavisne varijable zapisane nastavno na objašnjenja iz tablice 33 u obliku  $x1$ ,  $x2$ , ...  $x17$ .

U cilju prikupljanja podataka o značaju pojedinih parametara ordinalne logističke regresije za importiranu bazu podataka, programskim alatom Stata izvršena je funkcija ordinalne logističke regresijske analize. Navedena funkcija omogućuje dobivanje informacija i prikaz vrijednosti i značaja pojedinih parametara logističke regresije, kako bi se utvrdila važnost pojedine nezavisne varijable. Na taj su način promatrani parametri prikazani u tablici 33. Analiza se vršila „korak-po-korak”, tako da se analizirao samostalni utjecaj svake pojedine nezavisne varijable na zavisnu varijablu. Djelomični prikaz prikupljenih podataka nalazi se u tablici 34, dok su svi podaci dostupni u Prilogu 6 (kodirani podaci).

Cjelokupni postupak analize u programskom alatu Stata ostvaren je kroz prikaz izgleda prozora u kojem se izvršila funkcija ordinalne logističke regresije (*ologit*) nad bazom prikupljenih podataka, na primjeru varijable  $x1$ . Navedeni postupak izvršen je nad svakom nezavisnom varijablom u rasponu od  $x1$  do  $x17$ .

Naredba *ologit* u programskom alatu Stata upotrebljava se u postupku izvršenja funkcije ordinalne logističke regresije. Sintaksa funkcije ordinalne logističke regresijske analize predstavlja naredbu *ologit* koju slijede nazivi zavisne varijable, a nakon toga nezavisne varijable. Primjerice, naredba *ologit y x* označava programskom alatu Stata kako je potrebno izvršiti funkciju jednostavne ordinalne logističke regresije koja određuje izgled izvršenja



ordinalne zavisne varijable  $y$  korištenjem nezavisnom varijablom  $x$  [212]. Sintaksa naredbe *ologit* prikazana je u tablici 35.

Tablica 35: Elementi i sintaksa statističkih naredbi u programskom alatu Stata

Naredba	Zavisna varijabla	Nezavisne varijable
<i>ologit</i>	$y$	$x1, x2, \dots, xN$

Kao što je vidljivo na slici 24, u analizu je uključeno 18 varijabli (zavisna varijabla „kategorija” i 17 nezavisnih varijabli) te 298 analiziranih zapisa – cjelovitih podataka sudionika istraživanja.

```

. *(18 variables, 298 observations pasted into data editor)

. ologit kategorija x1

Iteration 0:    log likelihood = -438.05705
Iteration 1:    log likelihood = -438.01884
Iteration 2:    log likelihood = -438.01884

Ordered logistic regression              Number of obs   =       298
                                          LR chi2(1)      =         0.08
                                          Prob > chi2     =       0.7822
Log likelihood = -438.01884              Pseudo R2      =       0.0001

```

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
x1	-.0660125	.2388109	-0.28	0.782	-.5340733 .4020482
/cut1	-2.244768	.2054386			-2.64742 -1.842116
/cut2	-.4812619	.1335266			-.7429692 -.2195546
/cut3	.7273116	.1376765			.4574706 .9971526
/cut4	2.669917	.2446906			2.190332 3.149502

Slika 24: Prikaz rezultata funkcije *ologit* na prikupljenim podacima u alatu Stata

Postupak izvršenja naredbe i funkcije ordinalne logističke regresije u programskom alatu Stata definira se kako je vidljivo na slici 24 te u nastavku teksta:

*ologit kategorija x1,*

gdje je:

*ologit* – naredba za izvršenje funkcije ordinalne logističke regresije,

*kategorija* – zavisna varijabla,

*x1* – nezavisna varijabla (spol u promatranom slučaju).

Tumačenje naredbe *ologit kategorija x1* jest sljedeće: primjena funkcije ordinalne logističke regresije na skupu analiziranih podataka pri čemu je „kategorija” zavisna varijabla, dok je *x1* nezavisna varijabla na koju se poziva navedenom funkcijom. U Prilogu 7 dostupni su rezultati jednodimenzionalne analize i ostalih nezavisnih varijabli istraživanja koje su deskriptivnom analizom određene kao značajne za utjecaj na zavisnu varijablu.

Na slici 24 prikazan je cjelokupni skup parametara koji analiziraju i tumače utjecaj nezavisne varijable  $x1$  na zavisnu varijablu u programskom alatu Stata, no u ovom dijelu rada bit će objašnjeni samo neki od njih. Budući da su za potrebe jednodimenzionalne analize pojedini parametri značajniji, u tablici 36 prikazani su elementi koji će poslužiti daljnjoj jednodimenzionalnoj analizi nezavisnih varijabli.

Tablica 36: Iznosi parametara značajnih za jednodimenzionalnu analizu utjecaja pojedine nezavisne varijable na zavisnu varijablu

Varijabla	LR chi2(1)	Log likelihood	z	P >  z/
x1	0,08	-438,01884	-0,28	0,782
x2	3,93	-436,0941	-1,98	<b>0,048</b>
x3	4,84	-435,63478	-2,19	<b>0,028</b>
x4	0,26	-437,92605	-0,51	0,609
x5	0,72	-437,69793	0,85	0,397
x6	0,00	-438,05648	-0,03	0,973
x7	0,47	-437,82127	0,69	0,492
x8	1,34	-437,38578	-1,16	<b>0,247</b>
x9	1,78	-437,16666	1,33	<b>0,182</b>
x10	4,02	-436,04691	-2,00	<b>0,046</b>
x11	3,63	-436,24012	1,90	<b>0,057</b>
x12	0,02	-438,04586	0,15	0,881
x13	26,08	-425,01463	4,97	<b>0,000</b>
x14	0,18	-437,96633	-0,43	0,670
x15	1,43	-437,34414	1,19	<b>0,233</b>
x16	16,38	-429,86713	-3,98	<b>0,000</b>
x17	10,39	-432,86185	3,20	<b>0,001</b>

Za nezavisnu varijablu može se reći da je značajna (dovoljnog je stupnja povezanosti sa zavisnom varijablom) ukoliko je vrijednost  $p$ -testa ( $p > |z/$ ) manja od 0,25. U programskom alatu Stata vrijednost Wald  $z$  statistike označava se kao  $z$  te je prikazana u istoimenom stupcu. Za parametar  $p$ -test u programskom alatu Stata koristi se oznaka  $p > |z/$  te će se naizmjenično upotrebljavati termini  $p$ -test ili  $p > |z/$ .

Sukladno navedenome, u tablici 37 sivim sjenčanjem redova označene su varijable koje prema jednodimenzionalnoj analizi pojedine nezavisne varijable predstavljaju potencijalne nezavisne varijable za daljnju analizu i razvoj modela. Vrijednost  $p$ -testa pojedine nezavisne osjenčane varijable manja je od 0,25 te na taj način navedene varijable predstavljaju varijable dovoljnog stupnja povezanosti sa zavisnom varijablom.

Tablica 37: Poredak nezavisnih varijabli prema vrijednosti  $p$ -testa od najmanje prema najvećoj, nakon jednodimenzionalne analize pojedine varijable

Varijabla	LR chi2(1)	Log likelihood	z	p-test
x13	26,08	-425,01463	4,97	<b>0,000</b>
x16	16,38	-429,86713	-3,98	<b>0,000</b>
x17	10,39	-432,86185	3,20	<b>0,001</b>

$x_3$	4,84	-435,63478	-2,19	<b>0,028</b>
$x_{10}$	4,02	-436,04691	-2,00	<b>0,046</b>
$x_2$	3,93	-436,0941	-1,98	<b>0,048</b>
$x_{11}$	3,63	-436,24012	1,90	<b>0,057</b>
$x_9$	1,78	-437,16666	1,33	<b>0,182</b>
$x_{15}$	1,43	-437,34414	1,19	<b>0,233</b>
$x_8$	1,34	-437,38578	-1,16	<b>0,247</b>
$x_5$	0,72	-437,69793	0,85	0,397
$x_7$	0,47	-437,82127	0,69	0,492
$x_4$	0,26	-437,92605	-0,51	0,609
$x_{14}$	0,18	-437,96633	-0,43	0,670
$x_1$	0,08	-438,01884	-0,28	0,782
$x_{12}$	0,02	-438,04586	0,15	0,881
$x_6$	0,00	-438,05648	-0,03	0,973

Kao što je moguće vidjeti u tablici 37, prikazani parametri međusobno su korelirani. S obzirom da je poredak varijabli izvršen prema vrijednosti *p-testa* (od najmanje prema najvećoj), vidljiv je značaj i povezanost pojedine nezavisne varijable sa zavisnom varijablom. Potrebno je naglasiti kako niža vrijednost *p-testa* predstavlja jaču povezanost nezavisne varijable sa zavisnom. U skladu s navedenim, vidljiv je i poredak vrijednosti nekih od ostalih parametara prikazanih u tablici 37. Primjerice, logaritam funkcije vjerodostojnosti (*log likelihood*) te test omjera vjerodostojnosti (*LR chi2(1)*) slijede silazne odnosno uzlazne vrijednosti kao korelacija vrijednostima *p-testa*.

### 6.2.2.3 Višedimenzionalna analiza nezavisnih varijabli

Jednodimenzionalna analiza nezavisnih varijabli ignorira mogućnost da skup nezavisnih varijabli, od kojih je svaka slabo povezana sa zavisnom varijablom, može postati važan prediktor ukoliko ih se uzima zajedno u razmatranje. Višedimenzionalnom analizom bira se podskup varijabli koje najbolje opisuju dane podatke.

Nisu sve nezavisne varijable uvijek pogodne u odabiru najboljeg modela. Pitanje je kako odrediti koje nezavisne varijable najbolje opisuju zavisnu varijablu. Cilj u razvoju modela jest da je kombinacija nezavisnih varijabli što više korelirana sa zavisnom varijablom, ali isto tako da su one međusobno nekorelirane. Ako su nezavisne varijable međusobno korelirane, može doći do određenih problema. Naime, ako varijabla koja prva uđe u model objasni svu varijabilnost zavisne varijable, tada se utjecaj njoj korelirane varijable gubi. Dakle, izbor nezavisnih varijabli u modelu izuzetno je osjetljiv. Ubacivanje ili izbacivanje bilo koje varijable može značajno promijeniti jednadžbu ravnine<sup>12</sup>. Postoje dva načina kojima se može obaviti višedimenzionalna analiza – *backward* i *forward*. U nastavku rada bit će interpretirane navedene procedure te dobiveni rezultati.

<sup>12</sup> U algebarskom obliku opći oblik jednadžbe ravnine u prostoru zapisuje se kao:  $Ax + By + Cz + D = 0$

### 6.2.2.3.1 *Backward* procedura

*Backward* procedura razvoja modela i odabira nezavisnih varijabli jest tzv. eliminacija odostraga (*backward elimination*). Metoda počinje cjelokupnim modelom i eliminira iz modela varijablu po varijablu koja ima najmanji doprinos adekvatnosti modela. *Backward* procedura u vidu odabira nezavisnih varijabli podrazumijeva analiziranje modela koji uključuje sve varijable i postupno uklanjanje varijabli iz modela. Navedena tehnika zove se još i „tehnika najboljeg podskupa“. Tehnika najboljeg podskupa (*backward elimination*) predstavlja najjednostavniji postupak višedimenzionalne selekcije nezavisnih varijabli u razvoju modela. Navedena se zasniva na procjenama statističkih parametara kako bi se u obzir uzimale varijable koje su značajne za razvoj modela. Navedena tehnika sastoji se od sljedećih koraka, kako navodi [218]:

1. sve nezavisne varijable predstavljaju varijable za razvoj modela
2. uklanjanje nezavisne varijable s najvišom vrijednosti *p*-testa, ukoliko je navedena vrijednost veća od  $\alpha_{\text{kriterij}}$
3. ponovno postavljanje modela s ažuriranim nezavisnim varijablama i aktiviranje koraka br. 2
4. zaustavljanje uklanjanja nezavisnih varijabli u trenutku kada su sve vrijednosti *p*-testa manje od vrijednosti  $\alpha_{\text{kriterij}}$ .

$\alpha_{\text{kriterij}}$  ponekad se naziva parametrom i kriterijem za uklanjanje nezavisne varijable te nužno ne mora iznositi 0,05, no prema različitim izvorima kao i izvoru [212] smatra se uobičajenom referentnom vrijednosti za određivanje značajnosti, odnosno mogućnosti za odbacivanje nezavisne varijable.

Dodatnom selekcijom već ranije odabranih nezavisnih varijabli postiže se odabir optimalnih varijabli kao prediktora zavisne varijable, na temelju sljedećih zaključaka, prema [218]:

1. Podatke je potrebno objasniti na najjednostavniji mogući način – redundantne nezavisne varijable potrebno je izostaviti iz modela. Primijenjeno na regresijsku analizu navedeno označava činjenicu da model s manje nezavisnih varijabli bolje opisuje podatke.
2. Nepotrebne nezavisne varijable dodat će „šum“ predviđanjima veličina prema kojima iskazujemo interese (zavisna varijabla).
3. Uzrok kolinearnosti predstavlja veliki broj varijabli koje pokušavaju izvršiti isto predviđanje.
4. Ukoliko se model upotrebljava u vidu predviđanja neke pojave, moguće je uštedjeti vrijeme i novac ne mjereći redundantne nezavisne varijable.

Na temelju podataka dobivenih u tablici 37, višedimenzionalna analiza nezavisnih varijabli izvršena je nad nezavisnim varijablama koje su se jednodimenzionalnom analizom pokazale kao značajne. U tom vidu, daljnja analiza izvršena je uključivanjem svih navedenih varijabli u početni model i postupnim uklanjanjem varijabli te istovremenom analizom bitnih statističkih parametara u postupku razvoja modela.

Prikaz osnovnog modela s uključenim varijablama koje su se jednodimenzionalnom analizom pokazale značajnim, prikazan je na slici 25. Kao i u prethodnim primjerima, analiza je izvršena u programskom alatu Stata, a izvršenje naredbe i funkcije ordinalne logističke regresije definira se kako je vidljivo na slici 25 te u nastavku teksta:

*stepwise, pr(.05): ologit kategorija x2 x3 x8 x9 x10 x11 x13 x15 x16 x17,*

gdje je:

*stepwise* – funkcija predviđanja „korak po korak”,

*pr(.05)* – odabir backward procedure, gdje je  $\alpha_{\text{kriterij}} = 0,05$ ,

*ologit* – funkcija ordinalne logističke regresije,

*kategorija* – zavisna varijabla,

*x2, x3 ..., xN* – nezavisne varijable definirane jednodimenzionalnom analizom kao značajne.

Programski alat Stata omogućuje izvršenje funkcije tehnike najboljeg skupa nad prikupljenim podacima primjenom gore navedenog izraza, čime se vrši eliminacija „korak po korak” nezavisnih varijabli. Selekcija značajnih varijabli za daljnji razvoj modela tehnikom najboljeg podskupa (*backward elimination*) označava odabir varijable s najvišom vrijednosti parametra  $p > |z|$ , s uvjetom kako je  $\alpha_{\text{kriterij}}$  uobičajeno jednak 0,05 odnosno 5 %, što će se upotrebljavati u nastavku ovog rada. Istraživanje [218] navodi kako vrijednost  $\alpha_{\text{kriterij}}$  može iznositi i 15 – 20 %, gdje se traži širi cilj analize koja se želi postići modelom pa navedena vrijednost kriterija može biti opravdan izbor.

```
. stepwise, pr(.05): ologit kategorija x2 x3 x8 x9 x10 x11 x13 x15 x16 x17
      begin with full model
p = 0.7574 >= 0.0500  removing x8
p = 0.7024 >= 0.0500  removing x11
p = 0.6199 >= 0.0500  removing x2
p = 0.3221 >= 0.0500  removing x15
```

Ordered logistic regression	Number of obs	=	298
	LR chi2 (6)	=	64.19
	Prob > chi2	=	0.0000
Log likelihood = -405.96306	Pseudo R2	=	0.0733

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
x13	2.379751	.4499348	5.29	0.000	1.497895 3.261607
x3	-.4964411	.2155058	-2.30	0.021	-.9188247 -.0740575
x17	.331091	.1502748	2.20	0.028	.0365579 .6256242
x9	.1974707	.0895944	2.20	0.028	.0218689 .3730724
x10	-.4343987	.1614554	-2.69	0.007	-.7508455 -.1179519
x16	-.868442	.2522321	-3.44	0.001	-1.362808 -.3740761

Slika 25: Izvršenje funkcije ordinalne logističke regresije tehnikom najboljeg skupa i postupno uklanjanje nezavisnih varijabli

Na slici 25 prikazani su rezultati analize ordinalne logističke regresije tehnikom najboljeg skupa nad prikupljenim podacima na temelju nezavisnih varijabli odabranih jednodimenzionalnom analizom razvoja modela. Crvenom bojom osjenčani su dijelovi bitni za evaluaciju ovog koraka u razvoju modela.

U navedenom koraku metodom tehnike najboljeg podskupa odbačene su varijable  $x_8$ ,  $x_{11}$ ,  $x_2$  i  $x_{15}$  sukladno tehnici „korak po korak”. Kriterij jest nezavisna varijabla s najvećom vrijednosti parametra  $p > |z|$  ( $p$ -test) koja je viša od granične vrijednosti  $\alpha_{\text{kriterij}} = 0,05$ . Nakon što je pojedina varijabla odbačena, statistički parametri cjelokupnog modela kao i pojedinih nezavisnih varijabli ažurirani su, pri čemu je u ovom dijelu razvoja modela potrebno promatrati vrijednosti parametra  $p > |z|$ . Ukoliko je navedena vrijednost parametra za pojedinu nezavisnu varijablu veća od vrijednosti 0,05, spomenuta nezavisna varijabla se uklanja iz modela.

Slika 25 daje informacije o nezavisnim varijablama koje su preostale i čiji parametar  $p > |z|$  ne prelazi graničnu vrijednost od 0,05. Navedene varijable predstavljaju nezavisne varijable koje se smatraju značajnima u postupku razvoja modela višedimenzionalnom analizom nezavisnih varijabli upotrebom tehnike najboljeg pristupa. S obzirom na navedeno, značajne nezavisne varijable u daljnjem postupku razvoja i pojašnjenja modela jesu:  $x_3$ ,  $x_9$ ,  $x_{10}$ ,  $x_{13}$ ,  $x_{16}$ ,  $x_{17}$ .

#### 6.2.2.3.2 Forward procedura

Drugi način za izbor nezavisnih varijabli počinje od modela s jednom varijablom, njenom analizom, dodavanjem još jedne varijable i analizom takvog modela, itd. *Forward* procedura naziva se još i „selekcijom unaprijed“ (*forward selection*). Navedena metoda počinje bez ijedne varijable u modelu. U svakom sljedećem koraku dodaje se po jedna varijabla koja maksimizira adekvatnost modela.

Kako navodi [218], *forward* procedura ili selekcija unaprijed zapravo predstavlja postupak koji je obrnut u odnosu na *backward* proceduru te su koraci sljedeći:

1. Razvoj modela započinje bez nezavisnih varijabli u modelu.
2. Za sve nezavisne varijable koje su potencijalni element modela i nisu u modelu potrebno je provjeriti vrijednost  $p$ -testa.
3. U model se unosi nezavisna varijabla s najnižom vrijednosti  $p$ -testa, uz uvjet da je ta vrijednost manja od  $\alpha_{\text{kriterij}}$ .

Kao što je već ranije navedeno u tekstu, s obzirom na to da je  $\alpha_{\text{kriterij}}$  uobičajeno jednak 0,05 odnosno 5 %, navedeno će se upotrebljavati i u procesu razvoja modela *forward* procedurom. U skladu s time, izvršenje naredbe i funkcije ordinalne logističke regresije definira se kako je vidljivo na slici 26 te u nastavku teksta:

*stepwise, pe(.05): ologit kategorija x2 x3 x8 x9 x10 x11 x13 x15 x16 x17,*

gdje je:

*stepwise* – funkcija predviđanja „korak po korak”,

*pe(.05)* – odabir *forward* procedure, gdje je  $\alpha_{\text{kriterij}} = 0,05$ ,

*ologit* – funkcija ordinalne logističke regresije,

*kategorija* – zavisna varijabla,

$x_2, x_3 \dots, x_N$  – nezavisne varijable definirane jednodimenzionalnom analizom kao značajne.

Programski alat Stata omogućuje izvršenje funkcije selekcije unaprijed nad prikupljenim podacima primjenom gore navedenog izraza, čime se vrši odabir i unos adekvatnih nezavisnih varijabli u model tehnikom „korak po korak”. Slika 26 prikazuje rezultat izvršene funkcije ordinalne logističke regresije selekcijom unaprijed u programskom alatu Stata. Kao što je vidljivo na dijelu slike osjenčane crvenom bojom, početak analize započinje odabranim nezavisnim varijablama dobivenim već ranije spomenutom jednodimenzionalnom analizom nezavisnih varijabli, kao i kod *backward* procedure.

```
. stepwise, pe(.05): ologit kategorija x2 x3 x8 x9 x10 x11 x13 x15 x16 x17
                        begin with empty model
p = 0.0000 < 0.0500  adding  x13
p = 0.0005 < 0.0500  adding  x16
p = 0.0010 < 0.0500  adding  x10
p = 0.0262 < 0.0500  adding  x3
p = 0.0280 < 0.0500  adding  x9
p = 0.0276 < 0.0500  adding  x17
```

```
Ordered logistic regression                Number of obs   =       298
                                           LR chi2(6)      =       64.19
                                           Prob > chi2     =       0.0000
Log likelihood = -405.96306                Pseudo R2      =       0.0733
```

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x13	2.379751	.4499348	5.29	0.000	1.497895	3.261607
x16	-.868442	.2522321	-3.44	0.001	-1.362808	-.3740761
x10	-.4343987	.1614554	-2.69	0.007	-.7508455	-.1179519
x3	-.4964411	.2155058	-2.30	0.021	-.9188247	-.0740575
x9	.1974707	.0895944	2.20	0.028	.0218689	.3730724
x17	.331091	.1502748	2.20	0.028	.0365579	.6256242

Slika 26: Izvršenje funkcije ordinalne logističke regresije selekcijom unaprijed i postupno dodavanje nezavisnih varijabli

Dodavanje nezavisnih varijabli izvršeno je prema parametru i definiranoj vrijednosti  $\alpha_{\text{kriterij}} = 0,05$ . Na kraju analize dodano je ukupno šest nezavisnih varijabli:  $x_{13}, x_{10}, x_{16}, x_{17}, x_3, x_9$  poredanih prema vrijednosti *p*-testa (parametra  $p > |z|$ ) od najmanjeg prema najvećem iznosu, što je vidljivo na slici 26.

Zaključno, usporedbom rezultata dobivenih *backward* i *forward* procedurom vidljivo je kako ne postoje razlike u odabranim nezavisnim varijablama kao i u ostalim statističkim parametrima čime se potvrđuju rezultati dobiveni u postupku višedimenzionalne analize nezavisnih varijabli, a time i značajne varijable za daljnji razvoj modela.



### 6.2.2.4 Logistička diskriminativna analiza

Izdvajanje podataka značajnih za razvoj modela jedan je od važnijih postupaka u prepoznavanju obrazaca ponašanja i definiranja zaključaka na temelju istih. Logistička diskriminativna analiza (*Logistic Discriminant Analysis* – LgDA) predstavlja metodu koja prikazuje koliko su varijable diskriminativne na skupu podataka. Navedena metoda omogućuje klasifikaciju podataka s obzirom na točne vrijednosti zavisne varijable u odnosu na predviđanje s obzirom na podskup. Postupak logističke diskriminativne analize na skupu prikupljenih podataka za šest varijabli određenih kao značajne za razvoj modela ostvaruje se u programskom alatu Stata upotrebom naredbe:

*discrim logistic x3 x9 x10 x13 x16 x17, group(kategorija),*

gdje je:

*discrim logistic* – funkcija logističke diskriminativne analize,

*x3 x9 x10 x13 x16 x17* – nezavisne varijable određene kao značajne za razvoj modela,

*group(kategorija)* – grupiranje zavisne varijable „kategorija“.

Rezultat primjene logističke diskriminativne analize jest klasifikacijska tablica zamjene (*Resubstitution Classification Table, Confusion Matrix*). S obzirom na različitu raspodjelu broja ispitanika koji pripadaju pojedinoj kategoriji zavisne varijable, tablica 38 prikazuje usporedne rezultate klasifikacijske tablice zamjene u ovisnosti o definiranim težinskim koeficijentima (*priors*) s obzirom na broj pripadnika unutar određene kategorije zavisne varijable.

Tablica 38: Usporedni prikaz rezultata klasifikacijske tablice zamjene u ovisnosti o definiranim težinskim koeficijentima

Kategorija	Klasificirano					Ukupno	Klasificirano					Ukupno
	0	1	2	3	4		0	1	2	3	4	
<b>0</b>	11	10	7	1	0	29	21	3	1	1	3	29
<b>1</b>	4	45	23	13	1	86	22	30	4	8	22	86
<b>2</b>	3	34	38	12	0	87	8	28	9	9	33	87
<b>3</b>	4	21	33	17	2	77	11	14	6	11	35	77
<b>4</b>	0	1	10	7	1	19	1	1	1	1	15	19
<b>Ukupno</b>	22	111	111	50	4	298	63	76	21	30	108	298
<b>Težinski koeficijent</b>	0,10	0,29	0,29	0,26	0,06		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	

Kao što je vidljivo u tablici 38, klasifikacija podataka s obzirom na točne vrijednosti zavisne varijable u odnosu na predviđanje s obzirom na podskup ovisi o definiranim težinskim koeficijentima prema broju pripadnika određene kategorije zavisne varijable. S obzirom na navedeno, u tablici 38 plavom i sivom bojom prikazani su rezultati točno klasificiranih podataka na temelju različito definiranih težinskih koeficijenata. Tako su plavom bojom označeni rezultati dobiveni određivanjem težinskih koeficijenata na temelju distribucije broja ispitanika u pojedinoj kategoriji zavisne varijable, dok su sivom bojom označeni rezultati dobiveni težinskim koeficijentima jednakim za sve kategorije zavisne varijable. Dobiveni rezultati su očekivani i pokazuju veći broj točno klasificiranih podataka ako se primijene težinski koeficijenti s obzirom na broj pripadnika određene kategorije zavisne varijable.



### 6.3 Interpretacija i procjene parametara modela

Pod pretpostavkom da su varijable u modelu značajne, želi se izvesti zaključak o modelu na osnovi dobivenih koeficijenata pojedinih nezavisnih varijabli. Prilikom tumačenja modela promatraju se dva problema:

- određivanje funkcionalne veze između zavisne i nezavisnih varijabli i
- definiranje jedinice promjene za nezavisnu varijablu.

Dodatno, pretpostavka je logističkoga regresijskog modela da je model prilagođen podacima, odnosno da su varijable u modelu značajne, tj. da su odgovarajući regresijski koeficijenti različiti od nule. Interpretacija prilagođenog modela podrazumijeva izvođenje zaključaka na osnovi ocijenjenih koeficijenata u modelu. Ključno pitanje koje se tu javlja jest što ocijenjeni koeficijenti govore o pitanjima zbog kojih je i započeto istraživanje.

Funkcionalnu vezu između zavisne i nezavisnih varijabli u logističkom regresijskom modelu daje *logit* funkcija, tj.

$$\text{logit}(p(x)) = \ln(\text{odds}(x)) = \ln \frac{p(x)}{1 - p(x)} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k. \quad (28)$$

U logističkom regresijskom modelu koeficijent nagiba predstavlja promjenu u *logitu* po jedinici promjene nezavisne varijable, tj.:

$$\beta_1 = g(x + 1) - g(x). \quad (29)$$

U logističkoj regresiji često se javljaju kategoričke (kvalitativne) varijable, odnosno varijable koje se mogu mjeriti samo u smislu pripadanja nekoj grupi (kategoriji), pri čemu su te grupe disjunktne<sup>13</sup>. Najčešći primjeri takvih varijabli su rasa, spol, stupanj obrazovanja i sl. Kako bi se analizirala kategorička varijabla koja ima više od dviju kategorija, ona se pretvara u niz indikatora. Koeficijent za svaki takav indikator predstavlja učinak te kategorije uspoređene s kategorijom koja nije uključena u taj model (referentna kategorija). Kada se računaju indikatori, jedna je od najvažnijih stavki izbor referentne kategorije. Uglavnom se bira ona kategorija koja je opravdana s biološkog stanovišta (tj. kategorija za koju postoji opravdanje da bude referentna razina) i ona koja ima prihvatljiv broj promatranja. Cilj je ovakvog istraživanja usporedba izgleda određene grupe u odnosu na referentnu grupu.

Na temelju definiranih nezavisnih varijabli selekcijom unaprijed i unatrag koje se smatraju značajnim za postupak i daljnji razvoj modela, u nastavku će biti interpretirane vrijednosti i značaj pojedinih parametara nezavisnih varijabli i cjelokupnog modela koje se odnose na definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.

---

<sup>13</sup> Skupovi koji nemaju zajedničkih elemenata.

Slika 27 prikazuje rezultate funkcije ordinalne logističke regresije nad prikupljenim podacima sudionika istraživanja ove doktorske disertacije, izvršenjem funkcije ordinalne logističke regresije kako slijedi:

*ologit kategorija x3 x9 x10 x13 x16 x17,*

gdje je:

*ologit* – funkcija ordinalne logističke regresije,

*kategorija* – zavisna varijabla,

*x3, x9, x10, x13, x16, x17* – nezavisne varijable definirane višedimenzionalnom analizom kao značajne.

Naredba *ologit* u statističkom alatu Stata upotrebljava se u vidu aktivacije funkcije ordinalne logističke regresije. Sintaksa funkcije ordinalne logističke regresije naredba je *ologit* koju slijedi naziv zavisne varijable te nakon toga naziv(i) nezavisnih varijabli.

```

. ologit kategorija x3 x9 x10 x13 x16 x17

Iteration 0:    log likelihood = -438.05705
Iteration 1:    log likelihood = -407.09822
Iteration 2:    log likelihood = -405.96825
Iteration 3:    log likelihood = -405.96306
Iteration 4:    log likelihood = -405.96306

Ordered logistic regression              Number of obs   =       298
                                          LR chi2(6)      =       64.19
                                          Prob > chi2     =       0.0000
Log likelihood = -405.96306              Pseudo R2      =       0.0733

```

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x3	-.4964411	.2155058	-2.30	0.021	-.9188247	-.0740575
x9	.1974707	.0895944	2.20	0.028	.0218689	.3730724
x10	-.4343987	.1614554	-2.69	0.007	-.7508455	-.1179519
x13	2.379751	.4499348	5.29	0.000	1.497895	3.261607
x16	-.868442	.2522321	-3.44	0.001	-1.362808	-.3740761
x17	.331091	.1502748	2.20	0.028	.0365579	.6256242
/cut1	-.8932006	.5163297			-1.905188	.118787
/cut2	1.207981	.5207156			.187397	2.228565
/cut3	2.558669	.529621			1.52063	3.596707
/cut4	4.63853	.5727384			3.515984	5.761077

Slika 27: Prikaz rezultata funkcije ordinalne logističke regresije nad prikupljenim podacima

Kako je prikazano na slici 27, naredba *ologit kategorija x3 x9 x10 x13 x16 x17* omogućuje da statistički alat Stata aktivira funkciju ordinalne logističke regresije u cilju predviđanja izgleda pojave zavisne varijable *kategorija* na temelju razina nezavisnih varijabli *x3 x9 x10 x13 x16 x17*.

### 6.3.1 Iteracije logaritma vjerodostojnosti

Iteracije logaritma vjerodostojnosti izdvojeno su prikazane slikom 28 te dodatno pojašnjene u nastavku teksta.

```
Iteration 0: log likelihood = -438.05705
Iteration 1: log likelihood = -407.09822
Iteration 2: log likelihood = -405.96825
Iteration 3: log likelihood = -405.96306
Iteration 4: log likelihood = -405.96306
```

Slika 28: Iteracije logaritma vjerodostojnosti funkcije ordinalne logističke regresije

Slika 28 daje prikaz vrijednosti logaritma vjerodostojnosti u svakoj iteraciji ordinalne logističke regresije. Potrebno je imati u vidu kako se ordinalna logistička regresija, kao i binomialna i multinomialna logistička regresija, koristi procjenom maksimalne vjerodostojnosti, koja predstavlja iterativni postupak.

Prva iteracija, tzv. iteracija 0, predstavlja vrijednost logaritma vjerodostojnosti „nultog” ili „praznog” modela, tj. modela bez nezavisnih varijabli. U sljedećoj iteraciji, nezavisna varijabla ili više njih uključeno je u model. U svakoj iteraciji povećava se logaritam vjerodostojnosti modela budući da je cilj maksimizirati logaritam vjerodostojnosti. Kada je razlika između iteracija vrlo mala, iteracija se zaustavlja te se prikazuju rezultati.

### 6.3.2 Parametri kvalitete modela

Rezultati funkcije ordinalne logističke regresije prikazuju i vrijednosti pojedinih parametara koji daju sumarne informacije o kvaliteti dobivenih rezultata odnosno kvaliteti razvijenog modela. Na temelju slike 27, izdvojeno na slici 29, prikazani su i interpretirani navedeni parametri.

```
Ordered logistic regression          Number of obs   =      298
                                     LR chi2(6)      =      64.19
                                     Prob > chi2     =      0.0000
Log likelihood = -405.96306         Pseudo R2      =      0.0733
```

Slika 29: Prikaz sumarnih parametara funkcije ordinalne logističke regresije razvijenog modela

Na slici 29 vidljivi su rezultati ordinalne logističke regresije (*Ordered logistic regression*) i vezani sumarni parametri razvijenog modela.

*Log likelihood* predstavlja logaritam vjerodostojnosti prilagođenog modela. Navedeni parametar upotrebljava se u testu omjera vjerodostojnosti kako bi se utvrdilo da je najmanje jedan regresijski koeficijent nezavisnih varijabli modela različit od nule.

Na desnoj strani slike 29 vidljiv je prikaz broja zapisa koji su uključeni u model (*Number of observations*). Navedeni broj (298) jest broj sudionika istraživanja sa svim potrebnim podacima za razvoj modela, kako je navedeno ranije u tekstu.

*LR chi2(6)* predstavlja test omjera vjerodostojnosti koji daje varijablu s  $\chi^2$  raspodjelom sa stupnjevim slobode koji odgovaraju razlici u broju logističkih parametara između dvaju modela (reducirani model bez nezavisnih varijabli i prilagođeni model). Prema [216], broj u

zagradama predstavlja broj stupnjeva slobode  $\chi^2$  raspodjele i određuje se prema broju nezavisnih varijabli u modelu.  $LR\ chi2(6)$  može se izračunati kao  $-2*(L(nulti\ model) - L(prilagođeni\ model)) = -2*((-438,057) - (-405,963)) = 64,19$ , gdje je  $L(nulti\ model)$  logaritam vjerodostojnosti nultog modela (iteracija 0), dok je  $L(prilagođeni\ model)$  logaritam vjerodostojnosti završne iteracije sa svim nezavisnim varijablama.

Nulta hipoteza  $LR\ chi2$  testa odnosi se na hipotezu da nezavisne varijable ne doprinose modelu, odnosno da model s nezavisnim varijablama nije „bolji” od modela bez nezavisnih varijabli. Alternativna hipoteza naglašava da nezavisne varijable značajno doprinose modelu, ili drugim riječima, model s nezavisnim varijablama „bolji” je od modela bez nezavisnih varijabli.

Pridružena vrijednost parametra  $Prob > chi2 = 0,0000$  označava činjenicu da je nulta hipoteza odbačena.  $Prob > chi2$  parametar predstavlja, kako navodi [216], vjerojatnost dobivanja testa omjera vjerodostojnosti (64,19) ukoliko nema učinka nezavisnih varijabli. Vrijednost navedenog p-parametra uspoređuje se s tzv.  $\alpha$  razinom koja uobičajeno iznosi 0,01 ili 0,05. Mala vrijednost  $p$ -testa (npr. 0,00001) dovodi do zaključka kako najmanje jedan regresijski koeficijent nezavisnih varijabli nije jednak nuli. Njime se zapravo testira nulta hipoteza – svi regresijski koeficijenti nezavisnih varijabli jednaki su nuli.

Pseudo  $R^2$  parametar predstavlja koeficijent determinacije  $R^2$  u funkciji indeksa prilagođenosti modela. S obzirom na veliki broj pseudo  $R^2$  koeficijenata, potrebno je oprezno interpretirati svaki pojedini [212]. Postoji velika raznolikost statističkih parametara temeljenih na  $R^2$  statistici koji mogu dati kontradiktorne zaključke.

### 6.3.3 Interpretacija parametara varijabli

Rezultati analize i procjene parametara nezavisnih varijabli u statističkom alatu Stata objašnjeni su u tablici 39 kroz prikaz dijela prozora navedenog alata nakon izvršene funkcije ordinalne logističke regresije. Tablica 39 s rezultatima funkcije ordinalne logističke regresije u statističkom alatu Stata prikazuje procjene vrijednosti koeficijenta nezavisnih varijabli ( $x_3$ ,  $x_9$ ,  $x_{10}$ ,  $x_{13}$ ,  $x_{16}$ ,  $x_{17}$ ) u odnosu na zavisnu varijablu (kategorija), točke sjecišta (*cut*) odnosno presjecišta (*intercepts*), njihova standardna odstupanja (*standard error*), Wald z statistiku, vrijednosti *p*-testa i intervale povjerenja s 95 % pouzdanosti (*95% Confidence Interval*).

Tablica 39: Elementi funkcije ordinalne logističke regresije

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x3	-.4964411	.2155058	-2.30	0.021	-.9188247	-.0740575
x9	.1974707	.0895944	2.20	0.028	.0218689	.3730724
x10	-.4343987	.1614554	-2.69	0.007	-.7508455	-.1179519
x13	2.379751	.4499348	5.29	0.000	1.497895	3.261607
x16	-.868442	.2522321	-3.44	0.001	-1.362808	-.3740761
x17	.331091	.1502748	2.20	0.028	.0365579	.6256242
/cut1	-.8932006	.5163297			-1.905188	.118787
/cut2	1.207981	.5207156			.187397	2.228565
/cut3	2.558669	.529621			1.52063	3.596707
/cut4	4.63853	.5727384			3.515984	5.761077

U nastavku teksta bit će opisani i interpretirani pojedini parametri i njihove vrijednosti u cilju objašnjenja dobivenih rezultata razvijenog modela.

U tablici 40 prikazana je zavisna varijabla (kategorija) i nezavisne varijable ( $x_3$ ,  $x_9$ ,  $x_{10}$ ,  $x_{13}$ ,  $x_{16}$ ,  $x_{17}$ ), osjenčane crvenom bojom, koje se odnose na istraživanje i dio su funkcije ordinalne logističke regresije.

Tablica 40: Prikaz zavisnih i nezavisnih varijabli istraživanja

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x3	-.4964411	.2155058	-2.30	0.021	-.9188247	-.0740575
x9	.1974707	.0895944	2.20	0.028	.0218689	.3730724
x10	-.4343987	.1614554	-2.69	0.007	-.7508455	-.1179519
x13	2.379751	.4499348	5.29	0.000	1.497895	3.261607
x16	-.868442	.2522321	-3.44	0.001	-1.362808	-.3740761
x17	.331091	.1502748	2.20	0.028	.0365579	.6256242

Interpretacija dijela rezultata istraživanja iz tablice 40 (osjenčano crvenom bojom) jest kako slijedi:

- U istraživanju se analizira zavisna varijabla pod nazivom „kategorija”. Navedena varijabla odnosi se na ukupno pet korisničkih kategorija prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže, kako je bilo navedeno ranije u tekstu disertacije.

- U istraživanju se analizira šest nezavisnih varijabli s nazivima  $x_3$ ,  $x_9$ ,  $x_{10}$ ,  $x_{13}$ ,  $x_{16}$ ,  $x_{17}$ . S desne strane pojedine nezavisne varijable prikazane su vrijednosti pripadajućih parametara koji su vezani na pojedinu nezavisnu varijablu. Specifikacija i razine pojedine nezavisne varijable prikazane su kroz tablicu 33, dok su u tablici 41 izdvojene nezavisne varijable koje su definirane kao značajne za razvoj modela.

Tablica 41: Izdvojene nezavisne varijable značajne za razvoj modela i njihove razine

Nezavisna varijabla		Razine nezavisne varijable
$x_3$	Vlastiti prihod za vrijeme studiranja	0: Ne 1: Da
$x_9$	Prosječna količina GB mobilnog Interneta uključenih u tarifni plan	0: < 1 GB 1: 1 – 2 GB 2: 2 – 3 GB 3: > 3 GB 4: Ne znam
$x_{10}$	Je li količina GB mobilnog Interneta uključenih u tarifni plan dovoljna	0: Nikad 1: Povremeno 2: Uvijek
$x_{13}$	Pristup Wi-Fi u stanu/kući	0: Ne 1: Da
$x_{16}$	Ažuriranje/update aplikacija	0: Isključivo Wi-Fi 1: I mobilna i Wi-Fi 2: Isključivo mobilna
$x_{17}$	Postavke aplikacija - korištenje samo na Wi-Fi mrežama	0: Nikad 1: Povremeno 2: Uvijek

Nezavisne varijable određene kao značajne varijable u razvoju modela za definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona u prebacivanju podatkovnoga prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže prikazane su u tablici 41 i koristit će se u nastavku rada.

### 6.3.4 Koeficijenti i standardna odstupanja nezavisnih varijabli

Nadalje, vrijednosti logističkih koeficijenata nezavisnih varijabli istraživanja i vrijednosti standardne greške prikazane su u tablici 42 i osjenčane su crvenom bojom.

Tablica 42: Prikaz vrijednosti koeficijenata i standardne greške nezavisnih varijabli istraživanja

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
x3	-.4964411	.2155058	-2.30	0.021	-.9188247 -.0740575
x9	.1974707	.0895944	2.20	0.028	.0218689 .3730724
x10	-.4343987	.1614554	-2.69	0.007	-.7508455 -.1179519
x13	2.379751	.4499348	5.29	0.000	1.497895 3.261607
x16	-.868442	.2522321	-3.44	0.001	-1.362808 -.3740761
x17	.331091	.1502748	2.20	0.028	.0365579 .6256242

*Coef.* parametar vidljiv na u tablici 42 predstavlja iznos logaritma izgleda (*logit*) koeficijenata ordinalne logističke regresije. Standardna interpretacija koeficijenata ordinalne logističke regresije jest: porast za jednu jedinicu nezavisne varijable promijenit će zavisnu varijablu za iznos logaritma izgleda koeficijenata ordinalne logističke regresije, dok će ostale nezavisne varijable ostati nepromijenjene. Interpretacija procjena ordinalnih *logita* ne ovisi o pomoćnim (*ancillary*) parametrima; pomoćni parametri upotrebljavaju se za razlikovanje susjednih razina zavisne varijable.

Koeficijent (-0,4964411) uz nezavisnu varijablu *x3* predstavlja procjenu promjene (povećanja ili smanjenja; ovisno o predznaku) iznosa logaritma izgleda (*logit*) zavisne varijable „kategorija” ukoliko se nezavisna varijabla *x3* poveća za jednu jedinicu te ostale nezavisne varijable modela ostanu nepromijenjene. Ukoliko je povećana vrijednost nezavisne varijable *x3* za jednu jediničnu vrijednost, vezani iznos logaritma izgleda da bude u višoj kategoriji zavisne varijable, bit će manji za -0,4964411 ukoliko ostale varijable modela ostanu nepromijenjene.

Nadalje, koeficijent (0,1974707) uz nezavisnu varijablu *x9* interpretira se kako slijedi: povećanjem vrijednosti nezavisne varijable *x9* za jednu jediničnu vrijednost rezultira povećanjem logaritma izgleda da bude u višoj kategoriji zavisne varijable za iznos od 0,1974707. Navedenim postupkom interpretiraju se i ostali koeficijenti ordinalne logističke regresije uz sve nezavisne varijable definiranog modela.

S obzirom na to da su vrijednosti koeficijenata ordinalne logističke regresije u statističkom alatu Stata (prikazane u tablici 42) vrijednosti koje predstavljaju logaritama izgleda (*logit*), tumačenje odnosa između varijabli nije prirodno te iznosi koeficijenata nemaju značenje koje bi ukazivalo na visinu utjecaja pojedine varijable.

Prema Torres-Rayni u izvoru [219], bez obzira na iznose koeficijenata uz pripadajuće nezavisne varijable (stupac *Coef.*) moguće je interpretirati jedino značenje istih, ali ne i iznos utjecaja pojedine nezavisne varijable. Navedeno označava činjenicu kako je moguće interpretirati negativan ili pozitivan predznak ispred koeficijenta ordinalne logističke regresije, no ne i njegov iznos.



Interpretacija koeficijenata u navedenoj fazi razvoja modela jest kako slijedi:

- povećanjem nezavisne varijable (za jediničnu vrijednost) koja ima negativan iznos logaritma izgleda (*logit*), smanjuju se izgledi da korisnik bude u višoj kategoriji zavisne varijable prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže (varijable  $x_3, x_{10}, x_{16}$ )
- povećanjem nezavisne varijable (za jediničnu vrijednost) koja ima pozitivan iznos logaritma izgleda (*logit*), povećavaju se izgledi da korisnik bude u višoj kategoriji zavisne varijable prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže (varijable  $x_9, x_{13}, x_{17}$ )

### 6.3.5 Wald z statistika i p-test

Nadalje, u nastavku teksta bit će objašnjene, a kako je i u tablici 43 (osjenčano crvenom bojom) prikazano, ostali statistički parametri ordinalne logističke regresije i razvijenog modela. Osjenčani dio tablice 43 odnosi se na *Wald z* statistiku i *p-test*.

Tablica 43: *Wald z* statistika i *p-test* kao elementi statističke analize ordinalne logističke regresije i razvijenog modela

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
$x_3$	-.4964411	.2155058	-2.30	0.021	-.9188247	-.0740575
$x_9$	.1974707	.0895944	2.20	0.028	.0218689	.3730724
$x_{10}$	-.4343987	.1614554	-2.69	0.007	-.7508455	-.1179519
$x_{13}$	2.379751	.4499348	5.29	0.000	1.497895	3.261607
$x_{16}$	-.868442	.2522321	-3.44	0.001	-1.362808	-.3740761
$x_{17}$	.331091	.1502748	2.20	0.028	.0365579	.6256242

Parametri  $z$  i  $p>|z|$  predstavljaju testne parametre za nultu hipotezu kojom se testira jesu li regresijski koeficijenti uz nezavisnu varijablu testiranog modela jednaki nuli. Parametar  $z$  (*Wald z* statistika) matematički predstavlja omjer vrijednosti regresijskog koeficijenta (*Coef.*) i standardnog odstupanja (*Std. Err.*) promatrane nezavisne varijable. Vrijednost parametra  $z$  slijedi standardnu normalnu distribuciju koja se upotrebljava kako bi se testirale oprečne hipoteze je li vrijednost regresijskog koeficijenta (*Coef.*) jednak nuli.

Vrijednost parametra  $z$  za nezavisnu varijablu  $x_3$  iznosi -2,30 (-0,4964411 / 0,2155058) s vezanom vrijednosti  $p>|z|$  od 0,021. S obzirom na to da je, kako je navedeno već ranije u tekstu, vrijednost  $\alpha_{\text{kriterij}} = 0,05$ , odbacuje se nulta hipoteza te se zaključuje kako je nezavisna varijabla  $x_3$  statistički značajna za razvijeni model. Navedeni postupak već je prikazan kroz jednodimenzionalnu analizu nezavisnih varijabli. Na temelju gore navedenog postupka izvršava se i interpretira analiza i ostalih nezavisnih varijabli razvijenog modela.



### 6.3.6 95 % interval povjerenja

Parametar [95 % *Conf. Interval*] prikazan u tablici 44 jest interval, kako je navedeno ranije u tekstu, koji s vjerojatnošću od  $(1 - \alpha) 100$  % sadrži taj parametar, gde je  $\alpha$  razina povjerenja. U statističkom alatu Stata, kao i u literaturi najčešće korištena  $\alpha$  razina povjerenja, jest 0,05 čime se dobiva 95 % interval povjerenja (95 % *Conf. Interval*).

Tablica 44: Prikaz rezultata intervala povjerenja nezavisnih varijabli razvijenog modela

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x3	-.4964411	.2155058	-2.30	0.021	-.9188247	-.0740575
x9	.1974707	.0895944	2.20	0.028	.0218689	.3730724
x10	-.4343987	.1614554	-2.69	0.007	-.7508455	-.1179519
x13	2.379751	.4499348	5.29	0.000	1.497895	3.261607
x16	-.868442	.2522321	-3.44	0.001	-1.362808	-.3740761
x17	.331091	.1502748	2.20	0.028	.0365579	.6256242

Prema podacima iz tablice 44, interval povjerenja za nezavisnu varijablu  $x_3$  interpretira se kako slijedi: s povjerenjem od 95 % može se reći kako „točna” vrijednost logističkoga regresijskog koeficijenta nezavisne varijable  $x_3$  leži u intervalu od -0,9188247 i -0,0740575.

Navedenim postupkom interpretiraju se intervali povjerenja i ostalih nezavisnih varijabli razvijenog modela.

Interpretacija intervala povjerenja ekvivalentna je interpretaciji *Wald z* statističkog parametra s aspekta definiranja značajnosti pojedine nezavisne varijable na sljedeći način: ukoliko interval povjerenja uključuje vrijednost nula unutar svojeg intervala, prihvaća se nulta hipoteza koja navodi kako je koeficijent logističke regresije navedene nezavisne varijable jednak nuli, s obzirom na ostale nezavisne varijable u modelu [216].

Navedeno označava kako se nezavisne varijable koje u svojem intervalu povjerenja ne sadrže vrijednost nula interpretiraju kao značajne varijable. Analizom podataka prikazanom u tablici 44 vidljivo je kako nijedna od nezavisnih varijabli razvijenog modela u vrijednostima intervala povjerenja ne sadrži vrijednost nula. Time se dokazuje povezanost *Wald z* statistike i intervala povjerenja, odnosno potvrđuje se odabir i značajnost nezavisnih varijabli razvijenog modela. U nastavku teksta bit će prikazani tzv. pomoćni (*ancillary*) parametri ordinalne logističke regresije, osjenčani crvenom bojom u tablici 45.

### 6.3.7 Pomoćni parametri

Kako navodi [216], pomoćni parametri odnose se na točke sjecišta (*cut*) odnosno presjecišta (*intercepts, thresholds*), a njihova je funkcija razlikovanje susjednih razina vrijednosti zavisne varijable.

Tablica 45: Osjenčani pomoćni parametri ordinalne logističke regresije razvijenog modela

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x3	-.4964411	.2155058	-2.30	0.021	-.9188247	-.0740575
x9	.1974707	.0895944	2.20	0.028	.0218689	.3730724
x10	-.4343987	.1614554	-2.69	0.007	-.7508455	-.1179519
x13	2.379751	.4499348	5.29	0.000	1.497895	3.261607
x16	-.868442	.2522321	-3.44	0.001	-1.362808	-.3740761
x17	.331091	.1502748	2.20	0.028	.0365579	.6256242
/cut1	-.8932006	.5163297			-1.905188	.118787
/cut2	1.207981	.5207156			.187397	2.228565
/cut3	2.558669	.529621			1.52063	3.596707
/cut4	4.63853	.5727384			3.515984	5.761077

Ordinalna logistička regresija je ekstenzija logističke regresije utemeljena na tzv. proporcionalnom modelu izgleda. Ovaj model ordinalnu skalu pretvara u niz binarnih *cut* vrijednosti (broj *cut* vrijednosti uvijek je za jedan manji od broja kategorija zavisne varijable). Svaka *cut* vrijednost predstavlja prag koji je potrebno prijeći da bi se prešlo iz jedne kategorije kriterija u drugu.

## 6.4 Interpretacija omjera izgleda i vezanih parametara

Interpretacija omjera izgleda (*odds ratio*) predstavlja interpretaciju parametara ordinalne logističke regresije u vidu omjera proporcionalnih izgleda (*proportional odds ratio*) koji se ostvaruju korištenjem dodatnom naredbom *or* u statističkom alatu Stata. Na slici 30 prikazan je rezultat funkcije omjera proporcionalnih izgleda ordinalne logističke regresije nad prikupljenim podacima sudionika istraživanja ove doktorske disertacije, izvršenjem funkcije ordinalne logističke regresije kako slijedi:

*ologit kategorija x3 x9 x10 x13 x16 x17, or,*

gdje je:

*ologit* – funkcija ordinalne logističke regresije,

*kategorija* – zavisna varijabla,

*x3, x9, x10, x13, x16, x17* – nezavisne varijable definirane višedimenzionalnom analizom kao značajne,

*or* – izvršenje funkcije omjera izgleda (eksponenciranje koeficijenata logističke regresije).

```
. ologit kategorija x3 x9 x10 x13 x16 x17, or

Iteration 0:  log likelihood = -438.05705
Iteration 1:  log likelihood = -407.09822
Iteration 2:  log likelihood = -405.96825
Iteration 3:  log likelihood = -405.96306
Iteration 4:  log likelihood = -405.96306

Ordered logistic regression              Number of obs   =          298
                                         LR chi2(6)      =          64.19
                                         Prob > chi2     =          0.0000
Log likelihood = -405.96306              Pseudo R2      =          0.0733
```

kategorija	Odds Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x3	.6086931	.1311769	-2.30	0.021	.3989877	.9286183
x9	1.218317	.1091544	2.20	0.028	1.02211	1.45219
x10	.647654	.1045672	-2.69	0.007	.4719673	.8887388
x13	10.80221	4.860292	5.29	0.000	4.472266	26.09143
x16	.4196048	.1058378	-3.44	0.001	.2559411	.6879245
x17	1.392487	.2092556	2.20	0.028	1.037234	1.869412
/cut1	-.8932006	.5163297			-1.905188	.118787
/cut2	1.207981	.5207156			.187397	2.228565
/cut3	2.558669	.529621			1.52063	3.596707
/cut4	4.63853	.5727384			3.515984	5.761077

Slika 30: Prikaz rezultata funkcije omjera proporcionalnih izgleda ordinalne logističke regresije

Na slici 30 prikazani su rezultati izvršenja funkcije ordinalne logističke regresije u statističkom alatu Stata prema gornjem izrazu. Dodatnom funkcijom *or* izvršena je funkcija eksponenciranja vrijednosti koeficijenata uz nezavisne varijable ordinalne logističke regresije. Logističke koeficijente teško je interpretirati u njihovoj originalnoj formi jer su izraženi u formi logaritma onda kada se upotrebljava *logit* kao zavisna mjera. Dva tipa logističkih koeficijenata razlikuju se u tome što prikazuju povezanost nezavisne varijable s dvama oblicima zavisne varijable, kao što je prikazano u radu u tablici 25.

Navedeno označava činjenicu kako se eksponenciranjem koeficijenata uz nezavisne varijable ordinalne logističke regresije dobivaju izgledi (ili omjeri izgleda<sup>14</sup>) koji omogućavaju mogućnost interpretacije parametara.

Regresijski koeficijenti pokazuju parcijalne utjecaje nezavisnih varijabli. Za interpretaciju modela pogodno je analizirati njihove antilogaritme,  $e^\beta$ , koji pokazuju koliko se puta mijenjaju izgledi realizacije događaja s promjenom jedne jedinice nezavisne varijable. Ukoliko je navedena vrijednost manja od 1 (tj. ako je  $\beta$  manji od 0), izgledi se smanjuju, dok se u suprotnom ( $e^\beta > 1$ ,  $\beta > 0$ ) izgledi povećavaju.

Ako se vrijednost logističkog koeficijenta nezavisne varijable eksponencira, tada rezultat navedenog predstavlja omjer izgleda za određenu kategoriju zavisne varijable: izgleda koji odgovaraju vrijednosti jedne nezavisne varijable koja je promijenjena za jednu jedinicu i izgleda koji odgovaraju vrijednosti te nezavisne varijable prije nego što je ona promijenjena za jednu jedinicu, pod uvjetom da sve ostale nezavisne varijable u modelu ostaju nepromijenjene.

Tako, na primjer, ukoliko je eksponencirana vrijednost logističkog koeficijenta nezavisne varijable 1,5, navedeno govori da se za jednu jedinicu porasta vrijednosti na toj varijabli izgledi da se bude u određenoj kategoriji zavisne varijable mijenjaju se za 1,5 puta u odnosu na izgleda koji su bili prije te promjene, pod uvjetom da se sve ostale nezavisne varijable u modelu drže konstantnima. Treba uočiti da kod nezavisnih varijabli „promjena za jednu jedinicu vrijednosti varijable” znači prelazak s jedne kategorije varijable na drugu kategoriju te varijable! Ako je, na primjer, spol numeriran s 0 (muški) i 1 (ženski) „promjena” od jedne jedinice u ovoj varijabli znači prelazak s kategorije „muški” na kategoriju „ženski”.

Kako navodi [212], za proporcionalni model izgleda interpretacija omjera izgleda nezavisna je u odnosu na pomoćne parametre (točke sjecišta) budući da pomoćni parametri imaju nepromjenjive vrijednosti.

---

<sup>14</sup> Strana literatura u području ordinalne logističke regresije izgleda definira i kao omjere izgleda (*odds ratio*), a što predstavlja isti pojam.

### 6.4.1 Izgledi realizacije određene ili više od određene kategorije zavisne varijable

Na temelju uvjeta navedenih u tekstu gore i eksponenciranih koeficijenata nezavisnih varijabli u tablici 46, prikazani su izgledi realizacije više kategorije zavisne varijable povećanjem vrijednosti nezavisne varijable za jednu jediničnu vrijednost.

Tablica 46: Vrijednosti koeficijenata nezavisnih varijabli i izračun izgleda realizacije više kategorije zavisne varijable

Nezavisna varijabla	Iznos koeficijenta ( $\beta$ )	Izgledi ( $e^\beta$ )	Interpretacija izgleda
$x_3$	-0,4964411	0,6086931	Smanjuju se
$x_9$	0,1974707	1,218317	Povećavaju se
$x_{10}$	-0,4343987	0,647654	Smanjuju se
$x_{13}$	2,379751	10,80221	Povećavaju se
$x_{16}$	-0,868442	0,4196048	Smanjuju se
$x_{17}$	0,331091	1,392487	Povećavaju se

Na temelju rezultata statističkog alata Stata u tablici 46 sumarno su prikazane vrijednosti koeficijenata ordinalne logističke regresije nezavisnih varijabli i pripadajućih izračuna izgleda navedenih.

Najizravniji način ocjenjivanja veličine promjene vjerojatnosti na temelju promjene pojedine nezavisne varijable jest ispitati vrijednosti eksponencijalnih koeficijenata. Matematički promatrano, vrijednosti eksponencijalnih koeficijenata minus jedan jednako je postotna promjena u izgledima. Navedene vrijednosti mogu prelaziti 100 % jer one povećavaju izgleda, a ne vjerojatnosti samih sebe. Učinci su veliki, jer konstantni član određuje polaznu točku od gotovo nula vjerojatnosti za vrijednosti. Dakle, velika povećanja u izgledima potreba su da se dostigne veća vjerojatnost vrijednosti.

Interpretacija izgleda pojedine nezavisne varijable na temelju tablice 46 jest kako slijedi:

- Povećanje vrijednosti nezavisne varijable  $x_3$  (vlastiti prihod za vrijeme studiranja) za jediničnu vrijednost dovodi do smanjenja izgleda na 0,608 da korisnik bude u višoj kategoriji zavisne varijable (veća količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže), ukoliko vrijednosti ostalih nezavisnih varijabli ostanu nepromijenjene. Drugim riječima, ispitanici koji imaju vlastiti prihod za vrijeme studiranja imaju 39,2 % manje izgleda da budu u višoj kategoriji korisnika (prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže) u odnosu na ispitanike koji nemaju vlastiti prihod za vrijeme studiranja.
- Povećanje vrijednosti nezavisne varijable  $x_9$  (prosječna količina GB mobilnog Interneta uključenih u tarifni plan) za jediničnu vrijednost dovodi do povećanja izgleda na 1,218 da korisnik bude u višoj kategoriji zavisne varijable (veća količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže), ukoliko vrijednosti ostalih nezavisnih varijabli ostanu nepromijenjene. Drugim riječima, ispitanici koji imaju veće količine uključenih GB mobilnog Interneta tarifnog plana imaju 21,8 % veće izgleda da budu u višoj kategoriji korisnika (prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže) u odnosu na ispitanike koji imaju manje količine uključenih GB mobilnog Interneta.

- Povećanje vrijednosti nezavisne varijable  $x_{10}$  (Je li količina GB mobilnog Interneta uključenih u tarifni plan dovoljna) za jediničnu vrijednost dovodi do smanjenja izgleda na 0,647 da korisnik bude u višoj kategoriji zavisne varijable (veća količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže), ukoliko vrijednosti ostalih nezavisnih varijabli ostanu nepromijenjene. Drugim riječima, ispitanici kojima je uvijek dovoljna količina uključenih GB mobilnog Interneta tarifnog plana imaju 35,3 % manje izgleda da budu u višoj kategoriji korisnika (prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže) u odnosu na ispitanike kojima je povremeno dovoljna količina uključenih GB mobilnog Interneta tarifnog plana.
- Povećanje vrijednosti nezavisne varijable  $x_{13}$  (Pristup Wi-Fi mreži u stanu/kući) za jediničnu vrijednost dovodi do povećanja izgleda na 10,802 da korisnik bude u višoj kategoriji zavisne varijable (veća količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže), ukoliko vrijednosti ostalih nezavisnih varijabli ostanu nepromijenjene. Drugim riječima, ispitanici koji imaju pristup Wi-Fi mreži u stanu/kući imaju 980 % veće izgleda da budu u višoj kategoriji korisnika (prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže) u odnosu na ispitanike koji nemaju pristup Wi-Fi mreži u stanu/kući.
- Povećanje vrijednosti nezavisne varijable  $x_{16}$  (Ažuriranje/update aplikacija) za jediničnu vrijednost dovodi do smanjenja izgleda na 0,419 da korisnik bude u višoj kategoriji zavisne varijable (veća količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže), ukoliko vrijednosti ostalih nezavisnih varijabli ostanu nepromijenjene. Drugim riječima, ispitanici koji koriste i mobilnu i Wi-Fi mrežu za ažuriranje aplikacija imaju 58,1 % manje izgleda da budu u višoj kategoriji korisnika (prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže) u odnosu na ispitanike koji koriste isključivo Wi-Fi mrežu za ažuriranje aplikacija.
- Povećanje vrijednosti nezavisne varijable  $x_{17}$  (Postavke aplikacija – korištenje samo na Wi-Fi mrežama) za jediničnu vrijednost dovodi do povećanja izgleda na 1,392 da korisnik bude u višoj kategoriji zavisne varijable (veća količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže), ukoliko vrijednosti ostalih nezavisnih varijabli ostanu nepromijenjene. Drugim riječima, ispitanici koji u postavkama aplikacija imaju povremeno definirano korištenje usluge samo na Wi-Fi mrežama imaju 39,2 % veće izgleda da budu u višoj kategoriji korisnika (prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže) u odnosu na ispitanike koji u postavkama aplikacija nemaju definirano korištenje usluge samo na Wi-Fi mrežama.

Logistička regresija pruža jednostavan pristup za razumijevanje relativnog utjecaja svake nezavisne varijable u stvaranje razlika između dviju skupina zavisne varijable.

#### **6.4.2 Izgledi realizacije određene ili niže od određene kategorije zavisne varijable**

U prethodnom poglavlju interpretirani su izgledi realizacije određene ili više od određene kategorije zavisne varijable.

Nadalje, moguće je interpretirati izgled realizacije određene ili niže od određene kategorije zavisne varijable. Navedeno se izvršava u statističkom alatu Stata na način da se promijeni orijentacija (negativne vrijednosti u pozitivne i obrnuto) logističkih regresijskih koeficijenata uz nezavisne varijable (iz prethodnog dijela istraživanja) i nakon toga izračunaju vezani omjeri izgleda (eksponenciranje koeficijenata), odnosno izgledi.

Korištenjem naredbe *listcoef* s opcijom obrnutog redoslijeda (*reverse*) dobivaju se vrijednosti izgleda realizacije određene kategorije ili niže od određene kategorije zavisne varijable. U sklopu ove disertacije navedeni postupak neće biti detaljno prikazan.

## 6.5 Definiranje obrazaca ponašanja određivanjem vjerojatnosti pojave događaja

Budući da je određivanje vjerojatnosti pojave određene kategorije zavisne varijable vezano uz rezultate ordinalne logističke regresije razvijenog modela, odnosno vrijednosti koeficijenata analiziranih nezavisnih varijabli razvijenog modela, u tablici 47 prikazane su nezavisne varijable značajne za model kao i vrijednosti koeficijenata ordinalne logističke regresije na temelju rezultata programskog alata Stata.

Tablica 47: Rezultati ordinalne logističke regresije u vidu statistički značajnih nezavisnih varijabli i vezanih koeficijenata

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
x3	-.4964411	.2155058	-2.30	0.021	-.9188247 -.0740575
x9	.1974707	.0895944	2.20	0.028	.0218689 .3730724
x10	-.4343987	.1614554	-2.69	0.007	-.7508455 -.1179519
x13	2.379751	.4499348	5.29	0.000	1.497895 3.261607
x16	-.868442	.2522321	-3.44	0.001	-1.362808 -.3740761
x17	.331091	.1502748	2.20	0.028	.0365579 .6256242

Kao što je navedeno ranije u tekstu, u tablici 47 vidljive su nezavisne varijable definirane kao značajne te vrijednosti vezanih logističkih koeficijenata. Logistička regresija predviđa rezultat (*Score*)  $S$ , koja predstavlja linearnu funkciju nezavisnih varijabli i vezanih koeficijenata logističke regresije za pojedinog korisnika  $j$ :

$$S_j = \beta_0 + \beta_1 x_{1j} + \beta_2 x_{2j} + \dots + \beta_k x_{kj}, \quad (30)$$

gdje je:

$S_j$  – rezultat za jednog odabranog korisnika  $j$ ,

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$  – vrijednosti koeficijenata uz analizirane nezavisne varijable,

$x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{kj}$  – analizirane nezavisne varijable za pojedinog korisnika  $j$ .

Parametar  $\beta_0$  nema značaja za interpretaciju. On predstavlja vrijednost  $\ln(odds)$  kada je prediktor jednak 0. Zbog toga će navedeni koeficijent biti izostavljen u daljnjem izračunu. Sukladno navedenome, izraz funkcije ordinalne logističke regresije (*ologit*) u statističkom alatu Stata za razvijeni model predviđa rezultat  $S$  koji isto tako predstavlja linearnu funkciju nezavisnih varijabli i povezanih koeficijenata ordinalne logističke regresije, kako slijedi:

$$S_j = \beta_1 x_{1j} + \beta_2 x_{2j} + \dots + \beta_k x_{kj}. \quad (31)$$

Odnosno primijenjeno na razvijeni model ovog doktorskog rada i rezultate naredbe *ologit* u statističkom alatu Stata, prema već ranije dobivenim rezultatima iz tablice 47 jest kako slijedi:



$$S_j = -0,496x_{3j} + 0,197x_{9j} - 0,434x_{10j} + 2,379x_{13j} - 0,868x_{16j} + 0,331x_{17j}, \quad (32)$$

gdje je:

$S_j$  – rezultat za jednog određenog (odabranog) korisnika  $j$ ,

$x_{3j}, x_{9j}, x_{10j}, x_{13j}, x_{16j}, x_{17j}$  – razine nezavisnih varijabli određenih kao značajne razvijenog modela ovog doktorskog rada za pojedinog korisnika  $j$ .

S obzirom na navedeno, predviđanja vjerojatnosti pojave određene kategorije zavisne varijable ordinalne logističke regresije predstavljaju vjerojatnost da  $S + u_j$  leži u intervalu između određenih točaka sjecišta (*cut*) [212], [219]. Pri tome parametar  $u_j$  predstavlja iznos slučajne greške. Stoga se predviđanje vjerojatnosti pojave određene kategorije zavisne varijable za pojedinog korisnika računa kako slijedi:

$$P(Y = 0) = P(S_j + u \leq cut1) = \frac{1}{1 + e^{S_j - cut1}}. \quad (33)$$

Što vrijedi za najmanju kategoriju korisnika (kategorija 0) prema količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže. Za svaku sljedeću kategoriju, odnosno u sljedećem primjeru za kategoriju 1 (korisnici koji na mjesečnoj razini u prosjeku prebacuju od 1 GB do 5 GB podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže) vjerojatnost pojave pojedine kategorije zavisne varijable za pojedinog korisnika računa se kako slijedi:

$$P(Y = 1) = P(cut1 < S_j + u \leq cut2) = \frac{1}{1 + e^{S_j - cut2}} - \frac{1}{1 + e^{S_j - cut1}}. \quad (34)$$

S obzirom na navode iz izraza 10 u ovom radu, vjerojatnost pripadnosti određenoj kategoriji zavisne varijable ( $P(Y \leq j)$ ) predstavlja razliku kumulativnih vjerojatnosti, kako slijedi:

$$P(Y = n) = P(Y = n + 1) - P(Y = n). \quad (35)$$

Na temelju navedenog principa u nastavku će biti navedeni primjeri i rezultati izračuna vjerojatnosti da određeni korisnik sa svojim karakteristikama pripada pojedinoj kategoriji zavisne varijable prema količini prebačenoga podatkovnog prometa.

Relevantne karakteristike korisnika, kako je navedeno ranije u tekstu, predstavljaju određenu kombinaciju nezavisnih varijabli koje se odnose na pojedinog korisnika, a prikupljene su na temelju odgovora anketnog upitnika sudionika istraživanja. Nakon što je izvršena selekcija nezavisnih varijabli, značajne varijable modela predstavljaju nezavisne varijable  $x_3, x_9, x_{10}, x_{13}, x_{16}, x_{17}$ , s pripadajućim koeficijentima ordinalne logističke regresije vidljivim u tablici 48.

Tablica 48: Značajne nezavisne varijable i iznosi logističkih koeficijenata razvijenog modela

Nezavisna varijabla	Iznos koeficijenta ( $\beta$ )
$x_3$	-0,4964411
$x_9$	0,1974707
$x_{10}$	-0,4343987
$x_{13}$	2,379751
$x_{16}$	-0,868442
$x_{17}$	0,331091

Kako je navedeno u izrazu 30, prilikom izračuna vjerojatnosti pripadanja određenog korisnika nekoj od kategorija zavisne varijable (prema količini prebačenoga podatkovnog prometa) potrebno je u razvijeni model implementirati konkretne vrijednosti razina nezavisnih varijabli koje se odnose na analiziranog korisnika. Nasumičnim izborom određenog sudionika istraživanja prikupljeni su sljedeći podaci o navedenom korisniku, prikazani u tablici 49.

Tablica 49: Primjer podataka o nezavisnim varijablama jednog sudionika istraživanja na temelju njegovih karakteristika

Nezavisna varijabla	Razina nezavisne varijable	Opis nezavisne varijable
$x_3$ – Vlastiti prihod za vrijeme studiranja	1	Da
$x_9$ – Prosječna količina GB mobilnog Interneta uključenih u tarifni plan	1	1 – 2 GB
$x_{10}$ – Je li količina GB mobilnog Interneta uključenih u tarifni plan dovoljna	2	Uvijek
$x_{13}$ – Pristup Wi-Fi u stanu/kući	0	Ne
$x_{16}$ – Ažuriranje/update aplikacija	1	I mobilna i Wi-Fi
$x_{17}$ – Postavke aplikacija - korištenje samo na Wi-Fi mrežama	0	Nikad

Predviđanje vjerojatnosti da korisnik s karakteristikama (razinama nezavisnih varijabli) opisanim u tablici 49 pripada kategoriji 0, tj. skupini korisnika koji prebacuju manje od 1 GB podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže (laki korisnici) vrši se kako je opisano u izrazu 36:

$$P(Y = 0) = P(S_j + u \leq cut1) = \frac{1}{1 + e^{S_j - cut1}}, \quad (36)$$

pri čemu je  $S_j$  kao razvijeni model ovog doktorskog rada definiran u izrazu 32, te slijedi:

$$S_{1071194} = -0,496 \cdot 1 + 0,197 \cdot 1 - 0,434 \cdot 2 + 2,379 \cdot 0 - 0,868 \cdot 1 + 0,331 \cdot 0, \quad (37)$$

$$S_{1071194} = -2,035, \quad (38)$$

gdje je:

$j = 1071194$  (jedinstveni identifikator odabranog korisnika, jedinstveni korisnik).

Vrijednost *cut1* prikazana u izrazu 36 predstavlja iznos prve točke sjecišta koja se određuje u statističkom alatu Stata te su navedene prikazane u tablici 50. Potrebno je napomenuti kako je broj *cut* vrijednosti uvijek za jedan manji od broja kategorija zavisnih varijabli. Navedeno potvrđuje i činjenica kako se razvijeni model sastoji od četiriju *cut* vrijednosti, odnosno pet kategorija zavisne varijable, što je već ranije napomenuto. *Cut* vrijednosti koristit će se u nastavku u procesu određivanja vjerojatnosti pripadanja pojedinoj kategoriji zavisne varijable.

Tablica 50: Iznosi točaka sjecišta (*cut* vrijednosti) razvijenog modela

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x3	-.4964411	.2155058	-2.30	0.021	-.9188247	-.0740575
x9	.1974707	.0895944	2.20	0.028	.0218689	.3730724
x10	-.4343987	.1614554	-2.69	0.007	-.7508455	-.1179519
x13	2.379751	.4499348	5.29	0.000	1.497895	3.261607
x16	-.868442	.2522321	-3.44	0.001	-1.362808	-.3740761
x17	.331091	.1502748	2.20	0.028	.0365579	.6256242
/cut1	-.8932006	.5163297			-1.905188	.118787
/cut2	1.207981	.5207156			.187397	2.228565
/cut3	2.558669	.529621			1.52063	3.596707
/cut4	4.63853	.5727384			3.515984	5.761077

Vjerojatnost da ranije navedeni korisnik (sukladno određenim karakteristikama) pripada kategoriji 0 prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže računa se kako slijedi:

$$P(Y = 0) = \frac{1}{1 + e^{-2,035 - (-0,8932006)}} = \frac{1}{1 + e^{-1,1417994}} = \frac{1}{1,319244}, \quad (39)$$

$$P(Y = 0) = 0,7582. \quad (40)$$

Navedeni rezultat interpretira se kako slijedi: vjerojatnost da korisnik karakteristika (ima vlastite prihode za vrijeme studiranja, prosječna količina GB mobilnog Interneta uključenih u tarifni plan je od 1 GB do 2 GB, povremeno je korisniku dovoljna količina uključenih GB mobilnog Interneta tarifnog plana, nema pristup Wi-Fi mreži u stanu/kući, ažuriranje/update aplikacija vrši korištenjem mobilne i Wi-Fi mreže i postavke aplikacija za generiranjem podatkovnog prometa samo na Wi-Fi mrežama nisu nikad uključene) pripada kategoriji korisnika koji na mjesečnoj razini u prosjeku prebacuju manje od 1 GB podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže jest **75,82 %**.

Sukladno navedenome, određivanje vjerojatnosti pripadanju nekoj od drugih kategorija zavisne varijable (korisnika gore navedenih karakteristika) određuje se na temelju vrijednosti točaka sjecišta (*cut*) razvijenog modela, prema izrazima u nastavku teksta:

Vjerojatnost da korisnik s karakteristikama (nezavisnim varijablama) opisanim u tablici 49 pripada kategoriji 1, tj. skupini korisnika koji mjesečno u prosjeku prebacuju od 1 GB do 5 GB podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže (srednji korisnici):

$$P(Y = 1) = P(\text{cut1} < S_j + u \leq \text{cut2}) = \frac{1}{1 + e^{S_j - \text{cut2}}} - \frac{1}{1 + e^{S_j - \text{cut1}}}, \quad (41)$$

Pri čemu je:

$$S_{1071194} = -0,496 \cdot 1 + 0,197 \cdot 1 - 0,434 \cdot 2 + 2,379 \cdot 0 - 0,868 \cdot 1 + 0,331 \cdot 0, \quad (42)$$

$$S_{1071194} = -2,035, \quad (43)$$

te je vjerojatnost da gore navedeni korisnik pripada kategoriji 1 korisnika segmentiranih prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže kako slijedi:

$$P(Y = 1) = P(\text{cut1} < S_j + u \leq \text{cut2}) = \frac{1}{1 + e^{-2,035 - 1,208}} - \frac{1}{1 + e^{-2,035 - (-0,893)}}, \quad (44)$$

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-2,035 - 1,208}} - \frac{1}{1 + e^{-2,035 - (-0,893)}} = \frac{1}{1,039046} - \frac{1}{1,319180}, \quad (45)$$

$$P(Y = 1) = 0,2042. \quad (46)$$

Navedeni rezultat interpretira se kako slijedi: vjerojatnost da korisnik karakteristika (ima vlastite prihode za vrijeme studiranja, prosječna količina GB mobilnog Interneta uključenih u tarifni plan je od 1 GB do 2 GB, povremeno je korisniku dovoljna količina uključenih GB mobilnog Interneta tarifnog plana, nema pristup Wi-Fi mreži u stanu/kući, ažuriranje/update aplikacija vrši korištenjem mobilne i Wi-Fi mreže i postavke aplikacija za generiranjem podatkovnog prometa samo na Wi-Fi mrežama nisu nikad uključene) pripada kategoriji korisnika koji na mjesečnoj razini u prosjeku prebacuju od 1 GB do 5 GB podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže jest **20,42 %**.

Za korisnika koji je okarakteriziran gore navedenim karakteristikama (razinama nezavisnih varijabli), a na temelju ranije navedenih izračuna moguće je odrediti vjerojatnost pripadanja i ostalim kategorijama zavisne varijable prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Sumarni prikaz dobivenih rezultata koji se odnose na predviđanje vjerojatnosti da korisnik (određenih karakteristika prema razinama nezavisnih varijabli) pripada nekoj od pet kategorija korisnika prema količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže predložen je u tablici 51.

Tablica 51: Vjerojatnosti pripadanja određenoj kategoriji zavisne varijable za korisnike čije su karakteristike određene kombinacijom razina nezavisnih varijabli modela

Razine nezavisnih varijabli						Vjerojatnost pripadanja određenoj kategoriji zavisne varijable				
$x_3$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{13}$	$x_{16}$	$x_{17}$	0	1	2	3	4
1	1	2	0	1	0	75,82 %	20,42 %	2,75 %	0,87 %	0,13 %

U tablici 51 prikazana je, za sve korisnike s navedenim razinama nezavisnih varijabli, vjerojatnost da isti pripadaju jednoj od pet kategorija korisnika (0, 1, 2, 3, 4) prema količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže.

Na temelju podataka o razinama nezavisnih varijabli u tablici 52 prikazane su karakteristike korisnika koje su vezane uz značajne nezavisne varijable razvijenog modela. Kombinacija navedenih nezavisnih varijabli zapravo predstavlja raznovrsnost karakteristika korisnika koji su opisani na temelju vrijednosti nezavisnih varijabli, a time i njihove sličnosti, odnosno obrasce ponašanja.

Tablica 52: Moguće razine nezavisnih varijabli

	Nezavisne varijable značajne za model						
	$x_3$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{13}$	$x_{16}$	$x_{17}$	
<i>Razine nezavisnih varijabli</i>	0	0	0	0	0	0	
	1	1	1	1	1	1	
		2	2			2	2
		3					
		4					

Nastavno na mogućnosti odabira razina nezavisnih varijabli iz tablice 52 potrebno je naglasiti pojam „obrazac ponašanja” što je u ovom radu definirano kao: korisnici koje karakteriziraju iste vrijednosti razina značajnih nezavisnih varijabli imaju istu vjerojatnost pripadanja pojedinoj kategoriji korisnika prema količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže. Drugim riječima, korisnici istih karakteristika, a time i istih razina značajnih nezavisnih varijabli imaju iste vjerojatnosti pripadanja jednoj od pet kategorija korisnika (0, 1, 2, 3, 4) prema količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže.

Nastavno na navedene obrasce ponašanja, u tablici 53 prikazane su neke od mogućih kombinacija karakteristika korisnika a time i obrazaca ponašanja s istim vjerojatnostima pripadanja pojedinoj skupini korisnika prema količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže. Cjelokupni skup podataka prikupljenih istraživanjem, a koji se odnose na obrasce ponašanja korisnika odnosno vjerojatnosti pripadanja pojedinoj skupini korisnika prema količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže prikazan je u Prilogu 8.

Tablica 53: Segment podataka o obrascima ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže

ID	Razine nezavisnih varijabli						Vjerojatnost pripadanja određenoj kategoriji zavisne varijable				
	x3	x9	x10	x13	x16	x17	0	1	2	3	4
1071194	1	1	2	0	1	0	75,82%	20,42%	2,75%	0,87%	0,13%
1037942	1	2	2	0	1	0	72,02%	23,44%	3,32%	1,06%	0,15%
1074764	0	0	2	0	1	0	69,93%	25,07%	3,65%	1,17%	0,17%
1047938	0	0	2	0	1	0	69,93%	25,07%	3,65%	1,17%	0,17%
1080884	1	1	2	0	1	1	69,25%	25,60%	3,76%	1,21%	0,18%
1052018	1	1	2	0	1	1	69,25%	25,60%	3,76%	1,21%	0,18%
1044980	1	3	2	0	1	1	60,28%	32,26%	5,41%	1,79%	0,26%
1055282	0	1	2	0	1	1	57,82%	33,99%	5,93%	1,97%	0,29%
1056608	1	1	2	0	0	1	48,59%	39,95%	8,22%	2,83%	0,42%
1067012	1	3	0	0	1	0	46,99%	40,89%	8,68%	3,01%	0,44%
1060280	0	3	1	0	1	0	45,44%	41,75%	9,14%	3,19%	0,47%
1085474	0	1	0	0	1	0	44,47%	42,28%	9,44%	3,31%	0,49%
1082312	0	1	2	0	0	1	36,52%	45,95%	12,31%	4,54%	0,68%
1055384	1	2	2	1	2	0	36,22%	46,06%	12,44%	4,59%	0,69%
1048448	1	0	1	0	0	2	34,87%	46,53%	13,01%	4,85%	0,73%
1088534	0	2	2	0	0	1	32,07%	47,35%	14,29%	5,46%	0,83%
1087208	0	0	1	0	0	1	31,22%	47,55%	14,70%	5,66%	0,86%
1001426	1	3	1	0	0	1	29,20%	47,93%	15,74%	6,18%	0,95%
1087310	0	3	0	0	1	1	27,92%	48,08%	16,44%	6,55%	1,01%
1084964	0	0	2	1	2	1	26,93%	48,15%	17,00%	6,86%	1,06%
1001120	1	0	2	1	1	0	26,13%	48,18%	17,47%	7,11%	1,11%
1055690	1	0	2	1	1	0	26,13%	48,18%	17,47%	7,11%	1,11%
1050386	1	0	0	0	0	2	25,75%	48,18%	17,70%	7,24%	1,13%
1075070	1	2	0	0	0	1	24,55%	48,13%	18,45%	7,67%	1,20%
1060178	0	0	0	0	0	1	22,72%	47,90%	19,65%	8,40%	1,33%
1001630	1	1	2	1	1	0	22,50%	47,86%	19,80%	8,49%	1,35%
1063646	1	1	2	1	1	0	22,50%	47,86%	19,80%	8,49%	1,35%
1061300	1	1	2	1	1	0	22,50%	47,86%	19,80%	8,49%	1,35%
1078844	1	1	2	1	1	0	22,50%	47,86%	19,80%	8,49%	1,35%
1078436	1	1	2	1	1	0	22,50%	47,86%	19,80%	8,49%	1,35%
1076804	1	3	0	0	0	1	21,08%	47,51%	20,81%	9,15%	1,46%
1089656	1	0	2	1	1	1	20,26%	47,24%	21,41%	9,56%	1,53%
1088330	0	3	1	0	0	1	20,06%	47,17%	21,56%	9,66%	1,55%

Podacima prikazanima u tablici 53 definirani su obrasci ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Navedeni obrasci ponašanja određeni su vjerojatnošću da korisnik određenih značajnih karakteristika spada u jednu od pet korisničkih kategorija određenih prema količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže.

Validacija dobivenog modela prikazanog izrazom 32 izvršena je upotrebom metode unakrsne validacije s izdvajanjem jednog elementa (*Leave-One-Out Cross-Validation*). Navedena metoda procjenjuje kvalitetu modela na način da izdvaja  $i$ -ti zapis iz baze podataka te prilagođava model na temelju svih ostalih zapisa iz baze. Iznosi dobivenih parametara omogućuju predviđanje vrijednosti zavisne varijable za promatrani  $i$ -ti zapis. Navedeno se ponavlja za svaki pojedini zapis iz baze podataka.

Unakrsna validacija s izdvajanjem jednog elementa prikazuje vrijednosti tri parametra prilagođenosti modela. Prvi parametar je korijen srednje kvadratne pogreške (*Root Mean Squared Error* – RMSE) određen izrazom 47:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - f_i)^2}{n}}, \quad (47)$$

gdje je:

$y_i$  = izmjerena vrijednost zavisne varijable za  $i$ -ti zapis,

$f_i$  = predviđena vrijednost zavisne varijable za  $i$ -ti zapis.

Drugi parametar je srednja apsolutna pogreška (*Mean Absolute Error* – MAE) određena izrazom 48:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - f_i|, \quad (48)$$

gdje je:

$y_i$  = izmjerena vrijednost zavisne varijable za  $i$ -ti zapis,

$f_i$  = predviđena vrijednost zavisne varijable za  $i$ -ti zapis.

Treći parametar je Pseudo R<sup>2</sup> koeficijent koji u programskom alatu Stata predstavlja McFadenov R<sup>2</sup> koeficijent, u radu određen izrazom (21).

S obzirom na navedeno, izvršena je usporedba parametara dobivenih upotrebom unakrsne validacije s izdvajanjem jednog elementa između razvijenog modela ordinalne logističke regresije dobivenog upotrebom 17 nezavisnih varijabli (inicijalni model) i modela ordinalne logističke regresije dobivenog upotrebom 6 nezavisnih varijabli definiranih kao značajne (finalni model u radu). U tablici 54 prikazane su vrijednosti dobivenih parametara za oba modela.

Tablica 54: Usporedba parametara dobivenih upotrebom unakrsne validacije s izdvajanjem jednog elementa na primjeru inicijalnog i finalnog modela u radu

	Inicijalni model (1)	Finalni model (2)	(2) - (1)
<b>RMSE</b>	2,12811270	2,12919840	0,00108570
<b>MAE</b>	1,85187610	1,85444640	0,00257030
<b>Pseudo R2</b>	0,10204157	0,11698061	0,01493904

Kao što je vidljivo u tablici 54, razlika u vrijednostima parametara RMSE i MAE dobivenih upotrebom unakrsne validacije s izdvajanjem jednog elementa između inicijalnog i finalnog modela jest gotovo zanemariva. Navedeno predstavlja dokaz da je za postizanje optimalnih rezultata modela ordinalne logističke regresije dovoljno koristiti 6 varijabli određenih kao značajne za razvoj modela. Drugim riječima, povećanje broja varijabli ne utječe na kvalitetu modela. Veća vrijednost Pseudo R2 parametra ordinalne logističke regresije u programskom alatu Stata ukazuje na bolju prilagođenost modela.

Time je dokazana glavna hipoteza ove doktorske disertacije koja glasi: pridruživanjem prikupljenih podataka o ostvarenom podatkovnom prometu pametnog telefona integriranom aplikacijom s anketnim podacima o individualnim karakteristikama korisnika moguće je definirati obrasce ponašanja korisnika.



# 7 Diskusija dobivenih rezultata

Sedmo poglavlje prikazuje diskusiju glavnih rezultata dobivenih istraživanjem. Prikazan je potencijal prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže kao dodana vrijednost za telekomunikacijske operatore u vidu učinkovitijeg korištenja resursa kojima raspolažu. Iskazane su mogućnosti upotrebe matematičke metode ordinalne logističke regresije i razvijenog modela za potrebe operatora i davatelja usluga pokretnih i Wi-Fi mreža. Navedeni su planovi daljnjih istraživanja. Iako je disertacija ispunila zadane ciljeve i potvrdila znanstvene hipoteze rada, napomenuta su ograničenja rada. Na kraju poglavlja istaknuti su elementi koji utječu na originalnost rada.

## 7.1 Potencijal prebačenoga podatkovnog prometa kao dodana vrijednost za operatore pokretne komunikacijske mreže

Uzimajući u obzir trendove pristupa pokretnim i Wi-Fi mrežama prilikom upotrebe pametnih telefona te različite poslovne modele koje podržavaju ova dva sustava, pristup korištenjem Wi-Fi mreža omogućuje stvaranje dodane vrijednosti za operatore pokretne komunikacijske mreže. Kada je riječ o Wi-Fi tehnologiji, ne postoji prava ili kriva strategija razvoja, no operatori moraju pratiti trendove svih oblika mrežnih mogućnosti i donositi utemeljene odluke na temelju dubokog razumijevanja trendova korisničkog ponašanja; uključujući njihov položaj na tržištu, korištene komunikacijske mreže te ukupni sastav baze korisnika. Kako navode autori u [185], integracija Wi-Fi pristupa operatorima pokretne komunikacijske mreže osigurava dodanu vrijednost koja može uključivati:

- sposobnost poticanja lojalnosti korisnika i smanjenje njihovog odljeva pružajući korisnicima poboljšanu iskustvenu kvalitetu kroz jednostavnost korištenja, poboljšanu pokrivenost u zatvorenim prostorima i brzinu usluge
- sposobnost kontroliranja načina na koji krajnji korisnici doživljavaju Wi-Fi mreže te zadržavanje pozicije operatorima pokretnih mreža u lancu vrijednosti podatkovnog prometa
- povećanje svojeg ukupnog mrežnog kapaciteta kako bi se mogli udovoljiti zahtjevi za sve većom potražnjom za uslugama temeljenim na podatkovnim prometom na jeftiniji način odabirom prebacivanja prometa na odobrene Wi-Fi mreže u svrhu bolje iskustvene kvalitete usluge. Navedeno oslobađa resurse pokretne mreže za korisnike usluga višeg zahtjeva za podatkovnim prometom.

S tim u vezi dosadašnja istraživanja naglašavaju neke od mogućnosti pristupa Wi-Fi mrežama za operatore telekomunikacijske mreže, kao potencijalna dodana vrijednost postojećim poslovnim modelima. Ericssonov izvještaj prikazan u [4] navodi da zajedno s upotrebom sadržaja, aplikacija i usluga, podatkovni promet raste brže nego ikad, te je najizravniji način stvaranja dodane vrijednosti od strane sadržaja, aplikacija i usluga na temelju ostvarenoga podatkovnog prometa. Informa u [46] navodi da bez razumijevanja važnosti generiranja podatkovnog prometa upotrebom Wi-Fi mreža, operatori nemaju cjelokupan uvid u trendove među svojim korisnicima. Bez takvoga potpunog uvida postoji opasnost da se generiranje podatkovnog prometa, koje se u velikoj mjeri ostvaruje Wi-Fi mrežama, premjesti na nedovoljno pripremljene pokretne mreže iznenadnom promjenom cijena ili pojavom novih informacijsko-komunikacijskih usluga. Navedena vrsta uvida ima veliku važnost u čitavom poslovanju operatora te marketinški i razvojni timovi mogu iskoristiti nova saznanja za izgradnju ciljanih ponuda i pripadajućih struktura za određivanje cijene tarifnih planova s većim stupnjem povjerenja u pogledu očekivanog učinka na mreže ili usvajanje korisnika. Autori u [48] ističu da bi operatori pokretne mreže trebali biti svjesni činjenice da se pokretne mreže tipično upotrebljavaju za vremenski kritične interakcije koje su od velike vrijednosti za korisnika; kao što su digitalni zemljovid, lokacijske informacije, provjeravanje sportskih rezultata, ažuriranje društvenih mreža ili slanje i primanje glasovne i tekstualne komunikacije u stvarnom vremenu. U drugim slučajevima odnosno upotrebom Wi-Fi mreža, korisnici se

koriste aplikacijama ili uslugama koje ostvaruju značajne količine podatkovnog prometa, a koje su njima često percipirane kao mreže nižega cjenovnog ranga.

Mnoga istraživanja kao i rezultati dobiveni u ovom radu, ukazuju na potencijal koji nudi prebačeni podatkovni promet pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže. Isti naglašavaju i prikazuju značajne količine prenesenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže kao dodanu vrijednost koji operatori mogu i trebaju iskoristiti. Operatori pokretnih mreža zapravo gube podatkovni promet zbog mogućnosti pristupa i Wi-Fi mrežama, unatoč rastu podatkovnog prometa pristupom pokretnim mrežama, budući da Wi-Fi podatkovni promet upotrebom pametnih telefona raste većom brzinom od podatkovnog prometa ostvarenog pokretnim mrežama. Navedeno će se nastaviti ukoliko operatori ne počnu prihvaćati pristup Wi-Fi mrežama na nove i progresivne načine. Rezultati dobiveni u ovom radu usmjereni količinama prebačenoga podatkovnog prometa potvrđuju dosadašnja istraživanja čiji naglasak jest na značaju upotrebe Wi-Fi mreža prilikom korištenja pametnih telefona. Navedeni rezultati navode kako se 98,9 % sudionika koristi Wi-Fi mrežama, dok se čak 74,16 % sudionika istraživanja najčešće koristi Wi-Fi mrežama za pristup mreži Internet i za prijenos podatkovnog prometa. Navedeno dodatno potenciraju i podaci koji ukazuju na potencijal koji je vezan na mogućnost stvaranja dodane vrijednosti od upotrebe Wi-Fi pristupnih mreža, a u tom okviru i velike količine prebačenoga podatkovnoga prometa prema sljedećim činjenicama istraženima u ovom radu:

- količina prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih mreža na Wi-Fi mreže (3060 GB) značajno premašuje količinu podatkovnog prometa koji je generiran korištenjem pokretnim mrežama (398 GB)
- količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže gotovo je 7,7 puta veća od količine ostvarenoga podatkovnog prometa korištenjem pokretnim mrežama
- od ukupne količine ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona, čak 88,49 % podatkovnog prometa prebačeno je s pokretnih na Wi-Fi mreže, odnosno 11,51 % podatkovnog prometa pametnih telefona generiran je korištenjem pokretnim mrežama.
- od analiziranih 298 ispitanika s točnim podacima, 261 ispitanik ili u 87,58 % slučajeva količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže veća je od količine ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona koja je generirana pokretnim mrežama

Neka od prethodnih istraživanja kao i rezultati dobiveni u ovom radu, kao dodanu vrijednost upotrebe Wi-Fi mreža i prebacivanja podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže, ističu mogućnost uvida u podatke o ponašanju korisnika i upotrebi aplikacija i usluga. Tako primjerice istraživanje [220] navodi da održavanje kontrole nad pretplatnicima nije ništa novo za operatore pokretnih komunikacijskih mreža. Važna jest sposobnost da se podatkovni promet ili održi na njihovim vlastitim Wi-Fi mrežama ili, ako postanu partneri u prebacivanju podataka, da barem održe razinu kontrole. Transparentno prebacivanje mobilnoga podatkovnog prometa upotrebom Wi-Fi mreža daje operatorima stvarne koristi: pomaže u boljem upravljanju podatkovnim

prometom na pokretnoj mreži, smanjuje troškove nadogradnji zato što se radi o softveru koji je lako proširivati te operatorima omogućuje ponudu novih informacijsko-komunikacijskih usluga. Autori u [16] navode da je zadržavanje podatkovnog prometa pretplatnika u vlastitim mrežama ili zadržavanje stupnja kontrole nad istim, veoma poželjno. Mogućnosti uvida u podatke o korisnicima i količinama prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže prikazani su i u ovom radu analizom prikupljenih podataka koristeći integriranu aplikaciju pametnih telefona, te prikazom metoda mjerenja ostvarenoga podatkovnog prometa.

Pojedina istraživanja, kao primjerice [3], [45] i [53], ukazuju na prilike i prednosti integracije Wi-Fi mreža u ostale pokretne i nepokretne širokopojasne pristupne mreže kako bi se korisnicima osigurala poboljšana iskustvena kvaliteta usluge. Tako istraživanje [3] navodi da je učinkovitiji pristup prebacivanju na Wi-Fi mreže proširenje pristupne mreže operatora tako da uključuje pristupne točke koje su pod izravnim upravljanjem operatora. Na primjer, AT&T je razvio veliki broj pristupnih točaka u New Yorku. China Mobile planira povećati broj Wi-Fi pristupnih točaka na 1 milijun diljem Kine. KT Telecom u Južnoj Koreji imao je u 2012. godini 62000 pristupnih točaka koje se aktivno upotrebljavaju za prebacivanje podatkovnog prometa. Wi-Fi pristupne točke nisu dizajnirane za preuzimanje podatkovnog prometa u cijeloj mreži, već za smanjenje zagušenja tamo gdje infrastruktura pokretne mreže nema dovoljno velik kapacitet. Operatori mogu poticati pretplatnike da se koriste Wi-Fi pristupnim točkama, pružajući im različite atraktivne podatkovne pakete. Na primjer, Vodafone UK uveo je podatkovni paket koji uključuje mjesečnu količinu od 1 GB podataka na bilo kojem od BT Openzone Premium pristupnih točaka. KDDI Corporation, glavni pružatelj telekomunikacijskih usluga u Japanu, lansirao je prvi i najveći „instant-on“ Wi-Fi pristup i uslugu prebacivanja mobilnoga podatkovnog prometa u svijetu. Pretplatnici „neograničenog“ paketa mogu se besplatno koristiti i uslugom pomoću njihovih Android pametnih telefona na 100000 lokacija do ožujka 2012. Orange (Ujedinjeno Kraljevstvo) i T-Mobile (SAD) koriste se aplikacijom za Wi-Fi pozivanje koja se automatski aktivira i preusmjerava pozive i SMS usluge upotrebom Wi-Fi mreže kad je u dometu Wi-Fi mreže [3]. Japanska vlada planira promovirati implementaciju dodatnih besplatnih pristupnih točaka u javnim prostorima kako se približavaju Olimpijske igre 2020. u Tokiju [45]. Istraživanje [185] navodi da operatori potiču korisnike u upotrebi Wi-Fi mreža kako bi im pružili bolju kvalitetu usluge prijenosa podataka od usluge prijenosa podataka pokretnom mrežom, posebice u zatvorenim prostorima. Kako Wi-Fi pristup postaje sve integriraniji u pokretne mreže, operatori će imati priliku ponuditi Wi-Fi pristup kao uslugu te ga iskoristiti i za povećanje bežične pokrivenosti i kapaciteta u funkciji poboljšane iskustvene kvalitete usluge.

Analizirajući dublje trendove i donoseći odluke koristeći se uvidom u podatke o korisnicima, operatori imaju priliku učinkovitije iskoristiti ukupnu potražnju za podatkovnim prometom upotrebom pokretnih i Wi-Fi mreža. Navedeno je moguće ostvariti pronalaženjem inovativnih načina stvaranja dodane vrijednosti od strane potražnje za pristupom mreži Internet upotrebom Wi-Fi tehnologije, prikazano dosadašnjim istraživanjima te rezultatima dobivenim u ovom radu.

## 7.2 Mogućnost primjene razvijenog modela

Jedan od važnih zaključaka ovog rada jest prepoznavanje činjenice kako operatori pokretnih mreža nemaju podatke i vidljivost u pogledu načina upotrebe aplikacija na pametnim telefonima od strane svojih korisnika. Dodatno, podaci ukazuju na činjenicu da je ukupna potražnja za prebacivanjem podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže upotrebom pametnih telefona ogromna i da je potencijalno tržište za operatore veće nego što se to ranije procjenjivalo. Istraživanjem je dokazana mogućnost upotrebe matematičke metode ordinalne logističke regresije za razvoj modela s analizom vezanih parametara koja je pokazala kako točno određene nezavisne varijable (na temelju verificiranih parametara) značajno utječu na zavisnu varijablu u postupku definiranja obrazaca ponašanja korisnika.

Primjena rezultata dobivenih u ovom radu usmjerena je prije svega prema operatorima pokretnih mreža, mobilnim virtualnim mrežnim operatorima, davateljima usluge pokretne mreže, operatorima Wi-Fi mreže te davateljima usluge Wi-Fi mreže u cilju pružanja informacija o potencijalu i mogućnostima upotrebe razvijenog modela kako bi se ostvario detaljniji uvid u ponašanje korisnika pri generiranju podatkovnog prometa upotrebom pametnih telefona. Velike količine podatkovnog prometa pametnih telefona koji se prebacuje s pokretnih na Wi-Fi mreže predstavlja veliku financijsku vrijednost u uslugama od kojih su operatori pokretnih mreža do sada imali malo mogućnosti za ostvarivanje dobiti. Navedeno prije svega označava činjenicu kako operatori pokretnih mreža, na temelju dostupnih faza i koraka razvoja modela i samog modela, mogu ostvariti uvid u ponašanje korisnika i količine podatkovnog prometa koje se generiraju upotrebom pokretnih mreža i koje se prebacuju s pokretnih mreža na Wi-Fi mreže.

Ukoliko su operatori u mogućnosti razumjeti razlike u upotrebi različitih pristupnih mreža od strane svojih korisnika, oni se mogu koristiti navedenim uvidima za izgradnju korisnički ciljanih prijedloga. Na primjer, za izgradnju namjenskih tarifnih planova za popularne aplikacije, kao što je, primjerice, neograničeni *e-mail* plan za usluge *roaminga* ili podatkovni paket s uključenim besplatnim pristupom popularnim društvenim mrežama.

Razvijeni model u okviru ove doktorske disertacije osigurava operatorima i davateljima usluga pristupa pokretnim i Wi-Fi mrežama određivanje karakteristika korisnika koje značajno utječu na količine prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže, pri upotrebi pametnih telefona. Rezultati razvijenog modela operatorima pokretnih i Wi-Fi mreža te davateljima usluga pristupa pokretnim i Wi-Fi mrežama daju saznanja i nude mogućnosti za potrebe strateškog djelovanja i optimizacije poslovanja u vidu personalizacije usluga i tarifnih planova, segmentacije i targetiranja korisnika te planiranja telekomunikacije mreže na temelju potencijalne implementacije komplementarne Wi-Fi pristupne mreže.

### 7.3 Daljnja istraživanja predmetnog područja

Faze i koraci odnosno metodologija razvoja modela i sam model izrađen u okviru ove doktorske disertacije otvara nova područja i mogućnosti u cilju definiranja obrazaca ponašanja korisnika s različitih pogleda. Prikupljeni podaci, vidljivi u prilogu 5, daju informacije o količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona na razini aplikacija, odnosno količinama podatkovnog prometa ostvarenog upotrebom Wi-Fi mreža. Navedeni podaci iskorišteni su u postupku razvoja modela za definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnoga prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.

S obzirom na bazu prikupljenih podataka o ostvarenom podatkovnom prometu korištenjem integriranim aplikacijama pametnih telefona temeljenih na OS-u Android, prikupljeni podaci uključuju i informacije o ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona korištenjem pokretnim mrežama, na razini aplikacija. S tim u vezi, nastavno na istraživanje u okviru ove doktorske disertacije, nastavak istraživačkog rada bit će usmjeren definiranju obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri generiranju podatkovnog prometa upotrebom pokretnih mreža. Razvijanim modelom ove doktorske disertacije otvara se mogućnost primjene metodologije i razvoja modela definiranja obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona generiranjem podatkovnog prometa isključivo upotrebom pokretnim mrežama. Očekivani rezultati vidljivi su kroz identifikaciju bitnih karakteristika korisnika koje omogućuju izračun vjerojatnosti da pojedini korisnik pametnog telefona pripada određenoj kategoriji korisnika prema količini ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa (upotrebom isključivo pokretne mreže).

Nakon što se identificiraju razlike između generiranja podatkovnog prometa pokretnih i Wi-Fi mreža, operatori također moraju nastojati ispitati ključne aplikacije koje dovode do vršnog podatkovnog prometa na pokretnim i Wi-Fi mrežama. Navedena razina uvida može pomoći operatorima u razvoju strategije prebacivanja podatkovnog prometa. Navedene strategije trebale bi prikazati mogućnost prebacivanja podatkovnog prometa dobivenog na temelju određenih aplikacija preko različitih mrežnih resursa u vidu ostvarenja najvećeg profita [46].

Prikupljeni podaci o ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona ukazuju na količine generiranoga i prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona na razini aplikacija. Navedeno ukazuje na činjenicu kako je definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona moguće ostvariti i na razini aplikacija. Na temelju navedenog moguće je identificirati karakteristike korisnika koje su značajne za korištenje određenim aplikacijama (npr. Youtube) te izračunati vjerojatnost da korisnik definiranih karakteristika pripada određenoj kategoriji korisnika prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže; primjerice vezano isključivo uz aplikaciju Youtube. Navedeno se odnosi i na mogućnosti analize u okviru ponašanja korisnika pri generiranju mobilnoga podatkovnog prometa pametnih telefona isključivo pokretnim mrežama, primjerice aplikacijom Youtube.

## 7.4 Ograničenja znanstvenog istraživanja

Iako je disertacija ispunila zadane ciljeve i potvrdila znanstvene hipoteze rada, buduća istraživanja svakako trebaju sadržavati cjelovitiji skup podataka kako bi se omogućio detaljniji uvid u ponašanja korisnika pametnih telefona pri generiranju i prebacivanju podatkovnog prometa. Poželjno jest da navedeni uzorak (podaci o količinama ostvarenog podatkovnog prometa i o karakteristikama korisnika) uključuje sve korisničke segmente različitih demografskih karakteristika. Navedeno bi osiguralo veću bazu podataka s detaljnijim uvidom u različitosti, ali i obrasce ponašanja korisnika različitih segmenata, te generalizaciju rezultata istraživanja na razini populacije, ovisno o analiziranim karakteristikama.

Validacija cjelokupnog modela te ispitivanje značajnosti pojedinih parametara pokazala je dobru prilagođenost modela prikupljenim podacima, no u vidu proširenja baze prikupljenih podataka o korisnicima i količinama prebačenoga podatkovnog prometa potrebno je naglasiti analizu dužeg vremenskog razdoblja od razdoblja analiziranog u ovoj doktorskoj disertaciji. Navedeno bi omogućilo cjelovitije i jasnije informacije o korisničkom generiranju podatkovnog prometa pametnih telefona, a samim time i obrazaca ponašanja.

Izbor nezavisnih varijabli istraživanja, odnosno određivanje karakteristika korisnika koje su značajne za razvoj modela ostvaren je na temelju identificiranih relevantnih čimbenika koji utječu na količinu generiranoga podatkovnog prometa pametnih telefona i utvrđenih preferencija korisnika za prebacivanje podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. S obzirom da identificirani relevantni čimbenici i utvrđene preferencije korisnika predstavljaju otvoreni okvir, moguće su nadogradnje navedenih elemenata sukladno tehničko-tehnološkom razvoju tehnologije, pametnih telefona i promjena u korisničkom ponašanju. S tim u vezi očekivana su saznanja o novim čimbenicima i preferencijama korisnika u narednom razdoblju, s profiliranim (dodatnim) razinama nezavisnih varijabli.

## 7.5 Originalnost rada

Originalnost ove doktorske disertacije vidljiva je kroz nekoliko elemenata. Prije svega, važno je naglasiti faze i korake odnosno metodologiju razvoja modela koja predstavlja jedinstven i zaokružen pristup te omogućuje prikupljanje podataka o karakteristikama korisnika i količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže. U tom vidu značajno je naglasiti da su pitanja anketnog upitnika koja opisuju karakteristike korisnika pažljivo definirana budući da se temelje na otvorenom okviru identificiranih relevantnih čimbenika koji utječu na količinu generiranoga podatkovnog prometa i utvrđenih preferencija korisnika za prebacivanjem podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže.

Nadalje, u radu je dokazano kako je moguće združiti podatke o količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s podacima o karakteristikama korisnika temeljem jedinstvenog zajedničkog identifikatora, te tako združene podatke iskoristiti kao bazu za izradu modela kojim se definiraju obrasci ponašanja korisnika. Razvijenim modelom dokazana je mogućnost primjene matematičke metode ordinalne logističke regresije u području informacijsko-komunikacijskog prometa. Time je, između ostalog, dokazano da postoji veza između podataka o količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona (kao zavisne varijable) i anketnih podataka o karakteristikama korisnika tih pametnih telefona (kao nezavisnih varijabli). Identificirane karakteristike korisnika verificirane su te je kvantificiran utjecaj pojedine nezavisne varijable na zavisnu varijablu. Navedenim postupkom određena je značajnost utjecaja pojedine karakteristike korisnika na pripadnost nekoj od kategoriji korisnika segmentiranih prema količinama prebačenog podatkovnog prometa. Primjerice, određen je značajan utjecaj korisničkog pristupa Wi-Fi mreži kod kuće na vjerojatnost pripadanja određenoj kategoriji korisnika segmentiranih prema količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže. Navedeni elementi, prema autorovom saznanju, nisu poznati u ranijoj literaturi kao dio istraživanja i fokusa te predstavljaju izvorni dio ove doktorske disertacije.



# 8 Zaključak

Osmo poglavlje donosi zaključna razmatranja na temelju dobivenih rezultata kojima su dokazane postavljene hipoteze i potvrđeni izvorni znanstveni doprinosi istraživanja. Osim toga, dana su zaključna razmatranja u pogledu razvijene metodologije za izradu modela te upotrijebljene metode ordinalne logističke regresije te je pojašnjeno tumačenje dobivenih rezultata modela kojima je ostvaren zadani cilj istraživanja.

Definiranje obrazaca ponašanja korisnika u vidu količine prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže od najvećeg je značaja za operatore i davatelje usluga pokretnih i Wi-Fi komunikacijskih mreža. Ostvarenje budućeg potencijala rasta industrije mobilne komunikacijske tehnologije i usluga uz poticanje upotrebe pametnih telefona i generiranje podatkovnog prometa od strane trenutno neiskorištenih segmenata korisnika zahtijevat će od operatora pokretnih i Wi-Fi mreža detaljnije razumijevanje ponašanja korisnika kako bi se implementirali održivi i profitabilni modeli utvrđivanja cijena usluga i poslovnih procesa. Navedeno uključuje potrebu za razumijevanjem potražnje za podatkovnim prometom prema načinu primjene, mjestu i dobu dana, kao i prema korisnikovom najpoželjnijem načinu pristupa mreži. Bez cjelovitog uvida u sve aspekte ponašanja korisnika pametnih telefona pri generiranju podatkovnog prometa, operatori pokretnih i Wi-Fi mreža neće biti u mogućnosti ostvariti maksimalan povrat investicije od navedene mogućnosti na tržištu. Prebačeni podatkovni promet pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže predstavlja priliku operatorima i davateljima usluga pokretnih i Wi-Fi mreža koja se može pretvoriti u dodanu vrijednost.

Glavni cilj istraživanja ove doktorske disertacije jest definirati obrasce korisničkog ponašanja u prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih mreža na Wi-Fi mreže pri korištenju pametnog telefona i vezanih aplikacija. U okviru doktorske disertacije tumačenje „obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže” određeno je vjerojatnošću da pojedini korisnik (sa specifičnim karakteristikama koje su određene nezavisnim varijablama istraživanja) bude u jednoj od pet kategorija korisnika određenoj prema količini prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže.

Na taj način određene su sljedeće značajke važne za ostvarenje cilja istraživanja:

- utvrđivanje karakteristika korisnika promatranog uzorka koje značajno utječu na definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnoga prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže
- definiranje obrazaca ponašanja korisnika koji predstavljaju vjerojatnost pojave da će korisnik utvrđenih karakteristika biti u jednoj od pet definiranih kategorija korisnika prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.

Ovom doktorskom disertacijom potvrđene su znanstvene hipoteze:

- pridruživanjem prikupljenih podataka o ostvarenom podatkovnom prometu pametnog telefona integriranom aplikacijom s anketnim podacima o individualnim karakteristikama korisnika moguće je definirati obrasce ponašanja korisnika
- podloga za istraživanje karakteristika korisnika pametnih telefona jesu identificirani relevantni čimbenici koji utječu na generiranje podatkovnog prometa pametnog telefona i utvrđene preferencije za prebacivanje podatkovnog prometa pametnog telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže.

Ovim radom potvrđeni su i izvorni znanstveni doprinosi u polju Tehnologija prometa i transport:

- identificirani su relevantni čimbenici koji utječu na generiranje podatkovnog prometa pametnog telefona i utvrđene su preferencije korisnika pri donošenju odluke o prebacivanju podatkovnog prometa pametnog telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže
- razvijena je nova metodologija združivanja podataka o ostvarenom podatkovnom prometu pametnih telefona korištenjem pokretnim i Wi-Fi mrežama te prikupljenih integriranom aplikacijom s anketnim podacima o individualnim karakteristikama korisnika tih pametnih telefona
- razvijen je model za definiranje obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.

U radu su prikazani elementi koji utječu na definiranje obrazaca ponašanja s ciljem analize karakteristika korisnika pametnih telefona pri generiranju podatkovnog prometa pristupom pokretnim i Wi-Fi mrežama. Detaljno su izdvojena dosadašnja istraživanja koja su pojasnila značajke i specifičnosti razvoja i upotrebe pokretnih i Wi-Fi mreža te generiranje podatkovnog prometa istima. Pojašnjene su mogućnosti mjerenja ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona kao i podaci o rastu količina generiranoga i prebačenoga podatkovnog prometa. Detaljno je opisan postupak prikupljanja, obrade i analize prikupljenih podataka potrebnih za izradu modela, kao i slijed faza odnosno metodologija razvoja modela.

Razvijeni model kao izvorni znanstveni doprinos rada predstavlja matematički model koji na temelju adekvatnih i verificiranih parametara analizira objektivno mjerljive i subjektivne parametre korisnika. Cjelokupni model prikazuje dobru prilagođenost podacima, a veća vrijednost Pseudo R<sup>2</sup> parametra ukazuje na bolju prilagođenost modela. Modularnost modela, između ostalog, osigurana je na temelju relevantnih čimbenika koji utječu na količinu ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona i preferencija korisnika za prebacivanje podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Navedeno osigurava konzistentnost modela i dinamičku nadogradnju sukladno tehničko-tehnološkim unaprjeđenjima uređaja i okruženja. Ažuriranje baze podataka o relevantnim čimbenicima i preferencijama korisnika osigurava nadogradnju razvijenog modela u okviru novih pitanja anketnog upitnika s ciljem utvrđivanja karakteristika korisnika koje se mogu odrediti kao značajne za razvoj budućeg modela.

Temeljem definiranih faza i koraka odnosno metodologije za razvoj modela ovom doktorskom disertacijom dokazano jest kako je moguće združiti izmjerene podatke o količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi mreže s karakteristikama korisnika prikupljenih anketnim upitnikom. Ispitivanje prilagođenosti razvijenog modela podrazumijevalo je ispitivanje značajnosti modela kao cjeline te ispitivanje značajnosti pojedinačnih nezavisnih varijabli. U postupku razvoja modela odrađeno je testiranje značajnosti i mogućnosti korištenja pojedinim nezavisnim varijablama u cilju utvrđivanja i odabira varijabli koje, sukladno vrijednostima ispitanih parametara, ukazuju na značajan utjecaj za razvoj modela. Upotrebom unakrsne validacije s izdvajanjem jednog elementa dokazano je da je za postizanje optimalnih rezultata modela dovoljno koristiti 6 varijabli određenih kao značajne.

U svakom od navedenih koraka provedena je detaljna analiza potrebnih parametara u usporedbi s vrijednostima definiranim literaturom, a u cilju određivanja nezavisnih varijabli koje značajno utječu na zavisnu varijablu. U tom vidu analizirane su vrijednosti *p-testa* pojedine nezavisne varijable u svakom koraku razvoja model, te su se navedene vrijednosti uspoređivale s propisanim i preporučenim vrijednostima  $\alpha_{\text{kriterij}}$ . Navedeni postupak i koraci poslužili su egzaktnom određivanju nezavisnih varijabli koje imaju značajan stupanj povezanosti sa zavisnom varijablom.

Opisane su i različite procedure određivanja značajnosti i odabir nezavisnih varijabli koje su dale identične rezultate. Analizom podataka vidljivo je kako nijedna od nezavisnih varijabli razvijenog modela u vrijednostima intervala povjerenja ne sadrži vrijednost nula što znači da se iste interpretiraju kao značajne varijable. Navedeno daje dodatnu težinu postupku odabira i točnosti razvoja modela, a samim time i odabira nezavisnih varijabli.

Interpretacija razvijenoga modela baziranog na ordinalnoj logističkoj regresiji modelira odnosno procjenjuje vjerojatnost nekog događaja, a ne određenu vrijednost zavisne varijable. Prema tome cilj i rezultat razvijenog modela jest prikaz vjerojatnosti da korisnik pametnog telefona (točno određenih karakteristika) bude u jednoj od pet definiranih kategorija korisnika koji su segmentirani prema količini prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže. Trendovi identificirani u ovom radu mogu snažno utjecati na mnoge važne elemente operatorovog poslovanja.

Operatori bi trebali usmjeriti svoje napore na proaktivno utjecanje i oblikovanje korisničkih odluka modifikacijom cijena i tarifnih planova, angažmana korisnika i strategija mrežnog planiranja, a ne proizvoljno nametati pravila koja mogu ići protiv duboko ukorijenjenog ponašanja korisnika. Navedena razina uvida u usvajanje informacijsko-komunikacijskih usluga na pametnim telefonima i razumijevanje kako se koriste na različitim pristupnim mrežama bit će kritična za razvoj budućeg utvrđivanja cijena, upotrebe informacijsko-komunikacijskih usluga i partnerskih strategija između različitih sudionika dinamičnog telekomunikacijskog tržišta. Sposobnost točnog predviđanja količina generiranoga i prebačenoga podatkovnog prometa ključno je za upravljanje rastom prijenosa podataka. Problem je što nisu svi uređaji jednaki, a podatkovni promet varira značajno za svaku mrežu na temelju dostupnih aplikacija u toj mreži. Potreban je sistematičan pristup za analizu utjecaja podatkovnih usluga u pogledu samog ponašanja korisnika kako bi se ostvarilo kvalitetnije predviđanje istih i veća dodana vrijednost davatelja usluga. Usvajanje integriranog upravljanja podatkovnim prometom u stvarnom vremenu u pristupu upotrebom Wi-Fi i pokretnih mreža također će proširiti opseg dinamičkog postavljanja cijena upotrebe pristupnih mreža te raznovrsnih usluga.

Ovim radom napravljen je važan korak u smjeru efikasne primjene združenih podataka o količinama prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s anketnim podacima o karakteristikama korisnika upotrebom matematičke metode ordinalne logističke regresije. Dokazivanjem izvedivosti i korisnosti primjene ordinalne logističke regresije na združenim podacima, ova doktorska disertacija otvara nova područja s mogućnostima analize obrazaca ponašanja korisnika u funkciji optimizacije poslovanja operatora i davatelja usluge pristupa pokretnim i Wi-Fi mrežama.

## Popis korištene literature

- [1] **Cisco:** *Architecture for Mobile Data Offload over Wi-Fi Access Networks*, Izvještaj, San Jose, California, 2012.
- [2] **Taylor S., Young A., Noronha A.:** *What Do Consumers Want from Wi-Fi? Insights from Cisco IBSG Consumer Research*, Izvještaj, Cisco Internet Business Solutions Group, 2012.
- [3] **Aijaz A., Aghvami H., Amani M.:** *A survey on mobile data offloading: Technical and business perspectives*, IEEE Wireless Communications, sv. 20, izd. 2, str. 104–112, 2013.
- [4] **Ericsson:** *Mobile Business Trends*, Ericsson Mobility Report Appendix - November 2015, studeni, 2015.
- [5] **Marcus J. S., Burns J.:** *Study on Impact of traffic off-loading and related technological trends on the demand for wireless broadband spectrum*, European Commission DG Communications Networks, Content & Technology, 2013.
- [6] **Teshager K.:** *Strategic Use of Wi-Fi in Mobile Broadband Networks*, University of Vaasa, Vaasa, Finska, svibanj, 2010.
- [7] **Cisco:** *Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015–2020*, San Francisco, SAD, 2016.
- [8] **Bošnjak I.:** *Telekomunikacijski promet 2*, 1. izd., Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2001.
- [9] **Aijaz A., Uddin N., Holland O., Aghvami A. H.:** *On Practical Aspects of Mobile Data Offloading to Wi-Fi Networks*, Ithaca, New York, 2015.
- [10] **Han B., Hui P., Kumar V. S. A., Marathe M. V., Shao J., Srinivasan A.:** *Mobile data offloading through opportunistic communications and social participation*, IEEE Transactions on Mobile Computing, sv. 11, izd. 5, str. 821–834, 2012.
- [11] **Kivi A.:** *Diffusion of mobile data in Finland*, NETNOMICS Economic Research and Electronic Networking, sv. 11, izd. 3, str. 243–254, 2010.
- [12] **GSMA:** *The Mobile Economy 2015*, GSM Association, Izvještaj, London, Engleska, 2015.
- [13] **Nielsen:** *The Mobile Consumer: A Global Snapshot*, Izvještaj, New York, SAD, veljača, 2013.
- [14] **Riikonen A.:** *Mobile Internet Usage - Network Traffic Measurements*, Doktorska disertacija, Helsinky University of Technology, Helsinki, Finska, listopad, 2009.
- [15] **Cisco:** *Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology: 2014-2019*, Izvještaj, San Jose, California, SAD, 2015.
- [16] **Hetting C.:** *Seamless wi-fi offload: a business opportunity today*, Izvještaj, Stockholm,

Švedska, ožujak, 2013.

- [17] **Bae S., Ban D., Han D., Kim J., Lee K., Lim S., Park W., Kim C.:** *StreetSense: Effect of Bus Wi-Fi APs on Pedestrian Smartphone*, Proceedings of the 2015 ACM Conference on Internet Measurement Conference, str. 347–353, 2015.
- [18] **Salter A.:** *A Carrier Roadmap for Monetizing Next Generation Wi-Fi*, Izvještaj, Amdocs, California, SAD, 2012.
- [19] **Marsden E., Lee P.:** *Mobile Consumer 2014: The UK cut Revolution and evolution*, Deloitte LLP, Izvještaj, London, Engleska, 2014.
- [20] **Rana J., Bjelland J., Couronne T., Sundsøy P., Wagner D., Rice A.:** *A handset-centric view of smartphone application use*, Procedia Computer Science, sv. 34, str. 368–375, 2014.
- [21] **Verkasalo H. T.:** *Handset-based measurement of smartphone service evolution in Finland*, Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing, sv. 16, izd. 1, str. 7–25, 2007.
- [22] **Verkasalo H., Hämmäinen H.:** *Handset-based monitoring of mobile subscribers*, Proceedings of Helsinki Mobility Roundtable, Sprouts: working papers on information systems, sv. 6, izd. 50, str. 1–22, 2006.
- [23] **Alwahaishi S., Snášel V.:** *Factors Influencing the Consumers' Adoption of Mobile Internet*, The Third International Conference on Digital Information and Communication Technology and its Applications, str. 31–39, lipanj, 2013.
- [24] **Falaki H., LyMBERopoulos D., Mahajan R., Kandula S., Estrin D.:** *A first look at traffic on smartphones*, Proceedings of 10th Annual Conference of Internet Measurment. - IMC '10, str. 281, 2010.
- [25] **Baghel S. K., Keshav K., Manepalli V. R.:** *An investigation into traffic analysis for diverse data applications on smartphones*, 2012 National Conference on Communications (NCC), str. 1–5, 2012.
- [26] **Ghose A., Han S. P.:** *An Empirical Analysis of User Content Generation and Usage Behavior on the Mobile Internet*, Management Science, 2011 Informs, sv. 57, izd. 9, str. 1671–1691, 2011.
- [27] **He X., Lee P. P. C., Pan L., He C., Lui J. C. S.:** *A panoramic view of 3G data/control-plane traffic: Mobile device perspective*, Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 7289 LNCS, sv. 1, izd. 1, str. 318–330, 2012.
- [28] **Yang J., Qiao Y., Zhang X., He H., Liu F., Cheng G.:** *Characterizing user behavior in mobile internet*, IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing, sv. 3, izd. 1, str. 95–106, 2015.
- [29] **Binde J., Fuksa M.:** *Mobile Technologies and Services Development Impact on Mobile*

- Internet Usage in Latvia*, *Procedia Computer Science*, sv. 26, str. 41–50, 2013.
- [30] **Gerpott T. J.:** *Impacts of mobile Internet use intensity on the demand for SMS and voice services of mobile network operators: An empirical multi-method study of German mobile Internet customers*, *Telecommunications Policy Journal*, sv. 34, izd. 8, str. 430–443, 2010.
- [31] **Gerpott T. J., Thomas S.:** *Communication behaviors and perceptions of mobile internet adopters*, Emerald Group Publishing Ltd., sv. 4, izd. 12, str. 54–73, 2010.
- [32] **Gerpott T. J., Thomas S.:** *Empirical research on mobile Internet usage: A meta-analysis of the literature*, *Telecommunications Policy Journal*, sv. 38, izd. 3, str. 291–310, 2014.
- [33] **Gerpott T., Thomas S., Weichert M.:** *Characteristics and mobile Internet use intensity of consumers with different types of advanced handsets: An exploratory empirical study of iPhone, Android and other web-enabled mobile users in Germany*, *Telecommunications Policy Journal*, sv. 37, str. 357–371, 2013.
- [34] **Gerpott T. J., Thomas S., Weichert M.:** *Personal characteristics and mobile Internet use intensity of consumers with computer-centric communication devices: An exploratory empirical study of iPad and laptop users in Germany*, *Telematics and Informatics*, sv. 30, izd. 2, str. 87–99, 2013.
- [35] **Verkasalo H. T.:** *Handset-based Analysis of Mobile Service Usage*, Doktorska disertacija, University of Technology, Helsinki, Finska, 2009.
- [36] **Kivi A.:** *Measuring Mobile User Behavior and Service Usage: Methods, Measurement Points, and Future Outlook*, *International Journal of Mobile Communications*, sv. 7, izd. 4, str. 415–435, 2009.
- [37] **Smura T., Kivi A., Töyli J.:** *A framework for analysing the usage of mobile services*, Emerald Group Publishing Limited, sv. 11, izd. 4, str. 53–67, ožujak, 2009.
- [38] **Kivi A.:** *Mobile Internet Usage Measurement - Case Finland*, Magistarski rad, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finska, 2006.
- [39] **Lee J., Seeling P.:** *An Overview of Mobile Device Network Traffic and Network Interface Usage Patterns*, u *Proceedings of the IEEE International Conference on Electro/Information Technology (EIT)*, str. 1–4, 2013.
- [40] **Muckaden S.:** *Myspeedtest: Active and Passive Measurements of Cellular Data Networks Myspeedtest: Active and Passive*, Georgia Institute of Technology, Atlanta, SAD, 2013.
- [41] **Kaisar S.:** *Smartphone traffic characteristics and context dependencies*, Doktorska disertacija, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, Kanada, siječanj, 2012.
- [42] **Soikkeli T.:** *The Effect of Context on Smartphone Usage Sessions*, Magistarski rad,

Aalto University School of Science, Aalto, Finska, 6. travanj, 2011.

- [43] **Deng S., Netravali R., Sivaraman A., Balakrishnan H.:** *WiFi, LTE, or Both? Measuring Multi-Homed Wireless Internet Performance*, Proceedings of the 2014 Conference on Internet Measurement, str. 181–194, 2014.
- [44] **Church K., Banovic N., Ferreira D., Lyons K.:** *Understanding the Challenges of Mobile Phone Usage Data*, Proceedings of the 17th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services (MobileHCI '15), str. 504–514, kolovoz, 2015.
- [45] **Fukuda K., Kensuke N., Asai H.:** *Tracking the Evolution and Diversity in Network Usage of Smartphones Categories and Subject Descriptors*, Proceedings of the 2015 ACM Conference on Internet Measurement Conference, str. 253–266, 2015.
- [46] **Informa:** *Understanding today's smartphone user: Demystifying data usage trends on cellular & Wi-Fi networks*, Izvještaj, Informa telecoms and media, London, Engleska, 2012.
- [47] **Bakhit K., Chalouhi C., Francis S., Mourad S., Elhajj I. H., Kayssi A., Chehab A.:** *3G to Wi-Fi offloading on Android*, Proceedings of IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA), str. 247–252, ožujak, 2015.
- [48] **Informa Telecoms & Media:** *Understanding Today's Smartphone User, Demystifying data usage trends on cellular and Wi-Fi networks Part 2: An expanded view by data plan size, OS, device type and LTE*, Izvještaj, Informa telecoms and media, London, Engleska, 2012.
- [49] **Ovum:** *Smartphone & tablet usage trends & insights 4G LTE and Wi-Fi powering data consumption*, Izvještaj, Mobidia, SAD, 2015.
- [50] **Lee K., Lee J., Yi Y., Rhee I., Chong S.:** *Mobile data offloading: How much can wifi deliver?*, IEEE/ACM Transactions on Networking, sv. 21, izd. 2, str. 536–550, 2013.
- [51] **Soikkeli T.:** *The effect of context on smartphone usage sessions*, Magistarski rad, Aalto University School of Science, Finska, str. 119, 6. travanj, 2011.
- [52] **Paolini, M.:** *Taking Wi-Fi Beyond Offload: Integrated Wi-Fi access can differentiate service and generate new revenues*, Izvještaj, Openet Telecom, Dublin, Irska, prosinac, 2012.
- [53] **Informa:** *Smartphone use transforming with the rise of 4G and Wi-Fi*, Izvještaj, Informa telecoms and media, London, Engleska, 2014.
- [54] **Sani A. A., Tan Z., Washington P., Chen M., Agarwal S., Zhong L., Zhang M.:** *The wireless data drain of users, apps, & platforms*, ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, sv. 17, izd. 4, str. 15–28, 2013.
- [55] **Li H., Lu X., Liu X., Xie T., Bian K., Lin F. X., Mei Q., Feng F.:** *Characterizing Smartphone Usage Patterns from Millions of Android Users*, Proceedings of the 2015



- ACM Conference on Internet Measurement Conference, str. 459–472, 2015.
- [56] **Ericsson:** *On The Pulse of the Networked Society – Ericsson Mobility Report*, Izvještaj, Stockholm, Švedska, 2014.
- [57] **Husnjak S., Peraković D., i Cvitić I.:** *Relevant Affect Factors of Smartphone Mobile Data Traffic*, Promet – Traffic&Transportation, sv. 28, izd. 4, str. 435–444, 2016.
- [58] **Deloitte:** *Mobile Consumer 2015: The UK cut Game of phones*, Izvještaj, Deloitte LLP, London, Engleska, 2015.
- [59] **Internet Society:** *Internet Society Global Internet Report 2014, Open and Sustainable Access for All*, Izvještaj, Ženeva, Švicarska, 2014.
- [60] **Internet Society:** *Internet Society Global Internet Report 2015, Mobile evolution and Development of the Internet*, Izvještaj, Ženeva, Švicarska, 2014.
- [61] **International Data Corporation (IDC):** *Smartphone OS Market Share, 2015 Q2*, 2015. dostupno na: <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>. (pristupljeno: svibanj, 2016.)
- [62] **Koetsier J.:** *Global Mobile 2016: Why 2016 is the Global Tipping Point for the Mobile Economy*, Izvještaj, Tune, 2016.
- [63] **Ericsson:** *Ericsson Traffic Exploration Tool*, 2016. dostupno na: <http://www.ericsson.com/TET/trafficView/loadBasicEditor.ericsson> (pristupljeno: srpanj, 2016.)
- [64] **Ericsson:** *Ericsson Mobility Report - On The Pulse of the Networked Society*, Izvještaj, Stockholm, Švedska, 2015.
- [65] **ICT Business.info:** *HT: Raste broj korisnika pametnih mobilnih telefona*, dostupno na: <http://www.ictbusiness.info/internet/ht-raste-broj-korisnika-pametnih-mobilnih-telefona> (pristupljeno: svibanj, 2016.)
- [66] **GSMA:** *Croatia Data Dashboard*, 2016. dostupno na: <https://www.gsmaintelligence.com/markets/1458/dashboard/> (pristupljeno: svibanj 2016.)
- [67] **International Data Corporation (IDC):** *Worldwide Smartphone Growth*, 2016. dostupno na: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS41216716>. (pristupljeno: travanj, 2016.)
- [68] **Gemius Global:** *The most popular mobile device brands in Europe*, 2016. dostupno na: <http://www.gemius.com/all-reader-news/the-most-popular-mobile-device-brands-in-europe.html> (pristupljeno: siječanj, 2016.)
- [69] **Johnson S.:** *Android Fragmentation Visualized*, Izvještaj, OpenSignal, London, Engleska, 2015.
- [70] **Device Atlas:** *Mobile Traffic Report Q3 2015*, Izvještaj, Afilias Technologies, San Jose,

- California, SAD, 2015.
- [71] **Device Atlas:** *How To Understand and Analyze Your Mobile Traffic*, Izvještaj, Afiliis Technologies, San Francisco, SAD, 2015.
- [72] **App Annie:** *App Annie Mobile App Forecast: The Path to \$100 Billion*, 2016. dostupno na: <https://www.appannie.com/insights/market-data/app-annie-releases-inaugural-mobile-app-forecast/> (pristupljeno: lipanj, 2016.)
- [73] **Statista Inc.:** *Statistics and facts about mobile app usage*, 2015. dostupno na: <http://www.statista.com/topics/1002/mobile-app-usage/> (pristupljeno: svibanj 2016.)
- [74] **App Annie:** *App Annie 2015 Retrospective*, 2016. dostupno na: <https://www.appannie.com/insights/market-data/app-annie-2015-retrospective/> (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [75] **Ericsson Consumer Lab:** *Performance shapes smartphone behavior - Understanding Mobile Broadband User Expectations in India*, Izvještaj, Stockholm, Švedska, 2014.
- [76] **Smith A., McGeeney K., Duggan M., Rainie L., Keeter S.:** *U.S. Smartphone Use in 2015 – Numbers, Facts and Trends Shaping the World*, Pew Research Center, travanj, 2015.
- [77] **ClickAttack:** *Annual Report 2015*, 2015 dostupno na: <http://www.clickattack.ba/novosti/clickattack-godisnji-izvjestaj-2015-najbolji-alat-zadonosenje-odluka-u-mobilnom-oglasavanju> (pristupljeno: travanj, 2016)
- [78] **Salesforce:** *2014 Mobile Behavior Report - Combining mobile device tracking and consumer survey data to build a powerful mobile strategy*, Izvještaj, Salesforce Marketing Cloud, San Francisco, SAD, 2014.
- [79] **Statista Inc.:** *How Americans Spend Their Time on Mobile Devices*, 2015. dostupno na: <https://www.statista.com/chart/3821/mobile-device-usage/> (pristupljeno: svibanj, 2016.)
- [80] **Mobile Marketing Association:** *Mobile: The Great Connector – Volume 2, Bridging the Digital & Physical Worlds to Boost your Marketing Effectiveness*, Izvještaj, Mobile Marketing Association – MMA, veljača, 2016.
- [81] **Bank of America & Braun Research Inc.:** *Trends in Consumer Mobility Report 2015*, Izvještaj, SAD, 2015.
- [82] **Citrix:** *Citrix Mobile Analytics Report September 2014: Mobile subscriber data usage trends*, Izvještaj, New Jersey, SAD, rujan, 2014.
- [83] **Eurostat:** *Individuals using mobile devices to access the internet on the move*, 2016. dostupno: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=tin00083> (pristupljeno: svibanj, 2016.)
- [84] **Lella A., Lipsman A., Martin B.:** *The Global Mobile Report - MMX Multi Platform*, Izvještaj, US, Canada, UK, Reston, 2015.

- [85] **Citrix:** *Mobile Analytics Report February 2014*, Izvještaj, San Francisco, SAD, 2014.
- [86] **Husson T.:** *2016 Mobile And App Marketing Trends: Integrating Mobile In Your Strategy As A Key Brand Differentiator*, Forrester Research, Engleska, siječanj, 2016.
- [87] **Nielsen Ltd.:** *Smartphones: So Many Apps, So Much Time*, 2014. dostupno na: <http://www.nielsen.com/us/en/insights/news/2014/smartphones-so-many-apps--so-much-time.html> (pristupljeno: travanj, 2016)
- [88] **Localytics:** *The 2016 App Marketing Guide*, 2015. dostupno na: [http://ebooks.localytics.com/2016-app-marketing-guide?utm\\_campaign=eBook++The+2016+App+Marketing+Guide++Jan+2016&utm\\_source=hs\\_automation&utm\\_medium=email&utm\\_content=25110476&\\_hsenc=p2ANqtz--ngRoYbNICchaDWF9Fh\\_JdVNoZZEJsStI5v1nysfuBCJZax\\_A8zxYOpOeDhRQ4](http://ebooks.localytics.com/2016-app-marketing-guide?utm_campaign=eBook++The+2016+App+Marketing+Guide++Jan+2016&utm_source=hs_automation&utm_medium=email&utm_content=25110476&_hsenc=p2ANqtz--ngRoYbNICchaDWF9Fh_JdVNoZZEJsStI5v1nysfuBCJZax_A8zxYOpOeDhRQ4) (pristupljeno: travanj, 2016.)
- [89] **Mobile-place.info:** *HT objavio kako se u Hrvatskoj koriste pametni telefoni*, 2015. dostupno na: <http://mobile-place.info/ht-objavio-kako-se-u-hrvatskoj-koriste-pametni-telefoni/> (pristupljeno: travanj, 2016)
- [90] **Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti-HAKOM:** *Pokretna mreža*, 2017., dostupno na: <https://www.hakom.hr/default.aspx?id=146> (pristupljeno: veljača, 2017)
- [91] **Shams A.:** *Analysis of Mobile Data Services and Internet in Switzerland, India and Tanzania*, Magistarski rad, University of Neuchatel, Švicarska, veljača, 2013.
- [92] **Ericsson:** *Ericsson Mobility Report – On the Pulse of the Networked Society*, Izvještaj, Stockholm, Švedska, srpanj, 2016.
- [93] **Du K.-L., Swamy M. N. S.:** *Wireless Communication Systems From RF Subsystems to 4G Enabling Technologies*, Cambridge University Press, Cambridge, Engleska, 2010.
- [94] **Rysavy Research:** *Mobile Broadband Explosion (The 3GPP Wireless Evolution)*, Rysavy Research for 4G America, SAD, kolovoz, 2013.
- [95] **Jaloun M.:** *Wireless Mobile Evolution to 4G Network*, Wireless Sensor Networks, sv. 2, izd. 4, str. 309–317, 2010.
- [96] **Bošnjak I.:** *Telekomunikacijski promet 1*, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2001.
- [97] **Afif Osseiran P. M., Monserrat J. F.:** *5G Mobile and Wireless Communications Technology*, Ericsson Inc., Stockholm, Švedska, 2016.
- [98] **Farley T. O. M., Farley T.:** *Mobile telephone history*, Telekomunik, sv. 3, izd. 4, str. 22–34, 2005.
- [99] **Hillebrand, F.:** *GSM's Achievements, in GSM and UMTS: The Creation of Global Mobile Communication*, John Wiley & Sons, Chichester, Engleska, 2002.

- [100] **Viterbi A.J.:** *CDMA: Principles of Spread Spectrum Communication*, Addison Wesley Wireless Communications Series, Redwood City, California, SAD, travanj, 1995.
- [101] **International Telecommunications Union Radio (ITU-R):** *Detailed specifications of the terrestrial radio interfaces of International Mobile Telecommunications - 2000*, Recommendation ITU-R M.1457-12, 2015.
- [102] **Sköld J., Dahlman E., Parkvall S., Beming P.:** *3G Evolution: HSPA and LTE for Mobile Broadband*, Academic Press, New York, SAD, 2008.
- [103] **GSMA Intelligence:** *Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile*, Walbrook, London, Engleska, prosinac, 2014.
- [104] **Nokia Networks, Ericsson:** *Further LTE physical layer enhancements for MTC*, 3GPP TSG RAN Meeting, Edinburgh, Škotska, rujanj, 2014.
- [105] **ICT Pulse:** *Will 4G change mobile broadband in the Caribbean?*, 2012. dostupno na: <http://www.ict-pulse.com/2012/07/will-4g-change-mobile-broadband-in-the-caribbean/> (pristupljeno: travanj, 2015)
- [106] **Barnett T. J., Sumits A., Jain S., Andra U.:** *Cisco Visual Networking Index (VNI) Update*, Global Mobile Data Traffic Forecast, str. 2014–2019, veljača, 2015.
- [107] **Huawei:** *5G: A Technology Vision*, Izvještaj, Huawei Technologies Co., Ltd. 2013. dostupno na: <http://www.huawei.com/5gwhitepaper/> (pristupljeno: travanj, 2015)
- [108] **Ericsson:** *Ericsson Inc Traffic Exploration Tool*, 2015. dostupno na: <http://www.ericsson.com/TET/trafficView/loadBasicEditor.ericsson> (pristupljeno: travanj, 2015)
- [109] **Ericsson:** *Ericsson Mobility Report - On The Pulse of the Networked Society*, Izvještaj, Stockholm, Švedska, studeni, 2015.
- [110] **GSMA:** *Definitive data and analysis for the mobile industry*, 2015. dostupno na: <https://www.gsmainelligence.com/> (pristupljeno: travanj, 2015)
- [111] **Open Signal:** *4G Availability Comparison*, 2016. dostupno na: <https://opensignal.com/reports/2016/11/state-of-lte> (pristupljeno: travanj, 2015)
- [112] **OpenSignal:** *The state of LTE*, San Francisco, SAD, rujanj, 2015. dostupno na: <https://opensignal.com/reports/2015/09/state-of-lte-q3-2015/> (pristupljeno: travanj, 2016)
- [113] **González F. V.:** *Energy-efficient enhancements for IEEE 802.11 WLANs*, Izvještaj, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Švedska, 2014.
- [114] **Patterson C. W., Mackenzie A. B., Dasilva L. A.:** *An Economic Model of Subscriber Offloading Between Mobile Network Operators and a WLAN Operator An Economic Model of Subscriber Offloading Between Mobile Network*, lipanj, 2014.
- [115] **Teshager K.:** *Strategic Use of Wi-Fi in Mobile Broadband Networks*, Magistarski rad,

- University of Vaasa, Vaasa, Finska, str. 1–83, 2010.
- [116] **Wi-Fi Alliance:** *Wi-Fi® device shipments to surpass 15 billion by end of 2016*, 2016. dostupno na: <http://www.wi-fi.org/news-events/newsroom/wi-fi-device-shipments-to-surpass-15-billion-by-end-of-2016> (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [117] **Banerji S., Singha Chowdhury R.:** *On IEEE 802.11: Wireless Lan Technology*, International journal of Mobile Network Communications & Telematics (IJMNCT), sv. 3, izd. 4, str. 64, kolovoz, 2013.
- [118] **Fitchard K.:** *802.11ac: It's still hard to find, but it's fast*, 2016. dostupno na: [http://opensignal.com/blog/2016/05/05/802-11ac-its-still-hard-to-find-but-its-fast/?utm\\_campaign=may6\\_newsletter&utm\\_source=mailchimp&utm\\_medium=blogwifi](http://opensignal.com/blog/2016/05/05/802-11ac-its-still-hard-to-find-but-its-fast/?utm_campaign=may6_newsletter&utm_source=mailchimp&utm_medium=blogwifi) (pristupljeno svibanj, 2016)
- [119] **Hagos D. H.:** *The Performance of WiFi Offload in LTE Networks*, Telecommunication Systems, sv. 61, izd. 4, str. 675-694, travanj, 2016.
- [120] **Marcus J. S., Burns J.:** *Study on Impact of traffic off-loading and related technological trends on the demand for wireless broadband spectrum*, European Commission DG Communications Networks, Content & Technology, 2013.
- [121] **Harris M.:** *Wireless Carriers Offloading Data Traffic to Wi-Fi Wi-Fi Meets Mobile*, Izvještaj, Wireless Trends, Unison, New York, SAD, 2015.
- [122] **ABI Research:** *ABI Research Anticipates More Than 20 Billion Cumulative Wi-Fi Chipset Shipments by 2021*, 2015. dostupno na: [https://www.abiresearch.com/press/abi-research-anticipates-more-20-billion-cumulativ/?utm\\_medium=nl&utm\\_source=internal&mkt\\_tok=eyJpIjoiTm9Zek1UaGxaR1psWVRBMiIsInQiOiJFdVZ6cWdTQjB1NUtrNWVhVWVITTFYyOXpUNTNaSVZ0SncxdU5pTUticDY3dzBxUIZwU0UwTkIRWFaMm5VkJnZDI](https://www.abiresearch.com/press/abi-research-anticipates-more-20-billion-cumulativ/?utm_medium=nl&utm_source=internal&mkt_tok=eyJpIjoiTm9Zek1UaGxaR1psWVRBMiIsInQiOiJFdVZ6cWdTQjB1NUtrNWVhVWVITTFYyOXpUNTNaSVZ0SncxdU5pTUticDY3dzBxUIZwU0UwTkIRWFaMm5VkJnZDI) (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [123] **Taylor S.:** *A New Chapter for Mobile? How Wi-Fi Will Change the Author A New Chapter for Mobile? How Wi-Fi Will Change the Mobile Industry as We Know It*, CISCO IBSG Horizons, studeni, 2011.
- [124] **Wireless Broadband Alliance, Informa Telecoms and Media:** *WBA Industry Report 2011: Global Developments in Public Wi-Fi*, Izvještaj, Singapore, 2011.
- [125] **Hanbo Z.:** *Emerging business models of the mobile Internet market*, Magistarski rad, Helsinki University of Technology, Faculty of Information and Natural Sciences, svibanj, 2008.
- [126] **Hagos D. H.:** *The Performance of WiFi Offload in LTE Networks: Long Term Evolution*, LAP LAMBERT Academic Publishing, str. 1–170, 23. ožujak, 2012.
- [127] **Palit R., Naik K., Singh A.:** *Anatomy of WiFi Access Traffic of Smartphones and Implications for Energy Saving Techniques*, International Journal of Information and Communication Technology, sv. 3, izd. 1, str. 1–16, 2012.

- [128] **Broadband Commision:** *The State of Broadband 2014: Broadband For All*, A report by the Broadband Commission, Geneva, Švicarska, rujan, 2014.
- [129] **Citrix:** *Mobile Analytics Report*, Izvještaj, New Jersey, USA, 2014.
- [130] **Cisco:** *Building a Next-Generation Mobile Operator Business on an IP foundation: Cisco mobile architecture*, Technical briefing document, San Jose, SAD, 2009.
- [131] **GSMA, Mobile Spectrum:** *Data demand explained*, Izvještaj, London, Engleska, svibanj, 2015.
- [132] **Ericsson:** *Ericsson Mobility Report*, Izvještaj, Stockholm, Švedska, lipanj, 2015.
- [133] **Bates P., Tchoukriel-Thébaud L.:** *Mobile Network Infrastructure Forecasts (Contracts 13ACMA013 and 14ACMA149)*, Updated final report for the Australian Communications and Media Authority (ACMA), svibanj, 2015.
- [134] **Aijaz A., Uddin N., Holland O., Aghvami A. H.:** *On Practical Aspects of Mobile Data Offloading to Wi-Fi Networks*, dostupno na:  
[https://www.researchgate.net/profile/Adnan\\_Aijaz/publication/280912314\\_On\\_Practical\\_Aspects\\_of\\_Mobile\\_Data\\_Offloading\\_to\\_Wi-Fi\\_Networks/links/566c623e08ae1a797e3d828b.pdf?origin=publication\\_list](https://www.researchgate.net/profile/Adnan_Aijaz/publication/280912314_On_Practical_Aspects_of_Mobile_Data_Offloading_to_Wi-Fi_Networks/links/566c623e08ae1a797e3d828b.pdf?origin=publication_list)  
 (pristupljeno: svibanj, 2015)
- [135] **Kelly P.:** *Real-time network analytics can enable faster, more informed business decisions*, Izvještaj, Melbourne, Australia, 2013.
- [136] **Mobidia:** *Network Usage Insights: A short review of average data usage for LTE, 3G, and Wi-Fi of wireless subscribers in the USA, Q3 2014*, Izvještaj, San Jose, SAD, 2014.
- [137] **Din F. U.:** *Mobile Internet Traffic Analysis: Session Level Approach*, Magistarski rad, Aalto University, Aalto, Finska, svibanj, 2013.
- [138] **Husnjak S., Peraković D., Cvitić I.:** *Smartphone Data Traffic Measurement*, 24th International Symposium on Electronics in Transport - ISEP 2016, str. 1–10, 2016.
- [139] **Smura T., Kivi A., Toyli J.:** *Mobile data services in Finland: usage of networks, devices, applications and content*, International Journal of Electronic Business, sv. 9, izd. 1/2, str. 138, 2011.
- [140] **Hutchison V.:** *Android data usage monitor*, 2016. dostupno na:  
[https://vodafone.intelliresponse.com/index.jsp?requestType=NormalRequest&id=2040&source=5&question=Android data usage monitor](https://vodafone.intelliresponse.com/index.jsp?requestType=NormalRequest&id=2040&source=5&question=Android%20data%20usage%20monitor) (pristupljeno: svibanj, 2015)
- [141] **CCTS:** *Understanding and Measuring Data Usage*, CCTS Annual Report 2010 – 2011, Ottawa, Kanada, 2011.
- [142] **Jiang S., Zhou P., Li M.:** *Detecting Phantom Data Usage on Smartphones with Analysis of Contextual Information*, Magistarski rad, Nanyang Technological University, Singapore, Kina, 2015.

- [143] **Sen S., Joe-Wong C., Ha S., Chiang M.:** *Smart Data Pricing (SDP): Economic Solutions to Network Congestion*, Recent Advances in Communications and Networking Technology, str. 221–274, 2013.
- [144] **Mathur A., Schlotfeldt B., Chetty M.:** *A Mixed-Methods Study of Mobile Users' Data Usage Practices in South Africa*, str. 1209–1220, 2015.
- [145] **Svoboda D. P.:** *Measurement and Modelling of Internet Traffic over 2.5 and 3G Cellular Core Networks*, Technischen Universität Wien, Beč, Austrija, 2008.
- [146] **Mobidia, IHS Markit:** *Mobile Media Consumption Report - A research study into the impact of smartphone screen size and resolution on social, chat, game and video smartphone apps engagement and data consumption*, Izvještaj, listopad, 2014.
- [147] **Ofcom:** *Measuring Mobile Broadband Performance in the UK – 4G and 3G network performance*, London, Engleska, 2014.
- [148] **Lee H.:** *Identifying the Mobile Data Traffic Explosion in Korea: Explaining the Unlimited Data Use Plans Introduced into the LTE Ecosystem*, sv. 4, izd. 4, str. 277–287, 2015.
- [149] **Rathi S., Malik N., Chahal N., Malik S.:** Throughput for TDD and FDD 4G LTE Systems, International Journal of Innovative Technology & Exploring Engineering, sv. 3, izd. 12, str. 73–77, 2014.
- [150] **Agilent Technologies:** *Introducing LTE Advanced*, Izvještaj, San Jose, SAD, ožujak, 2011.
- [151] **Deloitte:** *Phablets are not a phad*, London, 2014. dostupno na: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/au/Documents/technology-media-telecommunications/deloitte-au-tmt-phablets-not-phad-011014.pdf> (pristupljeno: svibanj, 2015)
- [152] **Wandera:** *Enterprise Mobile Data Report - Q3*, Izvještaj, San Francisco, SAD, listopad, 2013.
- [153] **Scott M.:** *Consumer smartphone usage: data traffic and network usage patterns*, Canberra, Australia, rujan, 2012.
- [154] **Onavo:** *Android vs iPhone Data Consumption Models*, 2011. dostupno na: <http://blog.onavo.com/2011/07/android-iphone-data-consumption-model/> (pristupljeno: lipanj, 2015)
- [155] **Mobilink:** *Internet Usage on Smartphones*, 2015. dostupno na: <http://www.mobilink.com.pk/mobile-internet/data-usage/> (pristupljeno: srpanj, 2015)
- [156] **Accan:** *How to use less data on your smartphone*, Melbourne, Australia, 2014. dostupno na: <http://accan.org.au/tip-sheets/how-to-use-less-data-on-your-smartphone> (pristupljeno: lipanj, 2015)
- [157] **Onavo:** *App Stores exposed as major user of mobile data*, Izvještaj, San Francisco, SAD,

- listopad, 2011.
- [158] **CNet**: *11 ways to trick Android into using less data*, 2013. dostupno na: <http://www.cnet.com/how-to/11-ways-to-trick-android-into-using-less-data/> (pristupljeno: lipanj, 2015)
- [159] **TechPP**: *How to Make Your Smartphone Consume Less Data*, 2014. dostupno na: <http://techpp.com/2014/08/13/reduce-smartphone-data-usage/> (pristupljeno: svibanj, 2015)
- [160] **Intel Free Press – TechNews**: *How to Lower Data Usage on Your Smartphone: Our 6 Tips*, 2014. dostupno na: <http://www.intelfreepress.com/news/mobile-data-usage-bandwidth-control/8897/> (pristupljeno: lipanj, 2015)
- [161] **Sen S., Joe-Wong C., Ha S., Chiang M.**: *Incentivizing time-shifting of data: A survey of time-dependent pricing for internet access*, IEEE Communications Magazine, sv. 50, izd. 11, str. 91–99, 2012.
- [162] **Wireless ED**: *Using Mobile Data Wisely*, Wireless education and empowerment, Izvještaj, San Francisco, SAD, 2011.
- [163] **Kim, Y., Briley D. A., Ocepek, M. G.**: *Differential innovation of smartphone and application use by sociodemographics and personality*, Computers in Human Behavior, sv. 44, str. 141-147, 2015.
- [164] **Kaasinen E.**: *User acceptance of mobile services - Value, ease of use, trust and ease of adoption*, VTT Technical Research Centre of Finland 2005, Finska, 2005.
- [165] **Hintze D., Scholz S., Findling R. D.**: *Mobile Device Usage: Characteristics by Usage Type, Context and Form Factor*, Proceedings of the 12th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia, str. 105–114, 2014.
- [166] **Soikkeli T., Karikoski J., Hämmäinen H.**: *Characterizing Smartphone Usage: Diversity and End User Context*, International Journal of Handheld Computing Research (IJHCR), sv. 4, izd. 1, str. 15–36, 2013.
- [167] **Soikkeli T., Karikoski J., Hämmäinen H.**: *Diversity and End User Context in Smartphone Usage Sessions*, Fifth International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, str. 7–12, rujan, 2011.
- [168] **Hrvatski Telekom**: *Stream ON*, 2016. dostupno na: <https://www.hrvatskitelekom.hr/stream-on> (pristupljeno: lipanj, 2016.)
- [169] **Paolini M.**: *The taming of the app - Measuring the financial impact of mobile traffic optimization*, Izvještaj, Seven Networks, 2013.
- [170] **Agababov V., Buettner M., Chudnovsky V., Cogan M., Greenstein B., Mcdaniel S., Piatek M., Scott C., Welsh M., Yin B.**: *Flywheel: Google's Data Compression Proxy for the Mobile Web*, Proceedings of the 12th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation, ožujak, 2016.



- [171] **Bug.hr:** *Opera Mini - ušteda prometa, ali i ispravan prikaz web-stranica*, 2015. dostupno na: <http://www.bug.hr/vijesti/opera-mini-usteda-prometa-ispravan-prikaz/146301.aspx> (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [172] **UK W.:** *Mobile Data Optimization*, Izvještaj, Wandera, London, Engleska, 2015.
- [173] **Opera Software ASA:** *Opera Turbo - White paper*, Izvještaj, Oslo, Norveška, siječanj, 2012.
- [174] **4G Americas:** *Integration of Cellular and Wi-Fi Networks*, Izvještaj, New York, NY, SAD, 2013.
- [175] **Wavion:** *Metro Zone Wi-Fi for Cellular Data Offloading*, Izvještaj, Wavion wireless networks, Israel, rujan, 2011.
- [176] **S. C. C. An:** *Mobile Offloading in Residential Wireless Access Markets*, Magistarski rad, Aalto University, Aalto, Finska, 2015.
- [177] **Gruškovnjak J., Lombardo A., Taylor S.:** *The New World of SP Wi-Fi - Cisco IBSG Research Uncovers What Mexican Consumers Want from Wi-Fi and Mobile*, Cisco Briefing, San Jose, California, SAD, 2016.
- [178] **Rebbeck T., Yardley M.:** *Public Wi-Fi networks in a 4G world*, Melbourne, Australia, 2014.
- [179] **Cheng N., Lu N., Zhang N., Shen X. S., Mark J. W.:** *Vehicular WiFi Offloading: Challenges and Solutions*, Cooperative Vehicular Communications in the Drive-thru Internet, sv. 1, izd. 1, str. 13–21, 2014.
- [180] **Real Wireless:** *Options for Improving In-Building Mobile Coverage*, West Sussex, Engleska, 2013.
- [181] **Taylor S., Young A., Noronha A.:** *What Do Consumers Want from Wi-Fi? Insights from Cisco IBSG Consumer Research*, Izještaj, San Jose, California, SAD, 2012.
- [182] **Openet:** *Wi-Fi - An Extension and Alternative to Cellular Networks (How to Manage Quality of Experience)*, Izvještaj, Dublin, Irska, listopad, 2015.
- [183] **Open Signal:** *US Wi-Fi Report*, 2014. dostupno na: <https://opensignal.com/reports/2014/us-wifi/> (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [184] **Taylor S.:** *A New Chapter for Mobile ? How Wi-Fi Will Change the Mobile Industry as We Know it*, Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)., str. 1–12, studeni, 2011.
- [185] **N. S. Network:** *Wi-Fi integration with cellular networks enhances the customer experience Executive summary-White Paper*, Izvještaj, SAD, 2012.
- [186] **Incognito:** *Optimizing Public Wi-Fi Networks to Raise Subscriber WoE*, Izvještaj, Vancouver, Kanada, 2012.

- [187] **Ding N., Wagner D., Chen X., Hu Y. C., Rice A.:** *Characterizing and modeling the impact of wireless signal strength on smartphone battery drain*, ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review (PER), sv. 41, izd. 1, str. 29, 2013.
- [188] **Chakraborty A., Das S., Adapp R.:** *An adaptive network selection framework for smartphone applications*, CellNet 2013 - Proceedings of the 2013 ACM Workshop on Cellular Networks: Operations, Challenges, and Future Design, str. 7–12, 2013.
- [189] **ConsumerLab:** *Wi-Fi calling finds its voice - Assessing its impact on communication behavior*, Stockholm, Švedska, lipanj, 2015.
- [190] **Zimeng H.:** *Security of Mobile Devices and Wi-Fi Networks*, Magistarski rad, Mikkeli University of Applied Science, Mikkeli, Finska, 2015.
- [191] **Balasubramanian N., Balasubramanian A., Venkataramani A.:** *Energy consumption in mobile phones*, Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement conference - IMC '09, str. 14, 2009.
- [192] **Rahmati A., Zhong L.:** *Context for System Resource Management: An Application in Wireless Data Management*, Magistarski rad, Rice University, Texas, SAD, 2008.
- [193] **Ristanovic N., Le Boudec J. Y., Chaintreau A., Erramilli V.:** *Energy efficient offloading of 3G networks*, Proceedings of 8th IEEE International Conference on Mobile Ad-Hoc and Sensor Systems MASS 2011, str. 202–211, 2011.
- [194] **Lee K., Member A., Lee J., Member S., Yi Y.:** *Mobile Data Offloading: How Much Can WiFi Deliver ?*, ACM Conex, sv. 21, izd. 2, str. 536–550, 2010.
- [195] **European Union Agency for Network and Information Security (ENISA):** *National Roaming for Resilience -National roaming for mitigating mobile network outages*, Heraklion, Grčka, 2013.
- [196] **Matulin M.:** *Procjena iskustvene kvalitete usluge prijenosa video sadržaja strujanjem*, Doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2014.
- [197] **Dörnyei Z.:** *Research methods in applied linguistics*, Oxford University Press, New York, 2007
- [198] **Farrokhi F., Mahmoudi-Hamidabad A.:** *Rethinking convenience sampling: Defining quality criteria*, Theory and Practice in Language Studies, sv. 2, izd. 4, pp. 784-792, 2012.
- [199] **Šošić I.:** *Primijenjena statistika*, 2. izmijenjeno izdanje, Školska knjiga, Zagreb, 2006.
- [200] **Rea L. M., Parker, R. A.:** *Designing and Conducting Survey Research – A Comprehensive Guide*, Third Edition, Jossey-Bass, San Francisco, SAD, 2005.
- [201] **Nielsen Ltd.:** *Millenials are Top Smartphone Users*, 2016. dostupno na: <http://www.nielsen.com/us/en/insights/news/2016/millennials-are-top-smartphone-users.htm> (pristupljeno: veljača, 2017)

- [202] **Timberlake A. M.:** *Sample Size in Ordinal Logistic Hierarchical Linear Modeling*, Doktorska disertacija, Georgia State University, Atlanta, SAD, 2011.
- [203] **Avery, M.:** *Sample size study for logistic regression with multiple covariates: The effects of body image perception and self esteem on safe sex practices among black women in Wake County*, William Peace University, Sjeverna Karolina, SAD, 2011.
- [204] **Osborne, J. W., Costello, A. B.:** *Sample size and subject to item ratio in principal components analysis*, North Carolina State University, Sjeverna Karolina, SAD, 2004.
- [205] **Taylor, A. B., West, S. G., Aiken, L. S.:** *Loss of Power in Logistic, Ordinal Logistic, and Probit Regression When an Outcome Variable Is Coarsely Categorized*, Educational and Psychological Measurement, sv. 66, izd. 2, pp. 228-239, 2006.
- [206] **Myers, J.:** *Teasing apart categorical variables: Logistic regression*, National Taiwan University, Taiwan, 2016.
- [207] **Hosmer D. W., Lemeshow S., Sturdivant R. X.:** *Applied Logistic Regression*, 3. izdanje, John Wiley & Sons, Chichester, Engleska, 2013.
- [208] **Klasnić K.:** *Konstrukcija i evaluacija skala namijenjenih mjerenju prepoznavanja i iskustava ekonomskog nasilja nad ženama u intimnim vezama*, Doktorska disertacija, Filozofski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2014.
- [209] **Matović M., Gligorević G., Kokotović M., Mičić S., Matović B.:** *Najznačajniji faktori koji utječu na namjeru vozača da brzo voze u urbanim sredinama*, 3. međunarodna konferencija, Sigurnost prometa u lokalnoj zajednici, str. 281–287, 2014.
- [210] **Šimićević J. R.:** *Prilog definiranju politike parkiranja u zavisnosti od nivoa usluge na saobraćajnoj mreži*, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2013.
- [211] **Dodik A.:** *Modeliranje dijabetesa pomoću logističke regresije s nominalnom zavisnom varijablom*, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2015.
- [212] **Liu X.:** *Applied Ordinal Logistic Regression Using Stata*, Thousand Oaks, SAGE Publications Ltd, Kalifornija, SAD, 2016.
- [213] **Katchova A.:** *Ordered Probit and Logit Models*, 2013. dostupno na: <https://sites.google.com/site/econometricsacademy/econometrics-models/probit-and-logit-models2013> (pristupljeno: lipanj, 2016)
- [214] **Gary P. F. D., White C.:** *Likelihood Ratio Tests*, Izvještaj, Colorado, SAD, svibanj, 2012.
- [215] **Engle R. F.:** *Handbook of econometrics*, Elsevier Science Publisher BV, New York, SAD, sv. 2, izd. 1, pp. 775-826, 1984.
- [216] **Institute for Digital Research and Education:** *Stata Annotated Output Ordered Logistic Regression*, 2015. dostupno na: [http://www.ats.ucla.edu/stat/stata/output/stata\\_ologit\\_output.htm](http://www.ats.ucla.edu/stat/stata/output/stata_ologit_output.htm) (pristupljeno: svibanj,

2016)

- [217] **Dallas U.:** *Logistic regression*, 2015. dostupno na: [http://www.utdallas.edu/~pkc022000/6390/SP06/NOTES/Logistic\\_Regression\\_4.pdf](http://www.utdallas.edu/~pkc022000/6390/SP06/NOTES/Logistic_Regression_4.pdf) (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [218] **Ruczinski I.:** *Variable Selection*, Baltimore, SAD, 2005.
- [219] **Torres-Reyna O.:** Getting started in Logit and ordered logit regression, 2012. dostupno na: <https://www.princeton.edu/~otorres/Logit.pdf> (pristupljeno: svibanj, 2016)
- [220] **Intel Corporation:** *Mobile Data Offloading (MDO)*, Izvještaj, SAD, 2014. dostupno na: [https://networkbuilders.intel.com/docs/Network\\_Builders\\_Solution\\_Brief\\_Clavister.pdf](https://networkbuilders.intel.com/docs/Network_Builders_Solution_Brief_Clavister.pdf) (pristupljeno: svibanj, 2016)

## Popis slika

Slika 1: Evolucija pokretnih komunikacijskih ćelijskih sustava.....	33
Slika 2: Procijenjeni broj baznih stanica 3G mreže i pristupnih točaka Wi-Fi mreže potrebnih za pokrivanje grada Londona, na temelju tipičnih veličina ćelija i dometa pristupnih točaka	44
Slika 3: Rast podatkovnog prometa jednoga mobilnog pretplatnika i korištenje višestrukim uređajima u različitim vremenskim razdobljima.....	47
Slika 4: Arhitektura pristupnih komunikacijskih mreže pri upotrebi pametnih telefona i mogućnosti prebacivanja podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.....	53
Slika 5: Shematski prikaz metoda za prebacivanje podatkovnog prometa i vezanih lokacija.	56
Slika 6: Različitost ponašanja korisnika pametnih telefona pri generiranju i prebacivanju podatkovnog prometa.....	58
Slika 7: Klasifikacija istraživačkih metoda za mjerenje podatkovnog prometa prema izvorima za prikupljanje informacija o generiranju podatkovnog prometa .....	63
Slika 8: Klasifikacija i primjeri aplikacija za praćenje i nadzor ostvarenog podatkovnog prometa pametnih telefona .....	69
Slika 9: Faze i koraci potrebni za razvoj modela .....	72
Slika 10: Fragmentacija veličina zaslona pametnih telefona baziranih na OS-u Android.....	77
Slika 11: Sudionici i tijek procesa razvijene metodologije s naglaskom na prikupljanje i obradu podataka .....	99
Slika 12: Dijagram aktivnosti procesa prikupljanja podataka metodom intervjua i anketnog upitnika.....	101
Slika 13: Pregled segmenta obrade i digitalizacije prikupljenih podataka Obrazaca i zapisa online anketnog upitnika unutar faze prikupljanja i obrade podataka.....	102
Slika 14: Sudionici i elementi u prikupljanju podataka o količini ostvarenoga podatkovnog prometa pametnog telefona .....	103
Slika 15: Grafičko sučelje integrirane aplikacije za mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnog telefona OS-a Android, inačica 6.0.1., upotrebom pokretnih (slika 15-a) i Wi-Fi (slika 15-b) mreža .....	104
Slika 16: Grafičko sučelje integrirane aplikacije za mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnog telefona prema pojedinim aplikacijama.....	105
Slika 17: Odabir sučelja i identičnih perioda upotrebe Wi-Fi i pokretnih mreža .....	105
Slika 18: Sudionici i elementi u prikupljanju podataka o karakteristikama korisnika anketnim upitnikom .....	106
Slika 19: Identificirani relevantni čimbenici i utvrđene preferencije korisnika kao podloga za pitanja anketnog upitnika .....	107
Slika 20: Sudionici i elementi u postupku anonimizacije i združivanja podataka o količini ostvarenoga podatkovnog prometa pametnog telefona .....	108
Slika 21: Distribucija broja sudionika istraživanja prema njihovim karakteristikama .....	110
Slika 22: Odabir nezavisnih varijabli za razvoj modela.....	149

Slika 23: Prikaz kodiranih podataka nezavisnih i zavisnih varijabli istraživanja importiranih u programski alat Stata.....	152
Slika 24: Prikaz rezultata funkcije ologit na prikupljenim podacima u alatu Stata .....	153
Slika 25: Izvršenje funkcije ordinalne logističke regresije tehnikom najboljeg skupa i postupno uklanjanje nezavisnih varijabli.....	157
Slika 26: Izvršenje funkcije ordinalne logističke regresije selekcijom unaprijed i postupno dodavanje nezavisnih varijabli .....	159
Slika 27: Prikaz rezultata funkcije ordinalne logističke regresije nad prikupljenim podacima .....	162
Slika 28: Iteracije logaritma vjerodostojnosti funkcije ordinalne logističke regresije.....	163
Slika 29: Prikaz sumarnih parametara funkcije ordinalne logističke regresije razvijenog modela .....	163
Slika 30: Prikaz rezultata funkcije omjera proporcionalnih izgleda ordinalne logističke regresije .....	171

## Popis tablica

Tablica 1: Usporedba i predviđanje rasta broja različitih pretplatničkih priključaka mobilne mreže u 2014. i 2020. godini.....	14
Tablica 2: Upotreba pametnih telefona u RH u drugom kvartalu 2015. godine .....	15
Tablica 3: Raznovrsnost pametnih telefona baziranih na OS-u Android.....	18
Tablica 4: Fragmentacija mobilnih telefona baziranih na OS-u Android .....	19
Tablica 5: Statistika upotrebe i preuzimanja mobilnih aplikacija .....	20
Tablica 6: Statistički podaci o trgovinama aplikacijama .....	20
Tablica 7: Lista najpopularnijih aplikacija prema zajedničkom broju preuzimanja u trgovinama Google Play i App Store.....	21
Tablica 8: Lista aplikacija trgovine Google Play s najvećim brojem aktivnih korisnika na mjesečnoj razini.....	21
Tablica 9: Glavne karakteristike 3GPP/ETSI standarda .....	35
Tablica 10: Karakteristike subjektivnih istraživačkih metoda za mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona .....	63
Tablica 11: Karakteristike objektivnih metoda za mjerenje ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona .....	65
Tablica 12: Kategorije mobilnih uređaja kompatibilnih za pristup mreži LTE i njihove vršne brzine u silaznoj i uzlaznoj vezi .....	77
Tablica 13: Razlozi zbog kojih bi se operatori pokretnih mreža trebali aktivirati u pružanju usluga temeljenih na Wi-Fi mrežama pod njihovim upravljanjem .....	89
Tablica 14: Prikaz združenih anonimiziranih podataka određenih identifikatorom korištenom u Obrascu i anketnom upitniku .....	109
Tablica 15: Najznačajnije stavke prosječne mjesečne potrošnje na mobilne usluge sudionika istraživanja .....	114
Tablica 16: Primjer prikupljenih podataka o ostvarenom podatkovnom prometu aplikacija pametnog telefona za jednog korisnika .....	117
Tablica 17: Važnije značajke u količinama ostvarenoga podatkovnog prometa pametnih telefona sudionika istraživanja .....	119
Tablica 18: Dvadeset najviše korištenih aplikacija pristupom pokretnim mrežama koje se nalaze unutar liste od 15 aplikacija prema količini ostvarenoga podatkovnog prometa.....	120
Tablica 19: Dvadeset najviše korištenih aplikacija pristupom Wi-Fi mrežama koje se nalaze unutar liste od 15 aplikacija prema količini ostvarenoga podatkovnog prometa.....	121
Tablica 20: Sumarni pregled aplikacija pametnih telefona s najvećim količinama generiranoga podatkovnog prometa korištenjem isključivo pokretnim mrežama .....	122
Tablica 21: Sumarni pregled aplikacija pametnih telefona s najvećim količinama prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.....	124
Tablica 22: Tipične vrijednosti vjerojatnosti pojave nekog događaja, izgleda pojave događaja i prirodnog logaritma izgleda događaja.....	132
Tablica 23: Transformacija unaprijed logističke regresije.....	132

Tablica 24: Transformacija unatrag logističke regresije .....	133
Tablica 25: Različitost koeficijenata i interpretacija rezultata logističke regresije .....	140
Tablica 26: Elementi modela i tipovi varijabli primijenjeni na model u doktorskoj disertaciji .....	142
Tablica 27: Prikaz elemenata baze prikupljenih podataka za razvoj modela i primjeri mogućih vrijednosti varijabli .....	143
Tablica 28: Segmentacija korisnika prema količinama prebačenoga podatkovnog prometa korištena za razvijeni model u disertaciji .....	144
Tablica 29: Princip klasifikacije sudionika istraživanja definiranim kategorijama korisnika	145
Tablica 30: Princip numeriranja kategorije korisnika kao zavisne varijable za potrebe programskoga statističkog paketa Stata .....	146
Tablica 31: Primjer formiranja baze podataka s mogućnostima odabira nezavisnih varijabli istraživanja .....	147
Tablica 32: Princip numeracije nezavisnih varijabli na primjeru varijable „Spol sudionika istraživanja“ .....	148
Tablica 33: Potencijalne nezavisne varijable i njihove (kodirane) razine dobivene na temelju odgovora anketnog upitnika sudionika istraživanja .....	150
Tablica 34: Primjer kodiranih zavisnih i nezavisnih varijabli prema definiranim vrijednostima razina .....	151
Tablica 35: Elementi i sintaksa statističkih naredbi u programskom alatu Stata .....	153
Tablica 36: Iznosi parametara značajnih za jednodimenzionalnu analizu utjecaja pojedine nezavisne varijable na zavisnu varijablu .....	154
Tablica 37: Poredak nezavisnih varijabli prema vrijednosti p-testa od najmanje prema najvećoj, nakon jednodimenzionalne analize pojedine varijable .....	154
Tablica 38: Usporedni prikaz rezultata klasifikacijske tablice zamjene u ovisnosti o definiranim težinskim koeficijentima .....	160
Tablica 39: Elementi funkcije ordinalne logističke regresije .....	165
Tablica 40: Prikaz zavisnih i nezavisnih varijabli istraživanja .....	165
Tablica 41: Izdvojene nezavisne varijable značajne za razvoj modela i njihove razine .....	166
Tablica 42: Prikaz vrijednosti koeficijenata i standardne greške nezavisnih varijabli istraživanja .....	167
Tablica 43: Wald z statistika i p-test kao elementi statističke analize ordinalne logističke regresije i razvijenog modela .....	168
Tablica 44: Prikaz rezultata intervala povjerenja nezavisnih varijabli razvijenog modela ....	169
Tablica 45: Osjenčani pomoćni parametri ordinalne logističke regresije razvijenog modela	170
Tablica 46: Vrijednosti koeficijenata nezavisnih varijabli i izračun izgleda realizacije više kategorije zavisne varijable .....	173
Tablica 47: Rezultati ordinalne logističke regresije u vidu statistički značajnih nezavisnih varijabli i vezanih koeficijenata .....	176



Tablica 48: Značajne nezavisne varijable i iznosi logističkih koeficijenata razvijenog modela .....	178
Tablica 49: Primjer podataka o nezavisnim varijablama jednog sudionika istraživanja na temelju njegovih karakteristika .....	178
Tablica 50: Iznosi točaka sjecišta (cut vrijednosti) razvijenog modela.....	179
Tablica 51: Vjerojatnosti pripadanja određenoj kategoriji zavisne varijable za korisnike čije su karakteristike određene kombinacijom razina nezavisnih varijabli modela .....	181
Tablica 52: Moguće razine nezavisnih varijabli.....	181
Tablica 53: Segment podataka o obrascima ponašanja korisnika pametnih telefona pri prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže .....	182
Tablica 54: Usporedba parametara dobivenih upotrebom unakrsne validacije s izdvajanjem jednog elementa na primjeru inicijalnog i finalnog modela u radu.....	183

## Popis grafikona

Grafikon 1: Usporedba broja isporučenih pametnih telefona nasuprot broju isporučenih osnovnih (feature) telefona na globalnoj razini.....	15
Grafikon 2: Broj isporučenih uređaja prema proizvođačima u prvom kvartalu 2016. godine. 16	
Grafikon 3: Najčešće korištena dva proizvođača pametnih telefona u pojedinim europskim državama i postotak zastupljenosti.....	17
Grafikon 4: Zastupljenost OS-a pametnih telefona na globalnoj razini, od 2012. do 2015. godine .....	18
Grafikon 5: Distribucija broja preuzetih aplikacija prema pojedinom tržištu aplikacija u 2015. godini i predviđanja za 2016. i 2020. godinu .....	20
Grafikon 6: Upotreba pametnih telefona prema satima u danu u odabranim državama .....	23
Grafikon 7: Prosječan udio vremena provedenog u upotrebi pametnih telefona i tablet uređaja tijekom pojedinih vremenskih perioda u danu .....	23
Grafikon 8: Upotreba pametnih telefona tijekom obavljanja drugih aktivnosti.....	24
Grafikon 9: Stupanj upotrebe i udio u generiranju podatkovnog prometa pojedinih kategorija aplikacija .....	25
Grafikon 10: Postotak korisnika u dobi od 16 od 24 godine koji primjenom mobilnih uređaja pristupaju Internetu u pokretu pojedinih europskih država.....	26
Grafikon 11: Stupanj upotrebe pametnih telefona u pojedinim državama prema skupinama korisnika .....	26
Grafikon 12: Generiranje mobilnog podatkovnog prometa: sadržaj varira ovisno o dobu dana .....	27
Grafikon 13: Vremenski odnos upotrebe aplikacija i internetskih pretraživača pametnih telefona u SAD-u.....	28
Grafikon 14: Postotak upotrebe pojedine skupine aplikacija u odabranim državama .....	28
Grafikon 15: Udio vremena u korištenju aplikacijama pametnih telefona u UK-u i SAD-u... 29	
Grafikon 16: Rast prosječnog broja i vremena korištenja aplikacijama pametnih telefona u SAD-u.....	29
Grafikon 17: Usporedba teorijske propusnosti podataka po ćeliji prema generacijama pokretnih mreža u silaznoj i uzlaznoj vezi .....	36
Grafikon 18: Kretanje broja pretplatničkih priključaka u razdoblju 2014. – 2015. i predviđanje kretanja broja pretplatničkih priključaka u razdoblju 2016. – 2021. globalno, ovisno o pristupnoj tehnologiji .....	37
Grafikon 19: Usporedba udjela dostupnosti 4G LTE mreže u ukupnom vremenu za pristup pokretnim mrežama pojedinih država .....	38
Grafikon 20: Udio od ukupnog vremena (u kojem su korisnici povezani na pokretnu mrežu) koje provedu u upotrebi LTE mreža, prema pojedinoj državi .....	39
Grafikon 21: Prosječna brzina prijenosa podataka u silaznoj vezi različitih tehnologija Wi-Fi mreže .....	41
Grafikon 22: Rast broja javnih Wi-Fi pristupnih točaka, globalno .....	43

Grafikon 23: Postotak aktivnih korisnika Wi-Fi mreža od ukupnog broja korisnika pametnih telefona u pojedinim državama .....	43
Grafikon 24: Predviđanja tvrtki Cisco i Ericsson o rastu ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa pametnih telefona, globalno .....	48
Grafikon 25: Prikaz predviđanja rasta mobilnoga podatkovnog prometa po priključku i svih priključaka globalno, na mjesečnoj razini .....	49
Grafikon 26: Regionalne razlike u svijetu prema generiranju mobilnoga podatkovnog prometa pametnih telefona .....	49
Grafikon 27: Udio ostvarenog podatkovnog prometa pametnih telefona prema tipovima korištenih usluga i kategorijama korisnika.....	50
Grafikon 28: Ostvarene i predviđene količine generiranoga podatkovnog prometa različitih terminalnih uređaja – 2015. i 2020. godina.....	51
Grafikon 29: Rast ostvarenoga podatkovnog prometa i njegova predviđanja po određenom uređaju za 3G i 4G tipove uređaja.....	52
Grafikon 30: Usporedba dnevne distribucije generiranja podatkovnog prometa pametnih telefona mreža 3G i LTE za uslugu pregleda videozapisa .....	52
Grafikon 31: Omjer ostvarenoga i prebačenoga podatkovnog prometa prema komunikacijskim mrežama mobilnih uređaja .....	59
Grafikon 32: Usporedba količina ostvarenoga podatkovnog prometa na globalnoj razini korištenjem pokretnim i Wi-Fi mrežama u siječnju i prosincu 2014. godine .....	60
Grafikon 33: Prikaz i predviđanja ostvarenog podatkovnog prometa upotrebom pokretnih mreža i količina prebačenoga podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže.....	60
Grafikon 34: Prosječno generiranje podatkovnog prometa pametnog telefona korištenjem pokretnim i Wi-Fi pristupnim mrežama u trećem kvartalu 2014. godine .....	61
Grafikon 35: Relativni udio prebačenoga i generiranoga mobilnoga podatkovnog prometa upotrebom mobilnih uređaja .....	61
Grafikon 36: Predviđanje količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa na globalnoj razini u 2019., ovisno o generaciji pokretne mreže.....	76
Grafikon 37: Usporedba odnosa generiranoga mobilnoga podatkovnog prometa prema platformi .....	79
Grafikon 38: Godišnja stopa rasta ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa po kategorijama aplikacija u razdoblju od 2015. do 2020. godine .....	81
Grafikon 39: Učestalost upotrebe pametnih telefona od strane dva različita korisnička segmenta .....	82
Grafikon 40: Usporedni prikaz trenda ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa za ograničene i neograničene tarifne planove ovisno o korištenoj platformi u razdoblju od listopada 2013. do lipnja 2014. ....	84
Grafikon 41: Usporedba mjesečne količine ostvarenoga mobilnoga podatkovnog prometa različitih tarifnih planova (SAD i UK).....	84
Grafikon 42: Sažimanje prenesenih podataka upotrebom preglednika za pametne telefone Opera Mobile.....	87

Grafikon 43: Brzine prijenosa podataka u preuzimanju za pojedinu tehnologiju bežičnih mreža u SAD-u.....	91
Grafikon 44: Rast broja javnih Wi-Fi pristupnih točaka, globalno .....	94
Grafikon 45: Distribucija proizvođača pametnih telefona sudionika istraživanja .....	113
Grafikon 46: Distribucija operatora pokretnih mreža pametnih telefona sudionika istraživanja .....	114
Grafikon 47: Distribucija odgovora ispitanika o korištenju pametnim telefonima u različitim kontekstima .....	115
Grafikon 48: Pristupne mreže kojima se ispitanici najčešće koriste za pristup mreži Internet .....	116
Grafikon 49: Distribucija odabira pristupne mreže za potrebe nadogradnje aplikacija pametnog telefona.....	116
Grafikon 50: Količina ostvarenoga i prebačenoga podatkovnog prometa pametnih telefona s pokretnih na Wi-Fi pristupne mreže analiziranih sudionika istraživanja.....	118
Grafikon 51: Udio aplikacija Chrome, Youtube, Instagram i Facebook u ukupno ostvarenom podatkovnom prometu sudionika istraživanja, korištenjem pokretnim mrežama.....	123
Grafikon 52: Udio prebačenoga podatkovnog prometa aplikacija Instagram, Facebook, Chrome i Youtube u ukupnoj količini prebačenog podatkovnog prometa sudionika istraživanja .....	125
Grafikon 53: Krivulja logističke funkcije .....	130
Grafikon 54: Krivulja logit funkcije.....	131
Grafikon 55: Dobivena linearna relacija logit transformacijom .....	131
Grafikon 56: Distribucija ispitanika prema definiranim kategorijama korisnika.....	146

## Prilog 1: Upute za ispunjavanje Obrasca i anketnog upitnika

**ID: «ID»**



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb  
Siniša Husnjak, mag. ing. traff  
[sinisa.husnjak@fpz.hr](mailto:sinisa.husnjak@fpz.hr)

Poštovani/a,

Moje ime je Siniša Husnjak. Asistent sam na Zavodu za informacijsko komunikacijski promet Fakulteta prometnih znanosti, Sveučilišta u Zagrebu. Ujedno sam i student poslijediplomskog doktorskog studija „Tehnološki sustavi u prometu i transportu“ koji se izvodi na navedenoj ustanovi.

Trenutačno sam u izradi doktorske disertacije pod nazivom „Identifikacija obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona u prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže“. U sklopu disertacije provodim anketno istraživanje o generiranju podatkovnog prometa pametnih telefona i karakteristika korisnika tih uređaja. Molim Vas da odvojite 15-ak minuta svojeg vremena i ispunite dva dijela istraživanja:

- Popunjavanje i predaja obrasca o generiranju podatkovnog prometa vlastitog pametnog telefona koji Vam je dodijeljen
- Ispunjavanje online anketnog upitnika koji Vam je dostupan putem linka na e-Student portalu

Anketni upitnik u potpunosti je anonimn i dobrovoljan. Svakom ispitaniku je dodijeljen jedinstveni identifikator (dostupan na zaglavlju Obrasca i Uputa) koji će ispitaniku koristiti i prilikom ispunjavanja online anketnih pitanja.

Anketno istraživanje odobreno je od strane Etičkog povjerenstva Fakulteta prometnih znanosti uvažavajući pritom odredbe Etičkog kodeksa Fakulteta prometnih znanosti. Ovim istraživanjem ne zastupam i ne promičem ničije interese niti bilo čime želim utjecati na Vaše mišljenje ili osobne stavove. Isto tako, biti će vam omogućen uvid u rezultate istraživanja.

Unaprijed Vam hvala što sudjelujete u ovom istraživanju.

U Zagrebu, 12. svibnja 2016.

S poštovanjem,  
Siniša Husnjak, mag. ing. traff



## Prilog 3: Potvrda Etičkog povjerenstva

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI  
ZAGREB, Vukelićeva 4

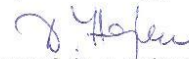
Etičko povjerenstvo  
Zagreb, 9. svibnja 2016.

**PREDMET:** Zahtjev Siniše Husnjaka, mag. ing. traff. za odobrenjem provedbe istraživanja u sklopu izrade doktorske disertacije

Na petom sastanku Etičkog povjerenstva održanom 9. svibnja 2016. razmatran je Zahtjev Siniše Husnjaka, mag. ing. traff. za odobrenjem provedbe istraživanja u sklopu izrade doktorske disertacije radnog naziva „Identifikacija obrazaca ponašanja korisnika pametnih telefona u prebacivanju podatkovnog prometa s pokretnih na Wi-Fi mreže“ (mentor prof. dr. sc. Dragan Peraković).

Na osnovi uvida u postupak istraživanja, dostavljenog Anketnog upitnika i Obrasca te na osnovi potpisane izjave da će istraživanje biti provedeno u skladu s Etičkim kodeksom Fakulteta prometnih znanosti, mišljenja smo da nema elemenata etičkih dvojbi u provođenju planiranih istraživanja te se u tom smislu odobrava navedeno istraživanje.

Predsjednica Etičkog povjerenstva



izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan

### Prilog 4: Segment združenih podataka Obrasca i anketnog upitnika

(cjelokupni skup podataka moguće je dobiti na uvid)

Dobiveni ID:	Wi-Fi mreže	Wi-Fi jedinica	Vaš spol:	Imate li trenutno vlastiti novčani prihod za vrijeme studiranja (radom ili stipendijom)?	Odaberite proizvođača Vašeg pametnog telefona:
1000100	5294	MB	M	Ne	Samsung
1000304	6461	MB	Ž	Ne	Samsung
1000610	5145	MB	M	Da	LG
1000814	10701	MB	M	Ne	Sony
1001018	3185	MB	M	Ne	LG
1001120	10793	MB	M	Da	Samsung
1001222	3901	MB	Ž	Da	Samsung
1001426	1290	MB	Ž	Da	Samsung
1001528	6543	MB	Ž	Da	LG
1001630	80	MB	M	Da	Samsung
1001732	307	MB	M	Da	HTC
1002140	8397	MB	M	Ne	HTC
1002242	4198	MB	M	Da	Samsung
1002344	4434	MB	Ž	Da	HTC
1002446	5395	MB	M	Da	LG
1002548	7762	MB	Ž	Ne	Samsung
1002650	8428	MB	Ž	Ne	HTC
1002752	654	MB	Ž	Ne	LG
1002854	1382	MB	M	Da	LG
1002956	1976	MB	M	Da	LG
1003058	7700	MB	M	Da	Acer
1003160	9421	MB	M	Da	Samsung
1003262	8110	MB	M	Ne	Samsung



## Prilog 5: Primjer ispunjenog Obrasca

### Obrazac za prikupljanje informacija o generiranom podatkovnom prometu pametnog telefona

ID: 1043654

Mobilne mreže				Wi-Fi mreže			
Razdoblje:	22. tra - 20. svib	Ukupno GB:	264 MB	Razdoblje:	22. tra - 20. svib	Ukupno GB:	1,14 GB
Aplikacija		Količina MB		Aplikacija		Količina MB	
Trgovina Google Play		73,44 MB		Prezlednik		355 MB	
You Tube		49,81 MB		Trgovina Google play		268 MB	
Prezlednik		48,51 MB		Instagram		173 MB	
Messenger		19,22 MB		You Tube		95,99 MB	
Aplikacija google		14,41 MB		Digimon Heroes		89,18 MB	
Instagram		12,57 MB		Messenger		77,64 MB	
Google Usluge		12,34 MB		Whats App		22,58 MB	
Android OS		10,12 MB		Android OS		22,15 MB	
Digimon Heroes		6,74 MB		Aplikacija Google		14,15 MB	
Karte		4,64 MB		Google Usluge		13,30 MB	
Whats app		4,61 MB		Uklonjenje aplikacije		13,16 MB	
Play App		3,28 MB		Play App		5,28 MB	
Uklonjenje App		2,53 MB		Karte		4,79 MB	
Smart Voice recorder		647 MB		Smart Voice recorder		688 MB	
RAR		523 MB		Dous to go		564 MB	
Razdoblje 2:		Ukupno GB:		Razdoblje 2:		Ukupno GB:	

Ukoliko pametni telefon nema navedene podatke upisati:

Proizvođač: NOA

Model: NOA H40

### Prilog 6: Kodirani podaci nezavisnih i zavisnih varijabli istraživanja

ID	Kategorija	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17
1059872	2	0	0	1	1	1	0	0	1	3	2	1	1	1	1	1	1	0
1076192	2	0	0	0	0	1	1	1	1	3	1	0	1	1	0	1	1	0
1078844	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1	0
1078436	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	2	2	1	1	0	1	1	0
1037942	0	0	0	1	1	1	1	0	1	2	2	0	1	0	0	1	1	0
1063646	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	2	0	1	1	0	0	1	0
1001120	3	0	0	1	0	1	1	1	1	0	2	0	1	1	0	0	1	0
1077008	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	2	1	1	1	1	0	1	0
1055690	3	0	1	1	0	1	0	0	1	0	2	1	1	1	1	0	1	0
1079762	3	1	0	1	0	1	1	1	1	2	2	1	1	1	0	0	1	0
1068134	4	0	0	0	1	1	1	1	1	3	1	2	1	1	0	1	0	0
1067624	4	0	0	0	0	1	1	1	1	0	2	2	1	1	0	1	0	0
1056302	1	0	0	1	0	1	0	0	1	3	2	1	1	1	1	1	0	0
1080476	3	1	0	0	0	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0
1061504	2	0	0	1	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0
1002140	2	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0
1045286	4	1	0	0	0	1	0	0	1	2	2	1	1	1	1	1	0	0
1072622	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	2	1	1	1	1	1	0	0
1088126	2	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0
1045082	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0
1038146	3	0	0	1	0	1	1	1	1	3	0	2	1	1	0	1	0	0
1043756	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	2	2	1	1	0	1	0	0
1055078	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	0	1	1	0	0	0	0
1037636	2	1	0	0	1	1	0	0	1	0	2	2	1	1	0	0	0	0
1066808	2	0	1	1	1	1	0	0	1	2	2	0	1	1	1	0	0	0

1089758	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	1	1	1	1	0	0	0
1063544	3	0	0	0	0	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	0	0	0
1085780	2	0	0	1	0	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
1071908	3	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
1072214	1	0	0	1	1	1	0	0	1	2	2	1	1	1	1	0	0	0
1061096	2	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	2	1	1	1	0	0	0
1059566	3	0	0	1	0	1	0	1	1	0	2	0	1	1	0	0	0	0
1081802	2	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0
1001630	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	2	0	1	1	0	0	1	0
1045592	1	0	0	1	1	1	0	0	1	2	2	1	1	1	1	0	1	0
1045184	2	1	0	0	1	1	0	0	1	3	0	1	1	1	0	0	1	0
1049366	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
1062626	3	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1045796	3	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1086800	1	1	0	1	0	1	1	1	1	3	1	2	1	1	1	0	1	1
1055282	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	2	2	1	0	0	0	1	1
1040594	2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	0	1
1079558	3	0	0	0	1	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1	0	1
1082414	2	0	0	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	1
1089554	3	0	0	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	1
1086494	1	0	0	0	1	1	0	0	1	2	2	1	1	1	1	1	0	1
1044674	2	0	0	0	1	1	0	0	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1
1074662	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	2	2	1	1	1	1	0	1
1000814	3	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2	2	1	1	1	1	0	1
1057220	3	0	0	0	1	1	0	0	1	0	2	2	1	1	0	1	0	1
1056200	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	2	2	1	1	0	1	0	1
1077212	3	0	1	1	0	1	0	0	1	2	2	2	1	1	0	1	0	1

1088534	1	0	0	0	0	1	0	0	1	2	2	1	1	0	0	1	0	1
1067726	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	1	1	0	0	0	1
1057424	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
1070888	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
1080272	2	0	0	1	0	1	0	0	1	3	1	1	1	1	0	0	0	1
1002242	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1
1087106	1	0	0	1	0	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	0	0	1
1039472	1	1	0	0	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0	1
1063034	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	1	1	1	1	0	0	1
1070684	2	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	0	0	1
1063952	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	1
1070480	2	0	0	1	0	1	1	1	1	3	2	2	1	1	1	0	0	1
1073744	4	0	0	0	0	1	0	0	1	4	1	2	1	1	0	0	0	1
1052018	3	1	0	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	0	0	1	1	1
1044776	3	0	0	0	0	1	0	0	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
1002752	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	0	0	1	1
1088228	4	0	0	0	1	1	0	0	1	2	2	2	1	1	0	1	1	2
1056404	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	2	1	1	1	0	0	1	2
1030496	2	1	0	0	1	1	1	1	1	3	0	1	1	1	0	1	2	2
1068032	4	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	2
1039778	3	0	0	0	1	1	0	0	1	0	2	1	1	1	1	1	0	2
1060382	3	0	0	1	1	1	0	0	1	0	2	1	1	1	1	1	0	2
1004894	3	0	0	1	1	1	0	1	1	3	2	1	1	1	1	1	0	2
1064054	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	2
1030292	2	0	0	0	0	1	0	0	1	2	2	1	1	1	1	1	0	2
1067828	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	2
1050488	4	0	0	0	1	1	1	1	1	0	2	2	1	1	0	1	0	2

1031720	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	2	1	1	0	1	0	2
1029680	4	0	0	1	0	1	0	0	1	2	0	2	1	1	0	1	0	2
1087616	3	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	2	1	1	0	1	0	2
1045694	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	0	1	0	2
1055588	2	0	1	1	0	1	0	0	1	0	2	2	1	1	0	1	0	2
1062932	2	0	0	0	0	1	1	1	1	0	2	2	1	1	0	1	0	2
1085372	3	0	0	0	0	1	1	1	1	0	2	2	1	1	0	1	0	2
1044878	3	0	0	1	0	1	0	0	1	1	2	2	1	1	0	1	0	2
1070378	3	0	0	1	1	1	0	0	1	2	2	2	1	1	0	1	0	2
1086596	3	1	0	0	0	1	1	1	1	1	2	0	1	1	1	0	0	2
1079048	1	0	0	0	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	0	0	2
1081904	2	0	0	1	0	1	1	0	1	0	2	2	1	1	1	0	0	2
1039982	3	0	0	0	0	1	0	0	1	4	2	2	1	1	1	0	0	2
1037840	4	0	0	0	0	1	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0	0	2
1086290	2	0	0	0	1	1	0	0	1	2	2	2	1	1	0	0	1	2
1048142	2	1	0	0	1	0	1	1	1	0	2	0	1	1	0	1	1	0
1062320	1	1	0	0	1	0	1	1	1	2	2	1	1	1	0	1	1	0
1003466	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	1	1	1	1	1	0	0
1003364	2	0	0	0	1	0	0	1	1	2	2	2	1	1	1	1	0	0
1083026	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
1001018	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	2	1	1	1	0	1	0	0
1056506	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	0	0
1063748	2	0	1	1	0	0	1	0	1	0	2	0	1	1	0	0	0	0
1030190	2	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0
1062830	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	0	1	1	1	0	0	0
1082822	2	1	0	1	0	0	1	1	1	3	2	1	1	1	1	0	0	0
1074152	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	1	0	0	0	0

1002854	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0
1079660	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0
1061300	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1	0
1071194	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	2	1	1	0	0	0	1	0
1084964	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	1	1	1	1	1	2	1
1059974	2	1	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	1	1	0	1	0	1
1042532	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	1	1	1	1	1	0	1
1056710	3	0	0	1	1	0	1	1	1	0	2	1	1	1	1	1	0	1
1080680	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	0	1
1029782	2	0	0	1	0	0	0	0	1	2	2	1	1	1	1	1	0	1
1082006	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	1	1	1	1	1	0	1
1001426	1	1	1	1	0	0	0	1	1	3	1	1	1	0	1	1	0	1
1064360	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	1	1	1	0	1	0	1
1043042	2	0	0	0	1	0	0	0	1	2	2	1	1	1	0	1	0	1
1043450	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	2	2	1	1	0	1	0	1
1029476	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
1085678	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	1	1	1	0	0	0	1
1071806	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	1	1	0	0	0	1
1059668	2	0	0	1	1	0	0	1	1	3	1	1	1	1	1	0	0	1
1074866	1	0	0	1	1	0	1	1	1	3	2	1	1	1	1	0	0	1
1062422	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2	1	1	1	1	0	0	1
1080068	3	0	0	0	1	0	0	1	1	2	2	1	1	1	1	0	0	1
1072010	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	0	0	0	1
1078640	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	2	2	1	1	0	1	1	1
1004690	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0	0	2
1088432	1	0	0	1	1	2	1	0	1	1	2	1	1	1	0	1	0	0
1061912	1	1	0	0	1	2	0	0	1	0	2	2	1	1	1	1	0	0

1057628	1	0	0	1	1	2	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
1051916	3	1	0	0	1	2	1	1	1	0	2	2	1	1	0	0	0	0
1074968	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	2	1	1	1	1	0	1	0
1080170	1	0	0	1	0	2	0	0	1	1	2	1	1	1	0	0	1	1
1044980	0	1	0	1	1	2	0	0	1	3	2	2	1	0	0	0	1	1
1086902	2	1	0	0	1	2	0	0	1	0	2	2	1	1	0	0	0	1
1057016	3	0	0	0	0	2	0	0	1	0	2	1	1	1	1	0	0	1
1043654	1	0	0	0	1	2	1	1	1	4	2	1	1	1	1	0	0	1
1043858	3	0	0	0	0	2	1	1	1	0	2	2	1	1	0	0	0	1
1038044	2	0	0	1	1	2	0	0	1	4	1	2	1	1	0	1	1	1
1086086	3	1	0	1	1	2	0	0	1	3	1	2	1	1	0	0	1	1
1042430	3	0	0	0	0	2	1	1	1	0	2	1	1	1	0	1	1	2
1072520	1	0	0	0	0	2	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1	0	2
1002956	1	0	0	1	1	2	0	0	1	0	2	2	1	1	0	1	0	2
1080986	3	0	0	0	0	2	0	0	1	0	2	1	1	1	1	0	0	2
1043246	2	0	0	0	1	2	0	0	1	2	2	1	1	1	1	0	0	2
1067012	1	0	1	1	1	1	1	1	0	3	0	1	1	0	1	1	1	0
1060280	2	1	0	0	0	1	1	1	0	3	1	2	1	0	1	1	1	0
1000610	2	0	0	1	1	1	1	1	0	2	0	0	1	1	0	0	1	0
1064564	3	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	2	1	1	0	1	0	0
1073030	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0
1063850	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	2	1	1	1	0	0	0
1044164	3	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
1063136	3	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	2	1	1	0	0	0	0
1004180	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	1	1	0	0	0	0
1059770	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1038860	2	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	1	1	0	1	0	1

1064462	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2	1	1	0	1	0	1
1046000	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
1049264	2	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	0	1
1087004	2	1	0	0	1	1	0	0	0	4	0	2	1	0	1	1	0	1
1084760	2	0	0	1	1	1	0	0	0	0	2	0	1	1	0	1	0	1
1067522	2	0	1	1	0	1	0	0	0	0	2	2	1	1	0	1	0	1
1067216	3	0	1	0	0	1	0	1	0	3	0	2	1	1	0	1	0	1
1004996	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2	1	1	0	1	0	1
1060586	2	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	2	1	1	0	1	0	1
1082516	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	2	1	1	0	1	0	1
1060178	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	1
1086392	4	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	2	1	1	0	0	0	1
1039574	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	1	1	1	1	0	0	1
1062014	1	0	0	1	0	1	1	1	0	3	1	2	1	1	1	0	0	1
1057526	2	0	0	0	0	1	1	1	0	2	1	2	1	1	1	0	0	1
1084862	4	1	0	0	0	1	1	1	0	4	0	1	1	1	0	0	0	1
1063442	2	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	2	1	1	0	0	0	1
1060076	3	1	0	1	1	1	1	1	0	3	1	1	1	1	1	1	0	2
1003670	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	2	2	1	1	1	1	0	2
1044062	4	0	0	0	0	1	1	1	0	3	0	2	1	1	0	1	0	2
1040696	3	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	2	1	1	0	1	0	2
1038350	4	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	2
1057832	3	0	0	0	1	1	0	0	0	4	0	2	1	1	1	0	0	2
1085168	3	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	2	1	1	1	0	0	2
1073948	3	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	2
1061810	3	1	0	1	1	1	1	1	0	4	2	0	1	1	0	0	0	2
1002650	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	2



1038452	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	2	1	1	0	0	0	2
1038248	3	0	0	1	1	1	0	1	0	3	1	2	1	1	0	0	0	2
1085474	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	1	0	0	0	1	0
1089860	2	0	0	1	1	0	0	0	0	3	2	2	1	1	0	0	0	0
1003058	2	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
1004282	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1
1087208	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1
1051712	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	1	1	0	1
1003874	2	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	0	1
1001732	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	2	2	1	1	0	0	0	1
1004588	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	0	0	0	1
1063340	1	0	0	1	1	0	0	1	0	3	0	2	1	1	0	0	0	1
1045490	2	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1
1074050	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	2	1	1	1	1	0	2
1064870	3	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	2
1030088	2	0	0	0	0	0	0	1	0	4	2	2	1	1	0	1	0	2
1050386	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2
1044266	1	0	0	0	0	0	1	1	0	3	0	2	1	1	0	0	0	2
1067930	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	0	2
1037738	1	0	0	0	1	2	0	0	0	1	2	1	1	1	0	0	1	0
1073234	1	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0
1085882	3	1	0	0	1	2	0	0	0	4	0	1	1	1	0	0	1	0
1062524	0	0	0	1	0	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1057118	3	0	0	0	0	2	0	1	0	4	0	2	1	1	0	1	0	1
1030700	1	1	0	1	1	2	0	0	0	0	1	2	1	1	0	1	0	1
1039370	3	1	0	0	0	2	0	0	0	2	1	1	1	1	1	0	0	1
1074356	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	2	1	1	1	0	0	1

1056914	4	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	2
1085576	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	0	2
1042736	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	2	1	0	1	0	0	1	0
1079252	3	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	1	0	1	1	0	1	0
1055384	0	0	1	1	1	1	1	0	1	2	2	1	0	1	1	1	2	0
1077110	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	2	1	0	1	0	1	0	0
1044572	3	0	0	1	0	1	1	1	1	1	2	1	0	1	0	1	0	0
1079150	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	2	1	0	1	1	1	0	0
1003262	2	0	0	0	0	1	0	0	1	3	1	1	0	1	0	0	0	0
1079864	3	1	0	1	0	1	0	0	1	2	2	1	0	1	0	0	0	0
1072724	3	1	1	1	0	1	0	0	1	2	2	1	0	1	0	0	0	0
1002446	2	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	1	0	1	0	0	0	0
1086698	1	0	0	1	1	1	0	0	1	3	2	0	0	1	1	0	0	0
1071296	2	1	0	0	0	1	0	1	1	2	2	1	0	1	1	0	0	0
1064768	4	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	2	0	1	1	0	0	0
1061402	3	1	0	0	0	1	0	0	1	4	2	2	0	1	1	0	0	0
1039676	3	0	0	0	1	1	0	0	1	0	2	2	0	1	0	0	0	0
1042634	2	1	0	1	1	1	0	0	1	2	2	2	0	1	0	0	0	0
1055894	2	1	0	0	0	1	1	1	1	3	2	1	0	1	0	0	1	0
1073336	3	1	1	1	1	1	0	0	1	3	1	2	0	1	0	1	1	1
1089656	3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	2	1	0	1	0	0	1	1
1051100	2	0	0	1	0	1	1	0	1	3	2	0	0	1	1	0	1	1
1055792	1	0	1	1	1	1	0	0	1	2	2	2	0	1	1	0	1	1
1080884	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	2	1	0	0	1	0	1	1
1078946	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	0	1	0	0	1	1
1029986	2	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	2	0	1	0	1	0	1
1038962	2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1

1060484	4	0	0	0	1	1	0	0	1	2	1	1	0	1	1	1	0	1
1000100	2	0	0	0	0	1	0	0	1	2	2	1	0	1	1	1	0	1
1089452	3	0	0	0	1	1	0	0	1	2	2	2	0	1	1	1	0	1
1051814	3	0	0	0	1	1	0	0	1	2	2	1	0	1	0	1	0	1
1004792	3	0	0	0	1	1	1	0	1	2	2	1	0	1	0	1	0	1
1082312	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	0	0	0	1	0	1
1005098	4	0	0	1	0	1	1	1	1	2	2	0	0	1	0	0	0	1
1055996	3	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
1000304	2	1	0	0	0	1	1	0	1	1	2	1	0	1	1	0	0	1
1056812	2	0	0	0	0	1	1	0	1	2	2	1	0	1	1	0	0	1
1057730	3	1	0	0	0	1	0	0	1	4	2	1	0	1	1	0	0	1
1088330	2	1	0	0	0	1	0	0	1	3	1	2	0	0	1	0	0	1
1073642	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	2	1	0	1	0	0	0	1
1071398	3	0	0	1	1	1	0	0	1	2	2	1	0	1	0	0	0	1
1040492	2	1	0	1	0	1	1	0	1	0	2	2	0	1	0	0	0	1
1056608	3	1	0	1	1	1	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	1
1064258	1	0	0	0	1	1	0	0	1	3	2	2	0	1	1	1	0	2
1039064	2	0	0	1	1	1	1	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	2
1003160	2	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	2
1087514	3	1	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	0	1	1	0	0	2
1001222	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	2
1082618	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	1	0	1	0	0	1	0
1043348	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	1	0	1	0	0	0	0
1001528	2	1	1	1	1	0	0	0	1	1	2	1	0	1	0	0	0	1
1056098	4	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	2	0	1	0	0	0	1
1040390	3	1	0	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0	0	1
1049570	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0	1	1	0	0	1

1083128	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	2	0	1	0	0	0	1
1080578	1	1	0	1	0	0	0	0	1	2	2	2	0	1	1	1	0	2
1087412	1	1	0	1	0	0	1	1	1	3	1	2	0	1	0	0	0	2
1074764	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	1	0
1073540	1	0	1	0	1	2	0	0	1	0	2	1	0	1	1	0	1	0
1070582	1	0	0	0	0	2	0	0	1	1	2	2	0	1	0	1	0	0
1002344	1	1	0	1	1	2	1	0	1	3	2	0	0	1	0	0	0	0
1064156	0	0	0	0	1	2	0	0	1	2	2	1	0	1	0	0	1	0
1047938	0	1	0	0	0	2	1	1	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0
1060790	0	0	0	1	0	2	1	1	1	1	2	0	0	1	1	0	0	1
1080374	1	1	0	0	0	2	1	1	1	3	2	1	0	1	0	0	0	1
1048448	0	1	0	1	0	2	1	0	1	0	1	2	0	0	0	1	0	2
1064972	3	0	1	0	1	2	0	0	1	0	1	2	0	1	0	0	0	2
1052936	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	2	0	1	1	0	1	0
1062728	3	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
1003772	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0
1030394	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	0	1	0	1	1	0
1083230	3	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	2	0	1	0	1	0	1
1002548	2	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
1072418	3	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1
1057322	2	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	2	0	1	1	0	0	1
1075070	1	0	0	1	1	1	0	1	0	2	0	2	0	0	1	0	0	1
1085066	2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	2	0	1	0	1	0	2
1038554	2	0	0	0	0	1	1	1	0	3	2	2	0	1	0	1	0	2
1029884	2	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	2	0	1	0	0	0	2
1087310	1	1	0	0	1	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	1	1
1067318	1	0	1	0	1	0	0	0	0	2	1	1	0	1	1	0	0	1

1030802	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	2	0	1	0	0	0	2
1051406	1	0	0	0	1	0	0	0	0	4	2	0	0	1	0	1	1	2
1076804	1	0	1	1	0	2	1	0	0	3	0	2	0	0	1	0	0	1

## Prilog 7: Rezultati jednodimenzionalne analize nezavisnih varijabli istraživanja

ologit kategorija x1

Iteration 0: log likelihood = -438.05705  
 Iteration 1: log likelihood = -438.01884  
 Iteration 2: log likelihood = -438.01884

Ordered logistic regression	Number of obs	=	298
	LR chi2(1)	=	0.08
	Prob > chi2	=	0.7822
Log likelihood = -438.01884	Pseudo R2	=	0.0001

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x1	-.0660125	.2388109	-0.28	0.782	-.5340733	.4020482
/cut1	-2.244768	.2054386			-2.64742	-1.842116
/cut2	-.4812619	.1335266			-.7429692	-.2195546
/cut3	.7273116	.1376765			.4574706	.9971526
/cut4	2.669917	.2446906			2.190332	3.149502

ologit kategorija x2

Iteration 0: log likelihood = -438.05705  
 Iteration 1: log likelihood = -436.09662  
 Iteration 2: log likelihood = -436.0941  
 Iteration 3: log likelihood = -436.0941

Ordered logistic regression	Number of obs	=	298
	LR chi2(1)	=	3.93
	Prob > chi2	=	0.0475
Log likelihood = -436.0941	Pseudo R2	=	0.0045

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x2	-.6743795	.3406708	-1.98	0.048	-1.342082	-.0066769
/cut1	-2.322924	.2031244			-2.721041	-1.924808
/cut2	-.5392562	.1255351			-.7853005	-.2932118
/cut3	.6828824	.1277788			.4324405	.9333243
/cut4	2.630728	.2386415			2.162999	3.098457

ologit kategorija x3

Iteration 0: log likelihood = -438.05705  
Iteration 1: log likelihood = -435.63709  
Iteration 2: log likelihood = -435.63478  
Iteration 3: log likelihood = -435.63478

Ordered logistic regression	Number of obs	=	298
	LR chi2(1)	=	4.84
	Prob > chi2	=	0.0277
Log likelihood = -435.63478	Pseudo R2	=	0.0055

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x3	-.4626362	.2108315	-2.19	0.028	-.8758584	-.049414
/cut1	-2.453492	.223073			-2.890707	-2.016277
/cut2	-.6749763	.1538659			-.976548	-.3734047
/cut3	.5493752	.1519029			.251651	.8470994
/cut4	2.505323	.2501034			2.015129	2.995516

ologit kategorija x4

Iteration 0: log likelihood = -438.05705  
Iteration 1: log likelihood = -437.92606  
Iteration 2: log likelihood = -437.92605

Ordered logistic regression	Number of obs	=	298
	LR chi2(1)	=	0.26
	Prob > chi2	=	0.6088
Log likelihood = -437.92605	Pseudo R2	=	0.0003

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x4	-.1065222	.2081479	-0.51	0.609	-.5144846	.3014402
/cut1	-2.284268	.2252551			-2.72576	-1.842776
/cut2	-.5210363	.1624715			-.8394747	-.2025979
/cut3	.688924	.1638422			.3677992	1.010049
/cut4	2.633211	.2588079			2.125957	3.140466

ologit kategorija x5

Iteration 0: log likelihood = -438.05705  
 Iteration 1: log likelihood = -437.698  
 Iteration 2: log likelihood = -437.69793  
 Iteration 3: log likelihood = -437.69793

Ordered logistic regression  
 Number of obs = 298  
 LR chi2(1) = 0.72  
 Prob > chi2 = 0.3967  
 Pseudo R2 = 0.0008  
 Log likelihood = -437.69793

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
x5	.1518395	.1793902	0.85	0.397	-.1997587 .5034378
/cut1	-2.096596	.2477915			-2.582258 -1.610933
/cut2	-.3351679	.1931564			-.7137474 .0434116
/cut3	.8771967	.2005707			.4840853 1.270308
/cut4	2.826679	.2895546			2.259163 3.394196

ologit kategorija x6

Iteration 0: log likelihood = -438.05705  
 Iteration 1: log likelihood = -438.05648  
 Iteration 2: log likelihood = -438.05648

Ordered logistic regression  
 Number of obs = 298  
 LR chi2(1) = 0.00  
 Prob > chi2 = 0.9730  
 Pseudo R2 = 0.0000  
 Log likelihood = -438.05648

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
x6	-.0072472	.2143606	-0.03	0.973	-.4273863 .4128919
/cut1	-2.230224	.2123886			-2.646498 -1.81395
/cut2	-.4672875	.143873			-.7492733 -.1853016
/cut3	.7412094	.1476116			.4518959 1.030523
/cut4	2.684	.2508664			2.192311 3.175689



ologit kategorija x7

Iteration 0: log likelihood = -438.05705  
Iteration 1: log likelihood = -437.8213  
Iteration 2: log likelihood = -437.82127

```
Ordered logistic regression              Number of obs =    298
                                         LR chi2(1)      =    0.47
                                         Prob > chi2     =    0.4923
Log likelihood = -437.82127             Pseudo R2      =    0.0005
```

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x7	.1487288	.2166507	0.69	0.492	-.2758989	.5733564
/cut1	-2.17359	.2101777			-2.585531	-1.76165
/cut2	-.4117918	.1415318			-.6891891	-.1343946
/cut3	.7976202	.1468786			.5097434	1.085497
/cut4	2.744287	.2519393			2.250495	3.238079

ologit kategorija x8

Iteration 0: log likelihood = -438.05705  
Iteration 1: log likelihood = -437.38594  
Iteration 2: log likelihood = -437.38578  
Iteration 3: log likelihood = -437.38578

```
Ordered logistic regression              Number of obs =    298
                                         LR chi2(1)      =    1.34
                                         Prob > chi2     =    0.2466
Log likelihood = -437.38578             Pseudo R2      =    0.0015
```

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x8	-.2652507	.2291163	-1.16	0.247	-.7143104	.1838091
/cut1	-2.421789	.258874			-2.929173	-1.914406
/cut2	-.6535458	.2025433			-1.050523	-.2565682
/cut3	.5581704	.2022324			.1618021	.9545387
/cut4	2.50303	.2841696			1.946068	3.059992

ologit kategorija x10

Iteration 0: log likelihood = -438.05705  
Iteration 1: log likelihood = -436.04867  
Iteration 2: log likelihood = -436.04691  
Iteration 3: log likelihood = -436.04691

Ordered logistic regression

Number of obs = 298  
LR chi2(1) = 4.02  
Prob > chi2 = 0.0450  
Pseudo R2 = 0.0046

Log likelihood = -436.04691

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x10	-.3084094	.1543975	-2.00	0.046	-.611023	-.0057959
/cut1	-2.704439	.3114051			-3.314782	-2.094097
/cut2	-.9294689	.2626205			-1.444196	-.4147422
/cut3	.2870277	.259336			-.2212614	.7953169
/cut4	2.241047	.3228396			1.608293	2.873801

ologit kategorija x11

Iteration 0: log likelihood = -438.05705  
Iteration 1: log likelihood = -436.24139  
Iteration 2: log likelihood = -436.24012  
Iteration 3: log likelihood = -436.24012

Ordered logistic regression

Number of obs = 298  
LR chi2(1) = 3.63  
Prob > chi2 = 0.0566  
Pseudo R2 = 0.0041

Log likelihood = -436.24012

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x11	.3150384	.1656825	1.90	0.057	-.0096934	.6397702
/cut1	-1.814143	.2899401			-2.382415	-1.245871
/cut2	-.0395954	.2527436			-.5349637	.455773
/cut3	1.176035	.2602678			.6659193	1.68615
/cut4	3.126933	.3336973			2.472898	3.780968

ologit kategorija x12

Iteration 0: log likelihood = -438.05705  
 Iteration 1: log likelihood = -438.04586  
 Iteration 2: log likelihood = -438.04586

Ordered logistic regression	Number of obs	=	298
	LR chi2(1)	=	0.02
	Prob > chi2	=	0.8811
Log likelihood = -438.04586	Pseudo R2	=	0.0000

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x12	.0347192	.2321483	0.15	0.881	-.4202831	.4897216
/cut1	-2.202238	.2577973			-2.707511	-1.696965
/cut2	-.4394173	.2058898			-.842954	-.0358807
/cut3	.768944	.2083339			.3606171	1.177271
/cut4	2.711906	.2907746			2.141999	3.281814

ologit kategorija x13

Iteration 0: log likelihood = -438.05705  
 Iteration 1: log likelihood = -425.30037  
 Iteration 2: log likelihood = -425.01506  
 Iteration 3: log likelihood = -425.01463  
 Iteration 4: log likelihood = -425.01463

Ordered logistic regression	Number of obs	=	298
	LR chi2(1)	=	26.08
	Prob > chi2	=	0.0000
Log likelihood = -425.01463	Pseudo R2	=	0.0298

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x13	2.158881	.4340284	4.97	0.000	1.308201	3.009561
/cut1	-.3835316	.4040846			-1.175523	.4084597
/cut2	1.54484	.4233757			.7150393	2.374642
/cut3	2.800075	.435188			1.947122	3.653027
/cut4	4.766513	.483774			3.818334	5.714693



ologit kategorija x16

Iteration 0: log likelihood = -438.05705  
 Iteration 1: log likelihood = -430.52731  
 Iteration 2: log likelihood = -430.49776  
 Iteration 3: log likelihood = -430.49775

Ordered logistic regression

Number of obs = 298  
 LR chi2(1) = 15.12  
 Prob > chi2 = 0.0001  
 Pseudo R2 = 0.0173

Log likelihood = -430.49775

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x16	-.5165157	.1346405	-3.84	0.000	-.7804062	-.2526253
/cut1	-2.510332	.2141625			-2.930082	-2.090581
/cut2	-.6784889	.133297			-.9397463	-.4172316
/cut3	.5625009	.1327354			.3023443	.8226576
/cut4	2.527606	.240335			2.056558	2.998654

ologit kategorija x17

Iteration 0: log likelihood = -438.05705  
 Iteration 1: log likelihood = -432.87316  
 Iteration 2: log likelihood = -432.86185  
 Iteration 3: log likelihood = -432.86185

Ordered logistic regression

Number of obs = 298  
 LR chi2(1) = 10.39  
 Prob > chi2 = 0.0013  
 Pseudo R2 = 0.0119

Log likelihood = -432.86185

kategorija	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
x17	.4630163	.1446329	3.20	0.001	.179541	.7464916
/cut1	-1.85834	.2248044			-2.298949	-1.417732
/cut2	-.0653896	.1721915			-.4028787	.2720996
/cut3	1.169863	.1844227			.8084007	1.531325
/cut4	3.144084	.280906			2.593519	3.69465

## Prilog 8: Obrasci ponašanja korisnika definirani vjerojatnostima

ID	Razine nezavisnih varijabli						Vjerojatnost pripadanja određenoj kategoriji zavisne varijable				
	x3	x9	x10	x13	x16	x17	0	1	2	3	4
1071194	1	1	2	0	1	0	75,82%	20,42%	2,75%	0,87%	0,13%
1037942	1	2	2	0	1	0	72,02%	23,44%	3,32%	1,06%	0,15%
1074764	0	0	2	0	1	0	69,93%	25,07%	3,65%	1,17%	0,17%
1047938	0	0	2	0	1	0	69,93%	25,07%	3,65%	1,17%	0,17%
1080884	1	1	2	0	1	1	69,25%	25,60%	3,76%	1,21%	0,18%
1052018	1	1	2	0	1	1	69,25%	25,60%	3,76%	1,21%	0,18%
1044980	1	3	2	0	1	1	60,28%	32,26%	5,41%	1,79%	0,26%
1055282	0	1	2	0	1	1	57,82%	33,99%	5,93%	1,97%	0,29%
1056608	1	1	2	0	0	1	48,59%	39,95%	8,22%	2,83%	0,42%
1067012	1	3	0	0	1	0	46,99%	40,89%	8,68%	3,01%	0,44%
1060280	0	3	1	0	1	0	45,44%	41,75%	9,14%	3,19%	0,47%
1085474	0	1	0	0	1	0	44,47%	42,28%	9,44%	3,31%	0,49%
1082312	0	1	2	0	0	1	36,52%	45,95%	12,31%	4,54%	0,68%
1055384	1	2	2	1	2	0	36,22%	46,06%	12,44%	4,59%	0,69%
1048448	1	0	1	0	0	2	34,87%	46,53%	13,01%	4,85%	0,73%
1088534	0	2	2	0	0	1	32,07%	47,35%	14,29%	5,46%	0,83%
1087208	0	0	1	0	0	1	31,22%	47,55%	14,70%	5,66%	0,86%
1001426	1	3	1	0	0	1	29,20%	47,93%	15,74%	6,18%	0,95%
1087310	0	3	0	0	1	1	27,92%	48,08%	16,44%	6,55%	1,01%
1084964	0	0	2	1	2	1	26,93%	48,15%	17,00%	6,86%	1,06%
1001120	1	0	2	1	1	0	26,13%	48,18%	17,47%	7,11%	1,11%
1055690	1	0	2	1	1	0	26,13%	48,18%	17,47%	7,11%	1,11%
1050386	1	0	0	0	0	2	25,75%	48,18%	17,70%	7,24%	1,13%
1075070	1	2	0	0	0	1	24,55%	48,13%	18,45%	7,67%	1,20%
1060178	0	0	0	0	0	1	22,72%	47,90%	19,65%	8,40%	1,33%
1001630	1	1	2	1	1	0	22,50%	47,86%	19,80%	8,49%	1,35%
1063646	1	1	2	1	1	0	22,50%	47,86%	19,80%	8,49%	1,35%
1061300	1	1	2	1	1	0	22,50%	47,86%	19,80%	8,49%	1,35%
1078844	1	1	2	1	1	0	22,50%	47,86%	19,80%	8,49%	1,35%
1078436	1	1	2	1	1	0	22,50%	47,86%	19,80%	8,49%	1,35%
1076804	1	3	0	0	0	1	21,08%	47,51%	20,81%	9,15%	1,46%
1089656	1	0	2	1	1	1	20,26%	47,24%	21,41%	9,56%	1,53%
1088330	0	3	1	0	0	1	20,06%	47,17%	21,56%	9,66%	1,55%
1045592	1	2	2	1	1	0	19,24%	46,84%	22,18%	10,10%	1,63%
1079762	1	2	2	1	1	0	19,24%	46,84%	22,18%	10,10%	1,63%
1077008	0	0	2	1	1	0	17,72%	46,06%	23,40%	11,02%	1,81%
1073540	0	0	2	1	1	0	17,72%	46,06%	23,40%	11,02%	1,81%
1082618	0	0	2	1	1	0	17,72%	46,06%	23,40%	11,02%	1,81%

1048142	0	0	2	1	1	0	17,72%	46,06%	23,40%	11,02%	1,81%
1080170	1	1	2	1	1	1	17,25%	45,77%	23,78%	11,33%	1,86%
1059872	1	3	2	1	1	0	16,36%	45,17%	24,53%	11,96%	1,98%
1074968	0	1	2	1	1	0	15,02%	44,08%	25,70%	13,01%	2,19%
1037738	0	1	2	1	1	0	15,02%	44,08%	25,70%	13,01%	2,19%
1079252	0	1	2	1	1	0	15,02%	44,08%	25,70%	13,01%	2,19%
1055792	1	2	2	1	1	1	14,61%	43,71%	26,06%	13,36%	2,26%
1062626	1	0	1	1	1	1	14,13%	43,23%	26,49%	13,80%	2,35%
1079150	1	0	2	1	0	0	12,92%	41,90%	27,59%	14,99%	2,60%
1062830	1	0	2	1	0	0	12,92%	41,90%	27,59%	14,99%	2,60%
1003466	1	0	2	1	0	0	12,92%	41,90%	27,59%	14,99%	2,60%
1077110	1	0	2	1	0	0	12,92%	41,90%	27,59%	14,99%	2,60%
1063748	1	0	2	1	0	0	12,92%	41,90%	27,59%	14,99%	2,60%
1059566	1	0	2	1	0	0	12,92%	41,90%	27,59%	14,99%	2,60%
1064156	0	2	2	1	1	0	12,67%	41,59%	27,82%	15,27%	2,66%
1062320	0	2	2	1	1	0	12,67%	41,59%	27,82%	15,27%	2,66%
1042736	0	2	2	1	1	0	12,67%	41,59%	27,82%	15,27%	2,66%
1051100	1	3	2	1	1	1	12,32%	41,14%	28,14%	15,66%	2,74%
1062524	1	1	1	1	1	1	11,90%	40,57%	28,52%	16,16%	2,85%
1004282	1	1	1	1	1	1	11,90%	40,57%	28,52%	16,16%	2,85%
1087004	0	4	0	0	0	1	11,77%	40,40%	28,64%	16,31%	2,88%
1002752	0	1	2	1	1	1	11,26%	39,66%	29,10%	16,95%	3,03%
1049366	0	1	2	1	1	1	11,26%	39,66%	29,10%	16,95%	3,03%
1078640	0	1	2	1	1	1	11,26%	39,66%	29,10%	16,95%	3,03%
1002854	1	1	2	1	0	0	10,86%	39,04%	29,46%	17,49%	3,15%
1088432	1	1	2	1	0	0	10,86%	39,04%	29,46%	17,49%	3,15%
1043756	1	1	2	1	0	0	10,86%	39,04%	29,46%	17,49%	3,15%
1055078	1	1	2	1	0	0	10,86%	39,04%	29,46%	17,49%	3,15%
1085780	1	1	2	1	0	0	10,86%	39,04%	29,46%	17,49%	3,15%
1061504	1	1	2	1	0	0	10,86%	39,04%	29,46%	17,49%	3,15%
1044572	1	1	2	1	0	0	10,86%	39,04%	29,46%	17,49%	3,15%
1055894	0	3	2	1	1	0	10,64%	38,69%	29,65%	17,80%	3,22%
1052936	0	1	1	1	1	0	10,27%	38,07%	29,98%	18,34%	3,34%
1030394	0	1	1	1	1	0	10,27%	38,07%	29,98%	18,34%	3,34%
1056404	0	0	2	1	1	2	9,99%	37,59%	30,21%	18,76%	3,44%
1042430	0	0	2	1	1	2	9,99%	37,59%	30,21%	18,76%	3,44%
1001732	1	0	2	1	0	1	9,63%	36,93%	30,52%	19,33%	3,58%
1004588	1	0	2	1	0	1	9,63%	36,93%	30,52%	19,33%	3,58%
1042532	1	0	2	1	0	1	9,63%	36,93%	30,52%	19,33%	3,58%
1074662	1	0	2	1	0	1	9,63%	36,93%	30,52%	19,33%	3,58%
1073642	1	0	2	1	0	1	9,63%	36,93%	30,52%	19,33%	3,58%
1085678	1	0	2	1	0	1	9,63%	36,93%	30,52%	19,33%	3,58%
1084760	1	0	2	1	0	1	9,63%	36,93%	30,52%	19,33%	3,58%

1067522	1	0	2	1	0	1	9,63%	36,93%	30,52%	19,33%	3,58%
1040492	1	0	2	1	0	1	9,63%	36,93%	30,52%	19,33%	3,58%
1056710	1	0	2	1	0	1	9,63%	36,93%	30,52%	19,33%	3,58%
1044776	0	2	2	1	1	1	9,43%	36,56%	30,68%	19,66%	3,66%
1059770	0	0	1	1	1	1	9,10%	35,91%	30,95%	20,23%	3,80%
1072214	1	2	2	1	0	0	9,09%	35,89%	30,96%	20,25%	3,81%
1002446	1	2	2	1	0	0	9,09%	35,89%	30,96%	20,25%	3,81%
1066808	1	2	2	1	0	0	9,09%	35,89%	30,96%	20,25%	3,81%
1042634	1	2	2	1	0	0	9,09%	35,89%	30,96%	20,25%	3,81%
1079864	1	2	2	1	0	0	9,09%	35,89%	30,96%	20,25%	3,81%
1072724	1	2	2	1	0	0	9,09%	35,89%	30,96%	20,25%	3,81%
1000610	1	2	0	1	1	0	9,09%	35,88%	30,96%	20,26%	3,81%
1003058	1	0	1	1	0	0	8,77%	35,24%	31,20%	20,84%	3,96%
1063136	1	0	1	1	0	0	8,77%	35,24%	31,20%	20,84%	3,96%
1086800	1	3	1	1	1	1	8,34%	34,31%	31,51%	21,66%	4,17%
1086086	1	3	1	1	1	1	8,34%	34,31%	31,51%	21,66%	4,17%
1073336	1	3	1	1	1	1	8,34%	34,31%	31,51%	21,66%	4,17%
1043348	0	0	2	1	0	0	8,29%	34,20%	31,55%	21,77%	4,20%
1089758	0	0	2	1	0	0	8,29%	34,20%	31,55%	21,77%	4,20%
1072622	0	0	2	1	0	0	8,29%	34,20%	31,55%	21,77%	4,20%
1001018	0	0	2	1	0	0	8,29%	34,20%	31,55%	21,77%	4,20%
1061912	0	0	2	1	0	0	8,29%	34,20%	31,55%	21,77%	4,20%
1037636	0	0	2	1	0	0	8,29%	34,20%	31,55%	21,77%	4,20%
1039676	0	0	2	1	0	0	8,29%	34,20%	31,55%	21,77%	4,20%
1051916	0	0	2	1	0	0	8,29%	34,20%	31,55%	21,77%	4,20%
1067624	0	0	2	1	0	0	8,29%	34,20%	31,55%	21,77%	4,20%
1060790	1	1	2	1	0	1	8,04%	33,66%	31,71%	22,26%	4,33%
1062422	1	1	2	1	0	1	8,04%	33,66%	31,71%	22,26%	4,33%
1002242	1	1	2	1	0	1	8,04%	33,66%	31,71%	22,26%	4,33%
1056200	1	1	2	1	0	1	8,04%	33,66%	31,71%	22,26%	4,33%
1063952	1	1	2	1	0	1	8,04%	33,66%	31,71%	22,26%	4,33%
1082414	1	1	2	1	0	1	8,04%	33,66%	31,71%	22,26%	4,33%
1001528	1	1	2	1	0	1	8,04%	33,66%	31,71%	22,26%	4,33%
1089554	1	1	2	1	0	1	8,04%	33,66%	31,71%	22,26%	4,33%
1078946	0	1	1	1	1	1	7,60%	32,60%	31,98%	23,23%	4,60%
1045490	0	1	1	1	1	1	7,60%	32,60%	31,98%	23,23%	4,60%
1045796	0	1	1	1	1	1	7,60%	32,60%	31,98%	23,23%	4,60%
1056302	1	3	2	1	0	0	7,58%	32,57%	31,99%	23,25%	4,60%
1086698	1	3	2	1	0	0	7,58%	32,57%	31,99%	23,25%	4,60%
1002344	1	3	2	1	0	0	7,58%	32,57%	31,99%	23,25%	4,60%
1089860	1	3	2	1	0	0	7,58%	32,57%	31,99%	23,25%	4,60%
1082822	1	3	2	1	0	0	7,58%	32,57%	31,99%	23,25%	4,60%
1076192	0	3	1	1	1	0	7,16%	31,51%	32,21%	24,24%	4,88%



1004690	1	0	2	1	0	2	7,11%	31,38%	32,23%	24,36%	4,92%
1003670	1	0	2	1	0	2	7,11%	31,38%	32,23%	24,36%	4,92%
1002956	1	0	2	1	0	2	7,11%	31,38%	32,23%	24,36%	4,92%
1030802	1	0	2	1	0	2	7,11%	31,38%	32,23%	24,36%	4,92%
1081904	1	0	2	1	0	2	7,11%	31,38%	32,23%	24,36%	4,92%
1039064	1	0	2	1	0	2	7,11%	31,38%	32,23%	24,36%	4,92%
1055588	1	0	2	1	0	2	7,11%	31,38%	32,23%	24,36%	4,92%
1060382	1	0	2	1	0	2	7,11%	31,38%	32,23%	24,36%	4,92%
1086290	0	2	2	1	1	2	6,96%	30,99%	32,30%	24,73%	5,03%
1088228	0	2	2	1	1	2	6,96%	30,99%	32,30%	24,73%	5,03%
1038044	1	4	1	1	1	1	6,95%	30,96%	32,30%	24,76%	5,04%
1074152	0	1	2	1	0	0	6,90%	30,84%	32,32%	24,87%	5,07%
1079660	0	1	2	1	0	0	6,90%	30,84%	32,32%	24,87%	5,07%
1070582	0	1	2	1	0	0	6,90%	30,84%	32,32%	24,87%	5,07%
1056506	0	1	2	1	0	0	6,90%	30,84%	32,32%	24,87%	5,07%
1030190	0	1	2	1	0	0	6,90%	30,84%	32,32%	24,87%	5,07%
1002140	0	1	2	1	0	0	6,90%	30,84%	32,32%	24,87%	5,07%
1088126	0	1	2	1	0	0	6,90%	30,84%	32,32%	24,87%	5,07%
1081802	0	1	2	1	0	0	6,90%	30,84%	32,32%	24,87%	5,07%
1071908	0	1	2	1	0	0	6,90%	30,84%	32,32%	24,87%	5,07%
1080476	0	1	2	1	0	0	6,90%	30,84%	32,32%	24,87%	5,07%
1029782	1	2	2	1	0	1	6,70%	30,29%	32,39%	25,39%	5,23%
1071398	1	2	2	1	0	1	6,70%	30,29%	32,39%	25,39%	5,23%
1077212	1	2	2	1	0	1	6,70%	30,29%	32,39%	25,39%	5,23%
1005098	1	2	2	1	0	1	6,70%	30,29%	32,39%	25,39%	5,23%
1030700	1	0	1	1	0	1	6,46%	29,62%	32,46%	26,04%	5,42%
1057424	1	0	1	1	0	1	6,46%	29,62%	32,46%	26,04%	5,42%
1064360	0	0	2	1	0	1	6,09%	28,57%	32,53%	27,06%	5,75%
1067726	0	0	2	1	0	1	6,09%	28,57%	32,53%	27,06%	5,75%
1074356	0	0	2	1	0	1	6,09%	28,57%	32,53%	27,06%	5,75%
1071806	0	0	2	1	0	1	6,09%	28,57%	32,53%	27,06%	5,75%
1063034	0	0	2	1	0	1	6,09%	28,57%	32,53%	27,06%	5,75%
1082006	0	0	2	1	0	1	6,09%	28,57%	32,53%	27,06%	5,75%
1059974	0	0	2	1	0	1	6,09%	28,57%	32,53%	27,06%	5,75%
1086902	0	0	2	1	0	1	6,09%	28,57%	32,53%	27,06%	5,75%
1049570	0	0	2	1	0	1	6,09%	28,57%	32,53%	27,06%	5,75%
1057016	0	0	2	1	0	1	6,09%	28,57%	32,53%	27,06%	5,75%
1043858	0	0	2	1	0	1	6,09%	28,57%	32,53%	27,06%	5,75%
1039574	0	0	2	1	0	1	6,09%	28,57%	32,53%	27,06%	5,75%
1057220	0	0	2	1	0	1	6,09%	28,57%	32,53%	27,06%	5,75%
1082516	0	0	2	1	0	1	6,09%	28,57%	32,53%	27,06%	5,75%
1044878	1	1	2	1	0	2	5,91%	28,02%	32,54%	27,60%	5,93%
1057628	1	0	0	1	0	0	5,86%	27,87%	32,54%	27,75%	5,98%

1073234	1	0	0	1	0	0	5,86%	27,87%	32,54%	27,75%	5,98%
1030496	0	3	0	1	2	2	5,78%	27,63%	32,54%	27,99%	6,06%
1003364	0	2	2	1	0	0	5,74%	27,49%	32,54%	28,13%	6,11%
1071296	0	2	2	1	0	0	5,74%	27,49%	32,54%	28,13%	6,11%
1045286	0	2	2	1	0	0	5,74%	27,49%	32,54%	28,13%	6,11%
1074866	1	3	2	1	0	1	5,57%	26,95%	32,52%	28,67%	6,29%
1070480	1	3	2	1	0	1	5,57%	26,95%	32,52%	28,67%	6,29%
1003772	0	0	1	1	0	0	5,53%	26,83%	32,51%	28,79%	6,34%
1061096	0	0	1	1	0	0	5,53%	26,83%	32,51%	28,79%	6,34%
1044164	0	0	1	1	0	0	5,53%	26,83%	32,51%	28,79%	6,34%
1060586	1	1	1	1	0	1	5,36%	26,30%	32,48%	29,33%	6,53%
1063442	1	1	1	1	0	1	5,36%	26,30%	32,48%	29,33%	6,53%
1083230	1	1	1	1	0	1	5,36%	26,30%	32,48%	29,33%	6,53%
1080680	0	1	2	1	0	1	5,06%	25,28%	32,36%	30,38%	6,92%
1083128	0	1	2	1	0	1	5,06%	25,28%	32,36%	30,38%	6,92%
1040594	0	1	2	1	0	1	5,06%	25,28%	32,36%	30,38%	6,92%
1070684	0	1	2	1	0	1	5,06%	25,28%	32,36%	30,38%	6,92%
1000304	0	1	2	1	0	1	5,06%	25,28%	32,36%	30,38%	6,92%
1000814	0	1	2	1	0	1	5,06%	25,28%	32,36%	30,38%	6,92%
1056098	0	1	2	1	0	1	5,06%	25,28%	32,36%	30,38%	6,92%
1080578	1	2	2	1	0	2	4,90%	24,75%	32,28%	30,93%	7,13%
1070378	1	2	2	1	0	2	4,90%	24,75%	32,28%	30,93%	7,13%
1051406	0	4	2	1	1	2	4,80%	24,38%	32,22%	31,32%	7,28%
1063544	0	3	2	1	0	0	4,76%	24,24%	32,19%	31,47%	7,34%
1045184	0	3	0	1	1	0	4,76%	24,24%	32,19%	31,47%	7,35%
1067930	1	0	1	1	0	2	4,72%	24,12%	32,17%	31,60%	7,40%
1063850	0	1	1	1	0	0	4,58%	23,61%	32,05%	32,14%	7,62%
1045082	0	1	1	1	0	0	4,58%	23,61%	32,05%	32,14%	7,62%
1004180	0	1	1	1	0	0	4,58%	23,61%	32,05%	32,14%	7,62%
1064564	0	1	1	1	0	0	4,58%	23,61%	32,05%	32,14%	7,62%
1064768	0	1	1	1	0	0	4,58%	23,61%	32,05%	32,14%	7,62%
1062932	0	0	2	1	0	2	4,45%	23,13%	31,94%	32,65%	7,83%
1085372	0	0	2	1	0	2	4,45%	23,13%	31,94%	32,65%	7,83%
1080986	0	0	2	1	0	2	4,45%	23,13%	31,94%	32,65%	7,83%
1039778	0	0	2	1	0	2	4,45%	23,13%	31,94%	32,65%	7,83%
1037840	0	0	2	1	0	2	4,45%	23,13%	31,94%	32,65%	7,83%
1050488	0	0	2	1	0	2	4,45%	23,13%	31,94%	32,65%	7,83%
1049264	1	0	0	1	0	1	4,28%	22,49%	31,75%	33,34%	8,14%
1086494	0	2	2	1	0	1	4,19%	22,14%	31,65%	33,72%	8,31%
1000100	0	2	2	1	0	1	4,19%	22,14%	31,65%	33,72%	8,31%
1056812	0	2	2	1	0	1	4,19%	22,14%	31,65%	33,72%	8,31%
1043042	0	2	2	1	0	1	4,19%	22,14%	31,65%	33,72%	8,31%
1080068	0	2	2	1	0	1	4,19%	22,14%	31,65%	33,72%	8,31%

1051814	0	2	2	1	0	1	4,19%	22,14%	31,65%	33,72%	8,31%
1089452	0	2	2	1	0	1	4,19%	22,14%	31,65%	33,72%	8,31%
1004792	0	2	2	1	0	1	4,19%	22,14%	31,65%	33,72%	8,31%
1040390	0	2	2	1	0	1	4,19%	22,14%	31,65%	33,72%	8,31%
1004894	1	3	2	1	0	2	4,06%	21,65%	31,48%	34,26%	8,55%
1070888	0	0	1	1	0	1	4,03%	21,54%	31,44%	34,38%	8,61%
1046000	0	0	1	1	0	1	4,03%	21,54%	31,44%	34,38%	8,61%
1029476	0	0	1	1	0	1	4,03%	21,54%	31,44%	34,38%	8,61%
1064462	0	0	1	1	0	1	4,03%	21,54%	31,44%	34,38%	8,61%
1029986	0	0	1	1	0	1	4,03%	21,54%	31,44%	34,38%	8,61%
1004996	0	0	1	1	0	1	4,03%	21,54%	31,44%	34,38%	8,61%
1072418	0	0	1	1	0	1	4,03%	21,54%	31,44%	34,38%	8,61%
1055996	0	0	1	1	0	1	4,03%	21,54%	31,44%	34,38%	8,61%
1086392	0	0	1	1	0	1	4,03%	21,54%	31,44%	34,38%	8,61%
1061402	0	4	2	1	0	0	3,94%	21,17%	31,30%	34,78%	8,80%
1085882	0	4	0	1	1	0	3,94%	21,16%	31,30%	34,79%	8,81%
1074050	1	1	1	1	0	2	3,91%	21,05%	31,26%	34,91%	8,87%
1001222	1	1	1	1	0	2	3,91%	21,05%	31,26%	34,91%	8,87%
1003160	1	1	1	1	0	2	3,91%	21,05%	31,26%	34,91%	8,87%
1029884	1	1	1	1	0	2	3,91%	21,05%	31,26%	34,91%	8,87%
1064870	1	1	1	1	0	2	3,91%	21,05%	31,26%	34,91%	8,87%
1085168	1	1	1	1	0	2	3,91%	21,05%	31,26%	34,91%	8,87%
1031720	0	1	2	1	0	2	3,68%	20,14%	30,87%	35,93%	9,38%
1064054	0	1	2	1	0	2	3,68%	20,14%	30,87%	35,93%	9,38%
1086596	0	1	2	1	0	2	3,68%	20,14%	30,87%	35,93%	9,38%
1087514	0	1	2	1	0	2	3,68%	20,14%	30,87%	35,93%	9,38%
1062014	1	3	1	1	0	1	3,68%	20,11%	30,86%	35,96%	9,40%
1087106	1	3	1	1	0	1	3,68%	20,11%	30,86%	35,96%	9,40%
1080272	1	3	1	1	0	1	3,68%	20,11%	30,86%	35,96%	9,40%
1059668	1	3	1	1	0	1	3,68%	20,11%	30,86%	35,96%	9,40%
1073030	0	0	0	1	0	0	3,65%	20,00%	30,81%	36,08%	9,46%
1083026	0	0	0	1	0	0	3,65%	20,00%	30,81%	36,08%	9,46%
1051712	1	1	0	1	0	1	3,54%	19,54%	30,58%	36,60%	9,74%
1043450	0	3	2	1	0	1	3,46%	19,22%	30,42%	36,96%	9,94%
1080374	0	3	2	1	0	1	3,46%	19,22%	30,42%	36,96%	9,94%
1079558	0	3	2	1	0	1	3,46%	19,22%	30,42%	36,96%	9,94%
1061810	1	4	2	1	0	2	3,36%	18,76%	30,18%	37,47%	10,23%
1072010	0	1	1	1	0	1	3,33%	18,66%	30,12%	37,59%	10,30%
1003874	0	1	1	1	0	1	3,33%	18,66%	30,12%	37,59%	10,30%
1038962	0	1	1	1	0	1	3,33%	18,66%	30,12%	37,59%	10,30%
1002548	0	1	1	1	0	1	3,33%	18,66%	30,12%	37,59%	10,30%
1038146	1	3	0	1	0	0	3,33%	18,64%	30,11%	37,61%	10,31%
1003262	0	3	1	1	0	0	3,13%	17,79%	29,60%	38,58%	10,90%

1068134	0	3	1	1	0	0	3,13%	17,79%	29,60%	38,58%	10,90%
1085576	1	0	0	1	0	2	3,11%	17,68%	29,54%	38,69%	10,98%
1056914	1	0	0	1	0	2	3,11%	17,68%	29,54%	38,69%	10,98%
1030292	0	2	2	1	0	2	3,04%	17,38%	29,34%	39,04%	11,20%
1043246	0	2	2	1	0	2	3,04%	17,38%	29,34%	39,04%	11,20%
1062728	0	1	0	1	0	0	3,02%	17,26%	29,26%	39,17%	11,29%
1067828	0	0	1	1	0	2	2,93%	16,86%	28,99%	39,62%	11,60%
1085066	0	0	1	1	0	2	2,93%	16,86%	28,99%	39,62%	11,60%
1087616	0	0	1	1	0	2	2,93%	16,86%	28,99%	39,62%	11,60%
1064972	0	0	1	1	0	2	2,93%	16,86%	28,99%	39,62%	11,60%
1043654	0	4	2	1	0	1	2,86%	16,54%	28,76%	39,98%	11,85%
1057730	0	4	2	1	0	1	2,86%	16,54%	28,76%	39,98%	11,85%
1067318	0	2	1	1	0	1	2,75%	16,04%	28,39%	40,55%	12,27%
1039472	0	2	1	1	0	1	2,75%	16,04%	28,39%	40,55%	12,27%
1057322	0	2	1	1	0	1	2,75%	16,04%	28,39%	40,55%	12,27%
1057526	0	2	1	1	0	1	2,75%	16,04%	28,39%	40,55%	12,27%
1044674	0	2	1	1	0	1	2,75%	16,04%	28,39%	40,55%	12,27%
1039370	0	2	1	1	0	1	2,75%	16,04%	28,39%	40,55%	12,27%
1060484	0	2	1	1	0	1	2,75%	16,04%	28,39%	40,55%	12,27%
1087412	1	3	1	1	0	2	2,67%	15,64%	28,08%	41,00%	12,62%
1038248	1	3	1	1	0	2	2,67%	15,64%	28,08%	41,00%	12,62%
1060076	1	3	1	1	0	2	2,67%	15,64%	28,08%	41,00%	12,62%
1038452	1	1	0	1	0	2	2,57%	15,16%	27,68%	41,53%	13,06%
1040696	1	1	0	1	0	2	2,57%	15,16%	27,68%	41,53%	13,06%
1064258	0	3	2	1	0	2	2,51%	14,89%	27,45%	41,83%	13,32%
1038554	0	3	2	1	0	2	2,51%	14,89%	27,45%	41,83%	13,32%
1045694	0	1	1	1	0	2	2,42%	14,42%	27,03%	42,35%	13,78%
1002650	0	1	1	1	0	2	2,42%	14,42%	27,03%	42,35%	13,78%
1068032	0	1	1	1	0	2	2,42%	14,42%	27,03%	42,35%	13,78%
1038350	0	1	1	1	0	2	2,42%	14,42%	27,03%	42,35%	13,78%
1063340	1	3	0	1	0	1	2,41%	14,40%	27,01%	42,37%	13,80%
1038860	0	1	0	1	0	1	2,18%	13,26%	25,90%	43,60%	15,06%
1029680	1	2	0	1	0	2	2,12%	12,91%	25,54%	43,96%	15,47%
1030088	0	4	2	1	0	2	2,07%	12,67%	25,29%	44,20%	15,77%
1039982	0	4	2	1	0	2	2,07%	12,67%	25,29%	44,20%	15,77%
1072520	0	2	1	1	0	2	1,99%	12,26%	24,83%	44,62%	16,30%
1073948	0	0	0	1	0	2	1,92%	11,86%	24,37%	45,01%	16,85%
1073744	0	4	1	1	0	1	1,87%	11,62%	24,08%	45,24%	17,19%
1079048	0	3	1	1	0	2	1,64%	10,36%	22,49%	46,33%	19,18%
1067216	0	3	0	1	0	1	1,48%	9,47%	21,24%	46,97%	20,83%
1057118	0	4	0	1	0	1	1,22%	7,95%	18,88%	47,68%	24,27%
1084862	0	4	0	1	0	1	1,22%	7,95%	18,88%	47,68%	24,27%
1044266	0	3	0	1	0	2	1,07%	7,05%	17,31%	47,76%	26,81%

1044062	0	3	0	1	0	2	1,07%	7,05%	17,31%	47,76%	26,81%
1057832	0	4	0	1	0	2	0,88%	5,88%	15,11%	47,27%	30,86%

## Životopis autora



Siniša Husnjak rođen je 24.3.1987. godine u Varaždinu. Državljanin je Republike Hrvatske, a po nacionalnosti je Hrvat. Srednjoškolsko obrazovanje započinje 2001. godine upisavši Opću gimnaziju u Ivancu koju 2005. godine završava. Godine 2005. upisuje Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, smjer Informacijsko-komunikacijski promet. 2008. godine završava preddiplomski studij obranom Završnog rada „Arhitektura i elementi sustava WiMax“. VSS obrazovanje završava 2010. godine stječući zvanje magistar inženjer prometa, s temom diplomskog rada „Razvoj aplikacije za mobilne uređaje u funkciji podsjetnika temeljenog na lokaciji korisnika“.

Od 2010. do 2011. radi kao IT specijalist na održavanju mobilne telefonije tvrtke A1 direkt d.o.o., na poslovima administriranja baza podataka, uređivanja GIS baza podataka, prikupljanja GIS podataka sa terena, integraciji i održavanjem opreme i softvera te implementaciji i nadogradnji poslovnih sustava. Od 2011. godine zaposlen je na radno mjesto asistent-znanstveni novak na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Uključen je u istraživanja na znanstvenim i stručnim projektima Fakulteta prometnih znanosti. Izvodi nastavu na preddiplomskom i diplomskom studiju na kolegijima: Informacije i komunikacije, Terminalni uređaji, Sigurnost i zaštita informacijsko komunikacijskog sustava te Projektiranje informacijsko komunikacijskih usluga.

Područje njegova znanstvenog interesa jesu pametni telefoni, generiranje i prebacivanje podatkovnog prometa, sigurnost i forenzička analiza mobilnih uređaja te projektiranje informacijsko-komunikacijskih usluga.

## Popis radova autora

1. Husnjak, Siniša; Peraković, Dragan; Cvitić, Ivan. Relevant Affect Factors of Smartphone Mobile Data Traffic // *Promet – Traffic&Transportation*. 28 (2016) , 4; 435-444 (članak, znanstveni)
2. Husnjak, Siniša; Forenbacher, Ivan; Bucak, Tino. Evaluation of Eco-Driving Using Smart Mobile Devices. // *Promet - Traffic & Transportation*. 27 (2015) , 4; 335-344 (članak, znanstveni)
3. Forenbacher, Ivan; Peraković, Dragan; Husnjak, Siniša. Hedonic modeling to explore the relationship of cell phone plan price and quality in Croatia. // *Telematics and Informatics*. 33 (2016) , 4; 1057-1070 (članak, znanstveni).
4. Husnjak, Siniša; Peraković, Dragan; Forenbacher, Ivan; Mumdziev, Marijan. Telematics System in Usage Based Motor Insurance. // *Procedia Engineering, 25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, 2014..* 100 (2015) ; 816-825 (članak, znanstveni).
5. Husnjak, Siniša; Peraković, Dragan; Jovović, Ivan. Possibilities of Using Speech Recognition Systems of Smart Terminal Devices in Traffic Environment. // *Procedia Engineering, 24th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, 2013.* 69 (2014) ; 778-787 (članak, znanstveni).
6. Forenbacher, Ivan; Peraković, Dragan; Husnjak, Siniša. Determinants of Three-Part Cell Phone Plan Prices: A Hedonic Price Model // *Proceedings of the 7th MAC 2016 / Vopava, Jiri ; Douda Vladimir ; Kratochvil, Radek ; Konecki, Mario (ur.)*. Prague : MAC Prague Consulting Ltd., 2016. 337-344 (međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni)
7. Husnjak, Siniša; Forenbacher, Ivan; Peraković, Dragan; Periša, Marko. Preferences of Smartphone Users in Mobile to Wi-Fi Data Traffic Offload // *The Thirty-Fourth Symposium on Novel Technologies in Postal and Telecommunication Traffic / Bakmaz, M. ; Bojović, N. ; Marković, D. ; Radojčić, V. ; Marković, G. (ur.)*. Beograd : Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, 2016. 295-305 (predavanje,međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni)
8. Cvitić, Ivan; Vujić, Miroslav; Husnjak, Siniša. Classification of Security Risks in the IoT Environment // *Proceedings of the 26th International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation" / Katalinic, B. (ur.)*. Vienna, Austria : DAAAM International, 2016. 731-740 (poster,međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni).
9. Husnjak, Siniša; Peraković, Dragan; Cvitić, Ivan. Smartphone Data Traffic Measurement // *24th International Symposium on Electronics in Transport - ISEP 2016*. Ljubljana : Electrotechnical Association of Slovenia, ITS Slovenia, 2016. 1-10 (predavanje,međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni).
10. Husnjak, Siniša; Peraković, Dragan; Forenbacher, Ivan; Jovović, Ivan. Identification and Prediction of User Behavior Depending on the Context of the Use of Smart Mobile Devices // *Proceedings of the 26th DAAAM International Symposium / B. Katalinic (ur.)*. Vienna, Austria : DAAAM International, 2016. 0462-0469 (poster,međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni).

11. Peraković, Dragan; Periša, Marko; Cvitić, Ivan; Husnjak, Siniša. Artificial Neuron Network Implementation in Detection and Classification of DDoS Traffic // Proceedings of papers 24th Telecommunications Forum (TELFOR) 2016. Belgrade, Serbia : TELECOMMUNICATIONS SOCIETY - Belgrade, 2016. 332-336 (predavanje,međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni)
12. Peraković, Dragan; Husnjak, Siniša; Poustecky, Saša. Possibilities of Using Location-based Services in the Public Bicycle Systems // RCITD 2015 Proceedings in Research Conference in Technical Disciplines. Publishing Society, Slovakia: EDIS - Publishing Institution of the University of Zilina, 2015. 80-85 (predavanje,međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni).
13. Peraković, Dragan; Husnjak, Siniša; Cvitić, Ivan. IoT Infrastructure as a Basis for New Information Services in the ITS Environment // 22nd Telecommunications Forum (TELFOR) 2014 - Proceeding of Papers. Belgrade : Telecommunications Society, Academic Mind, 2014. 39-42 (predavanje,međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni).
14. Peraković, Dragan; Husnjak, Siniša; Cvitić, Ivan. Comparative Analysis of Enterprise Mobility Management Systems in BYOD Environment // RCITD 2014 - Proceedings in Research Conference in Technical Disciplines / Ing. Michal Mokrys ; Ing. Stefan Badura, Ph.D. (ur.). Žilina : EDIS - Publishing Institution of the University of Zilina, 2014. 76-81 (predavanje,međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni).
15. Šarić, Slavko; Husnjak, Siniša; Forenbacher, Ivan. Guidelines for Expansion of Broadband Internet Access in Rural Croatia // Development Possibilities of Croatian Transport System - Anniversary of EU Membership / Pavlin, Stanislav ; Šafran, Mario (ur.). Zagreb : Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2014. 87-96 (međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni).
16. Husnjak, Siniša; Grgurević, Ivan; Šarić, Željko. Principle of Measuring the Effectiveness of Eco-driving using Information and Communication Technologies // RCITD 2013 Proceedings in Research Conference In Technical Disciplines / Ing. Michal Mokrys ; Ing. Stefan Badura, Ph.D. ; Ing. Anton Lieskovsky, Ph.D. (ur.). Zilina : EDIS - Publishing Institution of the University of Zilina, 2013. 142-147 (međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni).
17. Peraković, Dragan; Husnjak, Siniša; Forenbacher, Ivan. The Market Potential of M2M Communications for Telecommunications Operators // Proceedings of first International Conference on Traffic and Transport Engineering / Dr. Olja Čokorilo (ur.). Beograd : Scientific Research Center Ltd. Belgrade, 2012. 211-218 (predavanje,međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni).
18. Peraković, Dragan; Husnjak, Siniša; Remenar, Vladimir. Research of Security Threats in the Use of Modern Terminal Devices // Annals of DAAAM for 2012. & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium / Katalinic, Branko (ur.). Vienna : DAAAM International, 2012. 545-548 (poster,međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni).
19. Peraković, Dragan; Šarić, Slavko; Husnjak, Siniša. Analysis of the Evolution of Terminal Devices in the Use of SMS Service // Conference Proceeding of 15th International Conference on Transport Science ICTS 2012 / Zanne, Marina ; Bajec,



- Patricija (ur.). Portorož : University of Ljubljana, Faculty of Maritime Studies and Transport, 2012. 1-9 (predavanje,međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni).
20. Stojanovska, Despina; Domitrović, Anita; Husnjak, Siniša. Noise Investigation in Aircraft Maintenance Facility // AAAA 2012 Proceedings / Bucak, Tino ; Jambrošić, Kristian (ur.). Zagreb : Acoustical Society of Croatia, 2012. (predavanje,međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni).
21. Peraković, Dragan; Remenar, Vladimir; Husnjak, Siniša. Reminder Based on the Users's Location // Proceedings of ICTS 2011 - Maritime, Transport and Logistics Science / Zanne, M., Bajec, P. (ur.).Potroraž : Fakultet za pomorstvo in promet, 2011. 1-9 (predavanje,međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni).