

Komparativna analiza operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja

Grgić, Antonela

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:119:939590>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**KOMPARATIVNA ANALIZA OPERATIVNIH SUSTAVA MOBILNIH
TERMINALNIH UREĐAJA**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF OPERATING SYSTEMS FOR MOBILE
TERMINAL DEVICES**

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Cvitić

Student: Antonela Grgić

JMBAG:0135260699

Zagreb, rujan 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 27. svibnja 2024.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**
Predmet: **Terminalni uređaji**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 7421

Pristupnik: **Antonela Grgić (0135260699)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Komparativna analiza operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja**

Opis zadatka:

Završni rad ima za cilj provesti temeljitu analizu i usporedbu operativnih sustava mobilnih uređaja s fokusom na njihovu sigurnost i pouzdanost. U radu će se detaljno istražiti povijest i razvoj ključnih operativnih sustava kao što su iOS, Android i Windows Phone, analizirati njihove arhitekturne komponente, te ocijeniti mehanizme sigurnosti i pouzdanost u kontekstu suvremenih sigurnosnih izazova. Diskusija rezultata omogućit će kritički osvrt na prednosti i nedostatke svakog sustava, a zaključak će sumirati ključne nalaze i predložiti smjernice za budući razvoj.

Mentor:



doc. dr. sc. Ivan Cvitić

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

KOMPARATIVNA ANALIZA OPERATIVNIH SUSTAVA MOBILNIH TERMINALNIH UREĐAJA

SAŽETAK

Zbog stalnog razvoja mobilnih terminalnih uređaja, došlo je i do pojave raznolikih operativnih sustava za mobilne terminalne uređaje na tržištu. Oni se neprekidno razvijaju ovisno o trendovima i potrebama korisnika. Pomoću njih korisnici mogu obavljati različite funkcije na svojim uređajima, bez njih bi ti uređaji bili beskorisni. Ovaj završni rad se bavi komparativnom analizom operativnih sustava za mobilne terminalne uređaja, s posebnim naglaskom na Android OS i iOS, jer su trenutno najpopularniji i najzastupljeniji na tržištu. Cilj analize je pružiti detaljni uvid u ključne karakteristike OS, arhitekturu te značajke sigurnosti i pouzdanosti, kao i prikazati razlike i sličnosti između dominantnih sustava. Korisnici ovisno o svojim potrebama i željama biraju OS koji im više odgovara.

KLJUČNE RIJEČI: operativni sustavi; Android OS; iOS; sigurnost; arhitektura

SUMMARY

Due to the constant development of mobile terminal devices, various operating systems for terminal mobile devices have appeared on the market. They are constantly evolving depending on trend and user needs. With them users can perform various functions on their devices, without them these would be useless. This bachelor's thesis deals with a comparative analysis of operating systems for mobile terminal devices, with a special emphasis on Android OS and iOS, because they are currently the most popular and represented on the market. The purpose of the analysis is to provide a detailed insight into key characteristics of OS, architecture and security features and reliability features, as well as to show the differences and similarities between the dominant systems. Depending on their needs and whises, users choose the OS that suits them better.

KEYWORDS: operating system; Android OS; iOS; security; architecture

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Pregled operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja	3
2.1 Povijesni razvoj operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja	4
2.2 Učestalost korištenja OS-a	6
2.3 Klasifikacija operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja	8
2.3.1 Pregled Android OS-a.....	9
2.3.2 Pregled iOS-a	11
2.3.3 Pregled Symbian OS-a	13
2.3.4 Pregled Windows Phone OS-a	14
2.3.5 Pregled BlackBerry OS-a.....	14
2.3.6 Pregled Kai OS-a.....	15
2.4 Karakteristike operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja	15
2.4.1 Karakteristike Android OS-a.....	18
2.4.2 Karakteristike iOS-a	19
3. Arhitektura operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja	18
3.1 Arhitektura Android OS-a.....	18
3.2 Arhitektura iOS-a	21
4. Analiza značajki sigurnosti i pouzdanosti operativnih sustava	24
4.1 Sigurnost OS-a mobilnih terminalnih uređaja.....	24
4.1.1 Sigurnost Android OS-a	24
4.1.2 Sigurnost iOS-a	26
4.2 Zaštita iOS-a i Android OS-a.....	28
4.3 Pouzdanost OS-a	29
5. Diskusija rezultata istraživanja	30
6. Zaključak	32
LITERATURA.....	33
POPIS SLIKA.....	37
POPIS TABLICA	37
POPIS GRAFIKONA.....	37
POPIS KRATICA.....	38

1. Uvod

Razvoj mobilnih terminalnih uređaja, kao što su pametni telefoni, tableti i pametni satovi značajno je utjecao na današnji način života i poslovanja. Pomoću terminalnih uređaja korisnicima je omogućeno povezivanje na mrežu, a time i pristup različitim internetskim stranicama i aplikacijama. Kako bi se omogućio rad raznih aplikacija na uređajima oni moraju imati ugrađen neki od operativnih sustava. Odnosno operativni sustavi su oni koji pokreću ove uređaje imaju važnu ulogu u određivanju njihovih performansi, sigurnosti, funkcionalnosti i korisničkog iskustva. Kroz povijest nekoliko operativnih sustava je bilo na tržištu za mobilne terminalne uređaje, od kojih su najznačajniji i najkorišteniji Android OS (eng. *Operating System*) i iOS, no postoje i drugi operativni sustavi poput Windows Phone, BlackBerry OS i drugih koji se koriste u manjoj mjeri i nisu stekli toliku popularnost kao Android i iOS.

Iako je danas na tržištu velik broj operativnih sustava, svi oni imaju istu svrhu, koja se odnosi na korištenje aplikativnih rješenja na uređajima. Postoje razlike među njima koje se ogledaju u karakteristikama pojedinih operativnih sustava, na osnovu njih korisnici odlučuju koji sustav više odgovara njihovim potrebama. Jednostavna upotreba, sigurnost i pristup raznim aplikacijama su neki od ciljeva koje bi operativni sustav trebao zadovoljiti.

Cilj ovog završnog rada je provesti komparativnu analizu operativnih sustava za mobilne terminalne uređaje. Analiza je usredotočena na razlike i sličnosti između operativnih sustava koje korisnici najčešće koriste, odnosno između Android OS-a i iOS-a s naglaskom na njihovu arhitekturu, značajke sigurnosti i pouzdanosti.

Ovaj rad se sastoji od šest međusobno povezanih cjelina, a to su:

1. Uvod
2. Pregled operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja
3. Arhitektura operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja
4. Analiza značajki sigurnosti i pouzdanost operativnih sustava
5. Diskusija rezultata istraživanja
6. Zaključak.

U prvom poglavlju se nalazi uvod u kojem je napisano koja je tema rada i koji su njegovi dijelovi.

U drugom poglavlju je objašnjeno što je to operativni sustav i koje su njegove osnovne funkcije. Naveden je razvoj operativnih sustava za mobilne terminalne uređaje kroz povijest. Također su objašnjeni pojedini operativni sustavi i njihova učestalost korištenja kao i karakteristike i značajke koje posjeduju najkorišteniji operativni sustavi.

Arhitektura operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja, a naročito Android OS i iOS-a detaljno je objašnjena u trećem poglavlju.

U četvrtom poglavlju su objašnjene značajke sigurnosti i pouzdanosti Android OS i iOS-a, kao i mjere zaštite pomoću kojih bi se osigurala bolja sigurnost korisnika svih operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja.

Podatci koji su prikupljeni tijekom istraživanja, odnosno neki od najvažnijih parametara operativnih sustava prikazani su u tablici radi lakše usporedbe nalaze se u petom poglavlju.

U šestom poglavlju je dano zaključno razmatranje o temi završnog rada.

2. Pregled operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja

Operativni sustav predstavlja program koji povezuje sve dijelove računala u jednu cjelinu, omogućuje izvršavanje raznih operacija na računalu kao i komunikaciju sa drugim računalima i mobilnim uređajima. Također upravlja svim aplikacijama koje se izvode na računalu. Nužan je kako bi računalo moglo funkcionirati [1]. OS je program koji djeluje kao veza između korisnika računala i računarskog hardvera. Dio je sustavnog softvera čija je zadaća upravljanje radom svih sklopova i uređaja koji čine računalo, upravljanje radom radne memorije računala, izvršavanje računalnih programa, instaliranje programa i spremanje podataka na jedinice vanjskih memorije, mrežna povezanost i komunikacija s drugim računalima u mreži. Glavni ciljevi operativnog sustavu su [2]:

1. Izvršavanje operacija koje je korisnik tražio i rješavanje problema
2. Pojednostavljeno korištenje uređaja
3. Omogućiti učinkovito korištenje uređaja.

Kako bi se postigli ovi ciljevi, operativni sustavi pružaju niz osnovnih funkcija koje su ključne za svakodnevni rad uređaja. Od velike su važnosti jer omogućuju optimalan rad, sigurnost i efikasnost uređaja. Korisnicima pružaju mogućnost da maksimalno iskoriste potencijal svojih uređaja, što je ključno za svakodnevne aktivnosti, produktivnost i zabavu. Osnovne funkcije OS uređaja su:

- pokretanje uređaja,
- sinkronizacija rada,
- izvođenje aplikacija,
- upravljanje memorijom,
- konfiguracija uređaja,
- nadzor mreže,
- nadzor performansi,
- nadogradnja sustava,
- koordinacija zadaća.

U proteklom desetljeću operativni sustav je prošao kroz tri evolucijske faze [3]. Prva faza obuhvatila je operativne sustave usmjerene na osobna računala, gdje su se razvijale funkcionalnosti i alati za rad na desktop i laptop računalima. Druga faza uključivala je razvoj ugrađenih operativnih sustava koji su postali ključan dio raznih uređaja kao što su kućanski aparati, automobili i industrijski strojevi. Treća faza koja je ujedno i posljednja se usmjerila na operativne sustave za mobilne terminalne uređaje, u kojoj su se tehnologije i inovacije prilagodile za pametne telefone, tablete i druge mobilne uređaje. U ovoj fazi došlo je do velikog razvoja i primjene mobilnih tehnologija, te je promijenila način na koji komuniciramo i radimo.

Operativni sustav za mobilne terminalne uređaje je softver koji upravlja mobilnim terminalnim uređajem te osigurava interakciju između korisnika i hardvera uređaja [4]. Koristi se za pokretanje pametnih telefona, tableta i ostalih terminalnih uređaja. U mobilne operativne sustave spadaju značajke operativnih sustava računala kao i druge značajke koje se odnose na mobilne terminalne uređaje [3].

Suvremeni operativni sustavi za mobilne terminalne uređaje sadrže *Bluetooth*, bežičnu mrežu (eng. *Wireless Fidelity* – Wi-Fi), mobilni navigacijski sustav (eng. *Global Positioning System* - GPS), zaslon osjetljiv na dodir, kameru za snimanje video zapisa i slika, prepoznavanje govora, diktafon, zaštićeni pristup i infracrvene veze.

Operativni sustavi mobilnih terminalnih uređaju se mogu klasificirati na osnovu operativnih sustava koji se koriste za računala. Operativni sustav u stvarnom vremenu (eng. *Real Time Operating System* - RTOS) imaju mogućnost brzo odgovarati na zahtjeve i ostvarivati rezultate u istom trenutku. Ova vrsta sustava se najčešće koristi u znanstvenim uređajima i malim instrumentima u kojima su memorija i resursi od velikog značaja. U njih spadaju i operativni sustavi s jednim korisnikom i jednim zadatkom (eng. *Single User, Single Tasking Operation System* – SUST OS) koji omogućuju korisniku da obavlja jedan po jedan proces. Unutar ovog sustava je teško izvođenje više operacija u isto vrijeme što ujedno predstavlja i jedini nedostatak ovog sustava. Operativni sustavi s jednim korisnikom i više zadataka (eng. *Single User, Multi Tasking Operating System* – SUMT OS) dozvoljavaju korisniku da pokrene više programa ili procesa u isto vrijeme, kao što su skeniranja i obrade podataka. Višestruki operativni sustavi (eng. *Multi-User Operating System*) pružaju mogućnost rada jednom ili više korisnika u isto vrijeme [6].

2. 1 Povijesni razvoj operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja

Razvoj operativnih sustava za mobilne terminalne uređaje traje već duže vrijeme, a zbog njihove složenosti i potreba korisnika neprekidno se razvija. U tablici 1 je prikazan razvoj OS-a od 1993. do 2023. godine. Početni sustavi poput Palm OS-a i Symbian OS-a postavili su temelje za mobilnu tehnologiju te su omogućavali osnovne funkcije poput organizacije podataka i jednostavnog pristupa aplikacijama. Symbian OS se posebno izdvojio jer je 2000-tih postao prvi OS koji se koristio za pametne telefone. Preokret među OS-ima za mobilne terminalne uređaje dogodio se pojavom Apple-ovog iOS-a 2007. godine koji je predstavio revolucionarne promjene unutar sustava. Sljedeće godine je Google predstavio svoj operativni sustav Android, te ga je dodatno promijenio i nadogrudio u odnosu na do tad postojeće sustave. Iz tablice je vidljivo je da je u zadnjih nekoliko godina došlo do ubrzanog razvoja OS-a u kojem se posebno ističu Android OS

i iOS. Ovaj ubrzani razvoj odgovara na sve složenije zahtjeve korisnika za bržim, sigurnijim i funkcionalnijim uređajima, te se prilagođava potrebama tržišta i korisnika [7] [8] [9].

Tablica 1 Povijesni razvoj operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja

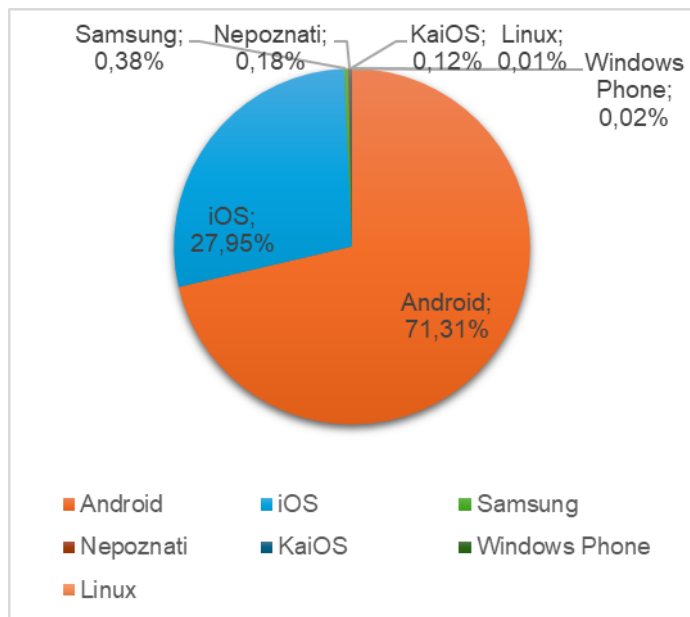
Godina izdanja	Razvoj operativnih sustava
1993.	Apple je objavio Newton operativni sustav za svoj prijenosni uređaj
1996.	Na tržištu se pojavila prva verzija Palm OS.
1997.	Izlazi Palm OS 2.0.
1998.	Tvrtka Symbian Ltd. razvija Symbian OS koji se koristi na različitim modelima mobilnih uređaja. Palm OS je objavio verziju 3.0.
1999.	Platforma Nokia S40 je službeno predstavljena
2000.	Symbian OS postaje prvi OS koji se koristi na pametnim telefonima
2002.	BlackBerry je lansirao svoj prvi smartphone
2005.	Nokia je razvila Maemo OS za tablet kojem je omogućeno povezivanje na Internet
2007.	Apple je objavio prvi operativni sustav za mobilne terminalne uređaje iOS za svoj iPod.
2008.	OHA (<i>Open Handset Alliance</i>) je objavio Android 1.0 OS koji radi na HTC-ovom Dream modelu koji je ujedno i predstavljen kao prvi android pametni telefon. Apple objavljuje iOS 2.0.
2009.	Razvijene je Bada OS od strane Samsung kompanije. iPhone i Android objavljuju novije verzije svojih operativnih sustava.
2010.	Tržištu je predstavljen OS Windows Phone. Također su objavljeni operativni sustavi Android 2.2 i 2.3, iOS 4.0 i BlackBerry OS 6.
2011.	Predstavljen je operativni sustav MeeGo koji je nastao suradnjom Nokia, Intel i Linux Foundation. Google predstavlja Android verziju 3.0, a Apple iOS 5.
2012.	Apple je objavio iOS 6, a Google Android verziju 4.0 i 4.1.

2013.	BlackBerry je tržištu predstavio OS BlackBerry 10. Izašao je OS Windows Phone 8, Android 4.4 i iOS 7.
2014.	Microsoft je predstavio OS Windows Phone 8.1. Apple je objavio iOS 8, a Google Android verziju 5.0.
2015.	Google je objavio verzije 5.1 i 6.0 Android OS. Apple je predstavio iOS 9.
2016.	Microsoft predstavlja OS Windows Mobile, Google Android 7.0 i Apple iOS 10.
2017.	Google je objavio Android 8.0 OS, a Apple iOS 11.
2018.	Tržištu su predstavljeni Android 9.0 i iOS 12.
2019.	Pojavljaju se OS Android 10 i iOS 13.
2020.	Objavljen je Android 11 i iOS 14.
2021.	Javnosti je predstavljen Android 12 i iOS 15.
2022.	Google je objavio Android 13 OS, a Apple iOS 16.
2023.	Posljednja verzija koja je predstavljena tržištu Apple OS je iOS 17, a Google OS je Android 14.

Izvor: [7], [8], [9], [18]

2.2 Učestalost korištenja OS-a

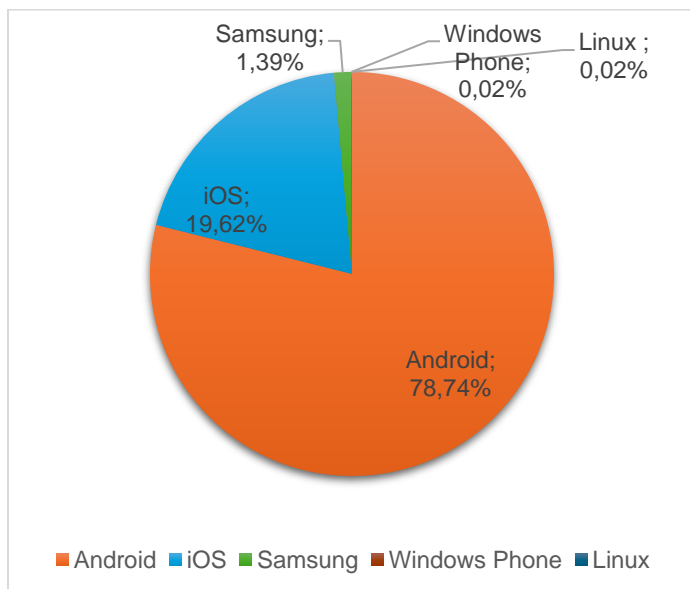
Operativni sustav za mobilne terminalne uređaje koji se danas najviše koriste su Android i iOS, međutim Android se koristi u daleko većoj mjeri prema izvješću koje je objavio GlobalStats 71% korisnika u svijetu ga koristi. Privukao je brojne proizvođače zbog svoje otvorenosti i prilagodljivosti, čime je dostupan na uređajima različitih cjenovnih rangova, od vrlo pristupačnih uređaja do onih na skupljoj strani. S obzirom da je iOS sustav zatvorenog koda nalazi se samo na Apple-ovim uređajima koji pripadaju u skupinu uređaja sa višim cjenovnim rangovima. On pruža visoke razine sigurnosti i privatnosti korisnicima, te ga koristi oko 30% korisnika na tržištu. U nastavku rada fokus će biti na Android i iOS zbog najveće zastupljenosti na tržištu. Osim njih na tržištu su zastupljeni i drugi operativni sustavi za mobilne terminalne uređaje poput Windows Phone OS-a i KaiOS-a koji nisu stekli veliku popularnost među korisnicima. Na grafikonu 1 su prikazani najkorišteniji operativni sustavi za mobilne terminalne uređaje u svijetu, podatci koji su korišteni su iz travnja 2024. godine [16].



Grafikon 1 Najzastupljeniji mobilni operativni sustavi u svijetu

Izvor:[16]

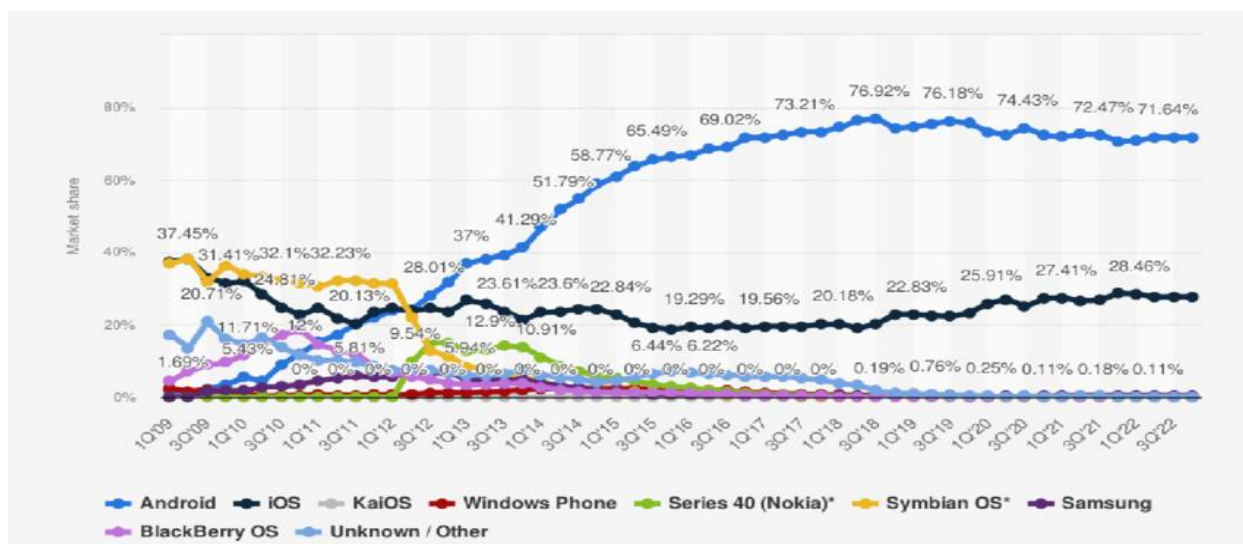
Prikaz najkorištenijih OS u Republici Hrvatskoj u travnju 2024. godine vidljiv je na grafikonu 2. Kako u svijetu tako i u RH Android OS je najpopularniji među korisnicima sa tržišnom zastupljenosti oko 79%, odmah iza njega je iOS sa tržišnom zastupljenosti oko 19% [17].



Grafikon 2 Najzastupljeniji mobilni operativni sustavi u RH

Izvor: [17]

Prema izvješću tvrtke Statista prikazanom na slici 1 Android je nastavio održavati svoju poziciju na vrhu tržišta operativnih sustava za mobilne terminalne uređaje od 2009. godine s globalnim udjelom od 71,8%, dok iOS ima tržišni udio od 27,6%. Ovi podaci pokazuju stalnu dominaciju Android OS-a i iOS-a na tržištu. Oba sustava imaju redovita ažuriranja, neprestano uvode nove značajke i prilagođavaju se kako bi zadovoljili potrebe korisnika.



Slika 1 Prikaz globalnog tržišnog udjela mobilnih operativnih sustava prema Statista izvješću, [31]

2.3 Klasifikacija operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja

Danas postoji mnogo dobavljača mobilnih operativnih sustava na tržištu, a svaki od njih pruža različite značajke koje zadovoljavaju potrebe korisnika. Samim tim postoje i različite vrste operacijski sustava za mobilne terminalne uređaje, a neke od njih su [7]:

- iPhone OS,
- Android OS,
- Symbian OS,
- Windows Phone OS,
- BlackBerry OS,
- Kai OS.

S obzirom na broj operativnih sustava i na njihove razlike korisnicima je omogućeno da odaberu uređaj koji odgovara njihovim potrebama i preferencijama, te se

istovremeno potiče razvoj novih tehnologija. Raznolikost OS-a je važna za napredak industrije mobilnih uređaja i prilagodbu tržišnim zahtjevima.

Svaki od ovih operativnih sustava ima svoje karakteristike, prednosti i nedostatke te podržavaju različite aplikacije i funkcionalnosti. Trenutno su na tržištu najdominantniji Android OS i iOS, s tim da se Android koristi u daleko većoj mjeri. Na tržištu su također zastupljeni i Symbian OS, Windows Phone OS, BlackBerry OS, Kai OS, Harmony OS, ali se koriste u znatno manjoj mjeri.

Operativni sustavi za mobilne terminalne uređaje se mogu klasificirati prema različitim kriterijima kao što su tipovi uređaja (npr. pametni telefoni, tableti, pametni satovi), namjena, razina otvorenosti (otvoreni i zatvoreni sustavi) i proizvođači (npr. Google, Apple, Microsoft).

2.3.1 Pregled Android OS-a

Android operativni sustav je osnovan od strane američke tvrtke Google Inc., a izgrađen je na Linux jezgri operativnog sustava, prepoznatljiv je po svom logu [10]. Dizajniran je za mobilne uređaje sa zaslonom osjetljivim na dodir kao što su tableti i pametni telefoni. Prva javna verzija Android OS-a objavljena je 12. studenog 2007. godine, dok se prvi pametni telefon sa ovim operativnim sustavom na tržištu pojavio 23. rujna 2008. godine to je bio HTC *dream* [11] [7].

Prema učestalosti korištenja najpopularniji je na tržištu, tome također pridonosi i njegov kontinuirani razvoj koji je usmjeren na poboljšanje korisničkog iskustva, sigurnosti, performansi i prilagodljivosti. Jedna od najvažnijih stvari koja ima važnu ulogu i u njegovoj popularnosti je da je besplatan za mobilne uređaje [11]. Velika prednost ovog sustava je i dostupnost na uređajima različitih cjenovnih rangova. Obično Samsung, Xiaomi, Huawei i drugi proizvođači koji još nisu stekli popularnost među korisnicima koriste ovaj operativni sustav, dok HTC koji je prvi proizvođač s ovim sustavom danas nije prisutan na tržištu [6].

Svojim razvojem Android OS je tijekom godina izdao brojne verzije s različitim poboljšanjima [12] [8]:

- Android 1.0 – postojale su osnovne funkcije kao što su mogućnost korištenja web preglednika, pristupa Google uslugama (npr. Gmail i Google Maps) i upotrebe kamere.
- Android 1.1: Android Alpha – dogodila su se manja ažuriranja i ispravljanja grešaka kako bi se poboljšala stabilnost sustava.
- Android 1.2: Android Beta

- Android 1.5: Android Cupcake – došlo je do značajnijih poboljšanja poput tipkovnice na zaslonu osjetljivom na dodir i mogućnosti snimanja videa.
- Android 1.6: Android Donut – imao je ažurirano korisničko sučelje, poboljšane funkcije pretraživanja.
- Android 2.0: Android Eclair – uveo je podršku za više računala, *Bluetooth 2.1* i ažurirani web preglednik.
- Android 2.2: Android Frozen Yogurt („Froyo“) – uveo je značajna poboljšanja performansi, podršku za Adobe Flash Player kao i mogućnost instaliranja aplikacija na vanjsku pohranu (npr. SD karticu).
- Android 2.3 to 2.3.3 : Android GingerBread – fokusiran na usavršavanje korisničkog sučelja i dodavanje podrške za bežičnu tehnologiju koja radi na malim udaljenostima (*Near Field Communication* - NFC).
- Android 3.0 to 3.2: Android Honeycomb – posebno je dizajniran za tablete, imao je prilagođeno korisničko sučelje, podršku za višezegrene procesore i poboljšanje mogućnosti *multitaskinga*.
- Android 4.0: Android Ice Cream Sandwich – mogućnost upotreba i na tabletima i na pametnim telefonima. Pojavilo se novo korisničko sučelje, poboljšani *multitasking* i mogućnost prepoznavanja lica.
- Android 4.1 to 4.3.1: Android Jelly Bean – predstavio je poboljšanje performansi, poboljšanje obavijesti i podršku za više korisničkih računala na tabletima.
- Android 4.4. to 4.4.4: Android KitKat – došlo je do optimizacije OS i boljeg upravljanja memorijom.
- Android 5.0 to 5.1.1: Android Lollipop – imao je poboljšane sigurnosne značajke i podršku za 64-bitne procesore .
- Android 6.0. to 6.0.1: Android Marshmallow – uveo je značajke dopuštanja za aplikacije i novu značajku za štednju baterije nazvanu Doze.
- Android 7.0 to 7.1: Android Nougat – pojava *multitaskinga* na podijeljenom zaslonu.
- Android 8.0 to 8.1: Android Oreo – uveo je poboljšano trajanje baterije.
- Android 9: Android Pie – predstavio značajke kao što su navigacija temeljena na gestama i alati za digitalnu dobrobit koji pomažu korisnicima u korištenju uređaja.
- Android 10: Android Quince Tart – došlo je do pojave mogućnosti tamnog načina rada za cijeli sustav, povećane privatnosti korisnika i podrške za sklopive pametne telefone.
- Android 11: Android Red Velvet Cake – bio je usmjeren na poboljšanje komunikacije i privatnosti.

- Android 12 i 12L: Android Snow Cone – uveo je veliku vizualnu promjenu korištenjem Material You jezika, kao i poboljšane značajke privatnosti i poboljšanje performansi.
- Android 13: Android Tiramisu – usmjeren je na privatnost korisnika i na optimizaciju sustava za tablete.
- Android 14: Android Upside Down Cake - uveo je prilagodljivi zaključni zaslon, poboljšanu podršku za audio formate kao u poboljšano povećalo za slabovidne osobe. Posljednja verzija koja je izašla na tržište.
- Android 15: Android Vanilla Ice Cream – OS koji bi trebao biti objavljen 2025. godine.

Android OS je sustav otvorenog koda koji se temelji na Linux jezgri koja omogućuje razvojnim programerima da dizajniraju i modificiraju aplikacije u Java, a zatim i C/C++ programima. Omogućuje jednostavan pristup javnim stranicama poput YouTube-a, Facebook-a, Gmail-a i Google kalendara, te omogućuje rad više aplikacija u isto vrijeme, čime korisnicima pruža visoku razinu funkcionalnosti i *multitaskinga* [11].

Android nije zastupljen samo u konvencionalnim mobilnim uređajima, nalazi se i u uređajima drugih namjena kao što su automobili, televizori i pametni satovi. Google je razvio Android OS za automobile koji se zove Android Auto. Ovaj sustav korisnicima omogućuje korištenje aplikacija i usluga kao što su navigacija, glazba i poruke dok su u vožnji, te im daje i mogućnost glasovnih naredbi putem Google Assistant-a. Za televizore je razvio Android TV koji također podržava Google Assistant-a, te na taj način korisnicima omogućuje upravljanje televizorima putem glasovnih naredbi. Korisnici imaju i pristup različitim *streaming* uslugama, igrama i aplikacijama. Operativni sustav razvijen za pametne satove i nosive uređaje nazvan je Wear OS, te omogućuje povezivanje s bilo kojim pametnim telefonom, praćenje fitness aktivnosti, upravljanje obavijestima i korištenje raznih aplikacija. Ovaj sustav kao i ostali pruža mogućnost glasovnih naredbi putem Google Assistant-a [2].

2.3.2 Pregled iOS-a

iOS je operativni sustav za mobilne terminalne uređaje čiji je pokretač tvrtka Apple. Na početku je bio korišten kao operativni sustav samo za iPhone uređaje ali se s vremenom krenuo koristiti i na drugim Apple-ovim uređajima, kao što su iPod touch, iPad i Apple TV [5]. Zasnovan je na temelju Apple-ovog operacijskog sustava za stolna i prijenosna računala, Mac OS X. Oni su zasnovani na operativnom sustavu Darwinu koji je sličan operativnom sustavu Unixu kojeg je razvio Apple u suradnji s drugim projektima otvorenog koda. Izgrađen je u programskom jeziku C, C++, Objective-C i Swiftu [13].

Prva verzija iOS-a je predstavljena 29. lipnja 2007. godine zajedno sa prvom generacijom iPhone uređaja. Ovaj operativni sustav nije imao naziv do ožujka 2008. godine kada je dobio ime iPhone OS međutim jednu godinu kasnije točnije u lipnju 2009. godine promijenjen mu je naziv u iOS[10]. iOS 17 je trenutna verzija operativnog sustava koja se nalazi Apple-ovim uređajima, a ostale verzije koje su bile do danas i neke njihove značajke su [14] [9]:

- iOS 1 – pružao je mogućnosti korištenja Safari-a za pregledavanje interneta i YouTube aplikacije. Podržavao je višedodirne geste i govornu poštu. Ažuriranje ovog sustava je omogućilo prilagođavanje početnog zaslona i bile su dostupne nove aplikacije poput Mail, Maps, Weather, Notes i Stocks.
- iOS 2 – došao je u paketu sa iPhone-om 3G i nudio je značajke kao što su App Store i karte s GPS-om.
- iOS 3 – na tržištu se pojavio zajedno s iPhone 3G S uređajem. Ovaj sustav je omogućio glasovnu kontrolu i multimedijske poruke.
- iOS 4 – pojavio se kao instaliran sustav na iPhone 4 i iPad 2 uređajima. Uveo je pozadine, *multitasking*, mape i FaceTime te iBooks za iPad.
- iOS 5 – predstavljen je zajedno s iPhone 4S uređajem, a uvedene značajke su Siri, iMessage, podsjetnici kao i iCloud.
- iOS 6 – bio je uključen uz iPhone 5 i iPad Mini, uključivao je Apple-ovu aplikaciju Maps, uveo je detaljniju navigaciju i podršku za LTE.
- iOS 7 – došlo je do promjene dizajna. Bio je prisutan u iPhone 5S, 5C, iPhone Air i iPad mini 2 uređajima, a uključivao je ažurirane aplikacije Photos, iTunes Radio i CarPlay.
- iOS 8 – došao je uz iPhone 6 i iPad Air 2, sadržavao je nove značajke kao što je Apple Pay i nove aplikacije poput Health, HandOff, Family Sharing, iCloud Drive i Apple Music.
- iOS 9 – došao je uz iPhone 6S i 6S Plus, imao ažuriranu aplikaciju Notes, Maps i Passbook je preimenovan u Wallet koji podržava kartice vjernosti i darovne kartice. Produžio je trajanje baterije.
- iOS 10 – došlo je do promjena u često korištenim aplikacijama, bolje integracije koja uključuje Siri i 3D Touch. Omogućeno je uklanjanje Apple-ovih aplikacija s početnog zaslona. Promijenjen je početni zaslon kako bi korisnici imali brži pristup informacijama i podacima bez otključavanja uređaja.
- iOS 11 – omogućena je online kupnja te prijenos novca na bankovne račune pomoću Apple Pay Cash aplikacije. Apple Store je dobio novi dizajn, a Siri prirodniji glas, Control Center je redizajniran i prilagodljiv.
- iOS 12 – napravljen kako bi starije uređaje učinio bržim. Omogućio je grupni FaceTime do 32 korisnika. iBooks je preimenovan u Apple Books. Internet

pretraživanje odnosno Safari je dobio dodatnu zaštitu privatnosti uz Intelligent Tracking Prevention.

- iOS 13 – uveo je mogućnost tamnog načina rada, korisnicima je omogućeno da svoj Apple ID koriste pri prijavi u aplikaciji ili na web stranice kao i brže otključavanje uređaja pomoću Face ID.
- iOS 14 – mogućnost prilagodbe početnog zaslona. Korisnicima je omogućeno da obavljaju više stvari istovremeno.
- iOS 15 – značajne promjene FaceTime aplikacije, aplikacija Wallet je ažurirana te podržava osobne iskaznice i ključeve.
- iOS 16 - donosi redizajniran zaključni zaslon sa novim načinom prilagodbe i widgetima za brzi pregled informacija . također sadrži nova ažuriranja za aplikacije Mail, Maps, Wallet i Health.
- iOS 17 – donosi velika ažuriranja za Phone Messages i FaceTime. Air Drop olakšava dijeljenje podataka i povezivanje sa uređajima u blizini. Uključuje ažuriranja za Widgete, Safari, Music i AirPlay.

Tvrtka Apple je razvila i još uvijek razvija verzije ovog operativnog sustava za nove kategorije terminalnih uređaja kako bi zadovoljila potrebe korisnika. Prilagođene verzije iOS-a uključuju sustave za automobile, satove i televizore. Apple CarPlay je sustav koji omogućuje integraciju iPhone uređaja s *infotainment* sustavom automobila. Korisnicima omogućuje pristup navigaciji putem Apple Maps-a, slušanje glazbe, slanje i primanje poruka te upućivanje poziva uz pomoć virtualnog pomoćnika Siri. Apple TV je multimedijски uređaj kojeg pokreće tvOS, namijenjen je za prijenos sadržaja s interneta na TV prijarnik. Korisnicima pruža pristup različitim streaming uslugama, igrama i aplikacijama, te mogućnost upravljanja uređajem pomoću Siri. WatchOS je operativni sustav razvijen za Apple Watch. Moguće ga je povezati samo s iPhone pametnim telefonom i iPad-om. Najprodavaniji je sat na svijetu [2].

iOS je prema statistici za učestalost korištenja na tržištu drugi najpopularniji operativni sustav za mobilne terminalne uređaje nakon Android OS-a. Apple je zabranio upotrebu iOS-a na uređajima drugih proizvođača [5].

2.3.3 Pregled Symbian OS-a

U lipnju 1998. godine je predstavljen Symbian operativni sustav za mobilne terminalne uređaje od strane Symbian korporacije [5]. Prvi Symbian OS je razvijen za PDA uređaje (eng. *Personal Digital Assistant*) te je imao naziv EPOC32 (eng. *Electronic Piece of Cheese*) [7].

Ovaj operativni sustav se koristio kod mobilnih telefona različitih proizvođača, kao što su Nokia, Samsung, Motorola i Sony Ericsson. Prihvaćen je od različitih proizvođača jer je sustav otvorenog koda što znači da korisnici mogu instalirati i deinstalirati aplikacije koje su napisali programeri trećih strana [6]. Ericsson R380 je prvi komercijalni telefon sa Symbian OS [7].

Programski jezik u kojem je izrađen ovaj sustav je C++. Početkom 2000-ih bio je dominantan operativni sustav zbog svoje arhitekture i pouzdanosti. Svojim korisnicima je omogućio velik broj performansi i visoku razinu pouzdanosti. Bio je najpopularniji operativni sustav za mobilne terminalne uređaje do izlaska Android OS-a i iOS-a. Symbian OS se povukao sa tržišta operativnih sustava za mobilne terminalne uređaje 2012. godine.

2.3.4 Pregled Windows Phone OS-a

Tvrtka Microsoft je stvorila operativni sustav za mobilne terminalne uređaje koji se prvo zvao Windows Mobile, a zatim Windows Phone. Objavljen je 2010. godine pod nazivom Windows Phone 7. Napisan je u programskom jeziku C#. Ova verzija operativnog sustava dobila je nadogradnju 2011. godine poznatu pod nazivom 7.5 Mango. Ova verzija donijela je nove funkcionalnosti i poboljšan *multitasking*, te je postala glavni OS za sve Nokia pametne telefone. Osim u Nokia mobilnim telefonima nalazio se i u nekim HTC-ovim modelima [3].

Windows Phone ima četiri verzije, a to su: Windows Phone 7, Windows Phone 8, Windows Phone 8.1 te Windows Mobile 10 koja je ujedno i posljednja verzija sustava [6]. Od 2015. godine kada je izašla posljednja verzija sustava Microsoft je prestao s razvojem novih verzija zbog nedovoljnog broja korisnika.

2.3.5 Pregled BlackBerry OS-a

BlackBerry OS je dizajniran i razvijen od strane kanadske tvrtke RIM (eng. Research in Motion), koja je kasnije preimenovana u BlackBerry Limited. Prvi pametni telefon s BlackBerry OS je lansiran 1999. godine [3]. Kroz povijest BlackBerry OS je imao nekoliko verzija, a najpoznatije su BlackBerry 6 i BlackBerry 7. Posljednja verzija softvera za BlackBerry uređaje je BlackBerry 10 [7].

Ovaj sustav nije sustav sa otvorenim kodom, a glavni program koji je korišten za dizajniranje ovog sustava je C++. Jedna od najznačajnijih prednosti BlackBerry OS-a je

visoka razina sigurnosti koja se ostvaruje enkripcijom poruka na uređajima. BlackBerry uređaji su bili birani od strane poslovnih korisnika i organizacija koje su zahtijevale visoku razinu sigurnosti [11]. Pojavom Android OS-a i iOS-a došlo je do pada popularnosti ovog sustava, te je tvrtka prestala razvijati nove verzije i izabrala je Android OS za svoje uređaje.

2.3.6 Pregled Kai OS-a

KaiOS je operativni sustav za mobilne terminalne uređaje kojeg je razvila tvrtka Kai Technologies Limited sa sjedištem u Hong Kongu. Prvi put je objavljen u listopadu 2017. godine, te se pretežito koristi za *feature phone* uređaje.

Tehnologije povezivanja koje ovaj sustav podržava su četvrta generacija mreže LTE (eng. *Long Term Evolution*), VoLTE (eng. *Voice over Long Term Evolution*), GPS, i Wi-Fi, čime je omogućen brz prijenos podataka [15]. Aplikacije na KaiOS-u su temeljene na HTML5 i na Javascript programskom jeziku. Za distribuciju aplikacija koristi KaiStore [7].

Ključne prednosti KaiOS-a su optimizirano korisničko sučelje i niska potrošnja energije za razliku od drugih sustava, što znači da baterija duže traje. Zbog toga je popularan među korisnicima kojima je bitna dugotrajnost baterije.

2. 4 Karakteristike operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja

Funkcionalnosti operativnih sustava koje se koriste u računalima i mobilnim terminalnim uređajima su iste, ali postoji razlika u karakteristikama operativnih sustava koji se u njima koriste. U karakteristike OS-a se ubrajaju: hardver s ograničenim resursima, robusnost, korisničko sučelje za ograničeni hardver, podrška za biblioteke [18].

Mobilni terminalni uređaji bi trebali podržavati različite aplikacije, kao i mogućnost pristupa internetu. S obzirom da oni imaju ograničenu memoriju i procesorsku snagu operativni sustav treba optimizirati korištenje hardverskih resursa.

Korisnik očekuje da operativni sustav za mobilne terminalne uređaje bude robusan odnosno da bude jak i da postoji mala vjerojatnost da će zakazati ili se srušiti. Uređaji moraju pružati funkcije podrške koje mu omogućuju da se nosi s pogreškama aplikacija i situacijama nedostatka memorije, bez ometanja funkcionalnosti pametnog telefona.

OS bi trebao implementirati korisničko sučelje koje je učinkovito i jednostavno za korištenje bez obzira na manji zaslon i ograničene mogućnosti unosa. S obzirom na postojanje velikog broja različitih modela pametnih telefona postoje razlike u veličini zaslona i mogućnostima unosa te bi arhitektura korisničkog sučelja trebala biti fleksibilna.

OS trebaju sadržavati među program knjižnice i okvira s API-ima (eng. *Application Programming Interface*) koji implementiraju funkcionalnosti pametnih telefona. Svrha im je olakšati razvoj software-a. Middleware biblioteka i okvir je softverski sloj koji ima ulogu posrednika između aplikacija i OS. Ovaj okvir se sastoji od skupa komponenata koji povezuju aplikaciju s određenim OS-om. Primjeri ovog software-a koji uključuju biblioteku i okvire za e-pošta, SMS, MMS, *Bluetooth*, kriptografija, multimedija itd.

Operativni sustavi za mobilne terminalne uređaje imaju i mnogo različitih karakteristika, odnosno značajki koje te uređaje čine boljim, lakšim za korištenje i sigurnijim. Ove značajke služe kako bi zadovoljile potrebe korisnika i nalaze se u različitim dijelovima mobilnog uređaja. Neke od značajki koje imaju OS su [19]:

- Korisničko sučelje (*User Interface – UI*),
- *Multitasking*,
- Umrežavanje (eng. *Networking*),
- Mediji i zabava (eng. *Media and Entertainment*),
- Upravljanje uređajima (eng. *Devices Management*),
- Sigurnosne usluge (eng. *Security Services*),
- *Cloud integration*,
- Usluge temeljene na lokaciji (*Location Based Services – LBS*).

Značajke korisničkog sučelja uključuju grafičke i interaktivne elemente za interakciju između korisnika i uređaja. U ove značajke spadaju izbornik, gumbi, ikone, obavijesti i vizualni elementi na zaslonu. Ikone aplikacija služe za njihovo pokretanje i predstavljaju pojedinačne aplikacije instalirane na uređaju. Korisnici mogu organizirati ikone aplikacija na početnom zaslonu po svojim željama i potrebama. UI određuje način na koji korisnici mogu komunicirati sa svojim uređajima. Na slici 2 je prikazan UI za različite OS.



Slika 2 Korisnička sučelja različitih operativnih sustava, [30]

Multitasking je jedna od temeljnih značajki koja korisnicima omogućuje pokretanje više aplikacija istovremeno. Neki OS-i podržavaju mogućnost podijeljenog zaslona, što korisnicima omogućuje pregled i interakciju s dvije aplikacije.

Umrežavanje omogućuje korisnicima povezivanje na Internet, uspostavu poziva, slanje poruka, prijenos datoteka i korištenje usluga koje se temelje na lokaciji njihovih uređaja. Podržava razne mogućnosti bežičnog povezivanja, uključujući Wi-Fi, mobilne mreže 3G/4G/5G, *Bluetooth*, NFC i GPS. Također omogućuje dijeljenje internetske veze drugim uređajima.

Značajke medija i zabava koriste hardverske mogućnosti, softver i online usluge za isporuku različitog sadržaja. Imaju i integriranu reprodukciju medija za reprodukciju raznolikog multimedijskog sadržaja kao što su audio, video i online streaming. Također ove značajke podržavaju upravljanje i pregledavanje slika i fotografija.

Upravljanje uređajima je značajka koja se nalazi unutar postavki i omogućuje korisnicima da upravljaju svojim uređajima, pruža mogućnosti konfiguriranja i ažuriranja. Pomaže korisnicima da prilagode svoje uređaje, poboljšaju performanse, osiguraju sigurnost i učinkovito riješe probleme. Također nudi značajke sigurnosnog kopiranja i vraćanja podataka koje korisnicima omogućuju sigurnosno kopiranje podataka na uređaju, postavki i konfiguracija aplikacija kako bi se spriječio gubitak podataka.

Sigurnosne usluge osiguravaju sigurnost uređaja i podataka od prijetnji kao što su zlonamjerni softver, neovlašteni pristup i povrede podataka. Također se koristi i za enkripciju uređaja za zaštitu podataka, zahtjeva ključ za dešifriranje kako bi se omogućio pristup podacima.

Cloud integration omogućuje korisnicima pohranu, sinkronizaciju i pristup podacima kao što su fotografije, kontakti, bilješke i drugi podaci u oblaku za sigurnosno kopiranje i pristup s bilo kojeg uređaja putem pohrane u oblaku i usluga kao što su iCloud za iOS i Google Drive za Android. Omogućuje automatsku sinkronizaciju podataka između uređaja.

Usluge temeljene na lokaciji omogućuju uređajima da odrede svoju geografsku lokaciju koristeći kombinaciju sustava globalnog pozicioniranja (GPS), Wi-Fi, mobilne mreže i *Bluetooth*.

2.4.1 Karakteristike Android OS-a

Android nudi razne unaprijed izrađene komponente UI-a, kao i druge UI module za posebna sučelja kao što su dijalozi, obavijesti i izbornici [20]. Korisnik Android OS-a se informira putem značajke Obavijesti, te može poduzeti odgovarajuće radnje prilikom dobivanja obavijesti. Svaka obavijest otvara odgovarajuću aplikaciju za daljnje radnje. Tijekom ažuriranja OS-a korisnik može odgoditi obavijesti [7].

Android OS omogućuje prilagodbu Android uređaja u pogledu prijenosa kontakata, instaliranja *widžeta*, preuzimanja pozadina, instaliranja prilagođenih tipkovnica, postavljanje zadanih aplikacija i zaključnog zaslona.

Ovaj sustav sadrži *root* postupak koji omogućuje uklanjanje nepotrebnih aplikacija koje pruža proizvođač uređaja, sponzoriranih aplikacija. Također dopušta blokiranje neželjene pošte kao i poboljšanje performansi. *Bootloader* bi trebao biti uključen kako bi se omogućio *root* proces. Sadrži značajke pomoću kojih se aplikacije mogu zaključati i sakriti [7].

Senzor otiska prsta koristan je za provjeru autentičnosti kao i za snimanje pokreta. Google Assistant izvršava naredbe koje su dane glasom [6]. Android Beam je alat za prijenos podataka s uređaja na uređaj koji koristi NFC i *Bluetooth* za slanje fotografija, videa, podataka, poveznica, lokacija i još mnogo toga [20].

Korisnici Android OS-a mogu pristupiti Google Play Store-u koji im nudi veliki izbor aplikacija, igara, filmova, glazbe, knjiga i još mnogo toga. Ona korisnicima pruža otkrivanje, preuzimanje i instaliranje sadržaja.

Pružila i mogućnosti plaćanja pomoću Google Pay-a koji je brz, jednostavan i siguran način plaćanja na mreži, u trgovini ili slanja novca.

Zbog fleksibilnosti i značajki OS-a Android na tržištu postoji niz uređaja u različitim cjenovnim rangovima.

2.4.2 Karakteristike iOS-a

iOS ima korisničko sučelje koje olakšava osjećaj kontrole i pouzdanosti, korisnik ima mogućnost prilagoditi ga svojim željama i potrebama. Pruža stabilnost zbog upotrebe samo provjerenih aplikacija. Nepouzdana binarne datoteke nisu dopuštene, zbog čega nema pojave zlonamjernih softvera. Kako je ovaj OS namijenjen samo za uređaje tvrtke Apple ne postoje problemi vezani za kompatibilnost sustava i uređaja. Željene aplikacije korisnici mogu preuzeti i instalirati pomoću App Store platforme [7].

Uz funkcionalnosti 3D dodira za zaslone osjetljive na dodir uvodi i dvije nove standardne geste Peek i Pop.

iTunes media player je razvio Apple Inc. Za reprodukciju, preuzimanje i organiziranje digitalnih multimedijских datoteka, uključujući glazbu i video. Također nudi i usluge pohrane podataka u oblak nazvan iCloud.

Apple Pay pohranjuje podatke o kreditnim karticama korisnika i omogućuje plaćanje usluga izravno s iOS uređajem.

Baterija duže traje kod novijih ažuriranja softvera uz prilagodbu postavki za automatsko podešavanje svjetlosti, a za uštedu baterije potrebno je isključiti Background App Refresh.

Siri je Apple-ov virtualni asistent kojoj korisnik glasom može zadavati naredbe. Ona može postavljati podsjetnike, nuditi prijedloge ili komunicirati s određenim aplikacijama.

Sigurnost i *multitasking* su izvrsni kod ovog sustava

3. Arhitektura operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja

Mobilni operativni sustavi imaju ključnu ulogu u funkcionalnosti i performansama mobilnih terminalnih uređaja. U nastavku će biti objašnjena arhitektura OS, odnosno biti će navedene njegove komponente, slojevi i njihova interakcija [21].

Komponente OS-a su: kernel, korisničko sučelje i aplikacijski okvir (eng. Application Frameworks). Kernel je središnja komponenta, odnosno jezgra OS-a. Ima važnu ulogu u osiguravanju stabilnosti i sigurnosti sustava. Također upravlja hardverskim i softverskim resursima uređaja. Djeluje kao posrednik između hardverskih i softverskih slojeva više razine, pružajući bitne usluge kao što su planiranje procesa, upravljanje memorijom itd. Korisničko sučelje mobilnog OS-a je zapravo sredstvo kojim se omogućuje interakcija korisnika i njegovog uređaja. Aplikacijski okvir olakšava programerima razvojni proces. Oni omogućuju uobičajene funkcije poput mrežne komunikacije, pristupa bazi podataka i provjeru autentičnosti.

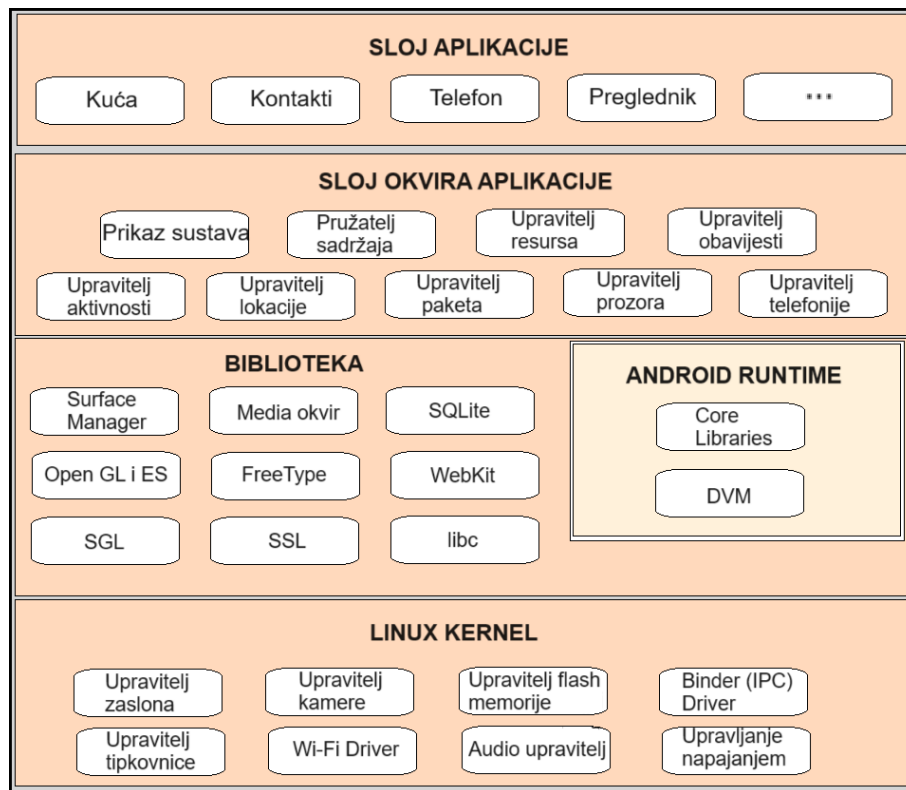
Hardverski sloj apstrakcije (eng. *Hardware Abstraction Layer* – HAL) djeluje kao sučelje između kernela i hardverskih komponenti, Omogućuje standardizirani API za pristup hardverskim funkcijama, dopuštajući kernelu i softveru više razine da ostanu neovisni o hardveru. Knjižnica izvršnog koda (eng. Runtime library) predstavlja važan sloj u arhitekturi mobilnog OS-a. Programerima pružaju kodove i alate za izradu aplikacija. Može uključivati grafičke biblioteke, multimedijske okvire i runtime okruženja. Najviši sloj je aplikacijski sloj, koji se sastoji od aplikacija koje su instalirali korisnici. One koriste usluge OS-a kako bi pružile različite funkcionalnosti krajnjim korisnicima.

OS mobilnih terminalnih uređaja koristi tehnike upravljanja procesima kako bi optimizirao raspodjelu resursa i osigurao *multitasking*. Kako bi olakšao korištenje hardverskih resursa koristi mehanizme poput planiranja procesa, upravljanja memorijom i komuniciranja između procesa. Upravljanje napajanjem je bitan aspekt mobilnog OS-a, koji za cilj ima maksimalno produljenje trajanja baterije. Mobilni OS-i koriste sigurnosne mjere na visokoj razini kako bi zaštitili korisničke podatke i osigurali sigurnu komunikaciju između aplikacija i sustava.

3.1 Arhitektura Android OS-a

Arhitektura Android OS-a se sastoji od različitog broja komponenti ovisno o potrebama uređaja. Temelji se na arhitektonskom modelu jezgre Linuxa i sastoji se od nekoliko slojeva koji pružaju kompletan softverski skup. Prikaz arhitekture vidljiv je na slici 3. Komponente koje čine arhitekturu Android OS-a su:

- Aplikacije (eng. *Applications*),
- Okviri (eng. *Frameworks*),
- Android Runtime,
- Biblioteke (eng. *Libraries*),
- Linux Kernel.



Slika 3 Arhitektura Android OS

Izvor: [23]

Sloj aplikacija predstavlja gornji, najudaljeniji sloj arhitekture Android OS-a. Ovaj sloj čine aplikacije trećih strana i izvorne Android aplikacije. Svi programi koje je potrebno instalirati uključujući kontakte, igre, postavke i poruke, nalaze se u Android paketu i stvaraju se samo u ovom sloju [22]. Aplikacije su napisane u Java programskom jeziku i mogu se pokrenuti u isto vrijeme. S obzirom da su aplikacije otvorenog koda one se mogu prilagoditi uređaju [23].

Sloj okvira aplikacija (eng. *Applications Framework*) definira okvir Android aplikacija, sve aplikacije su postavljene na aplikacijski okvir. Omogućuje pristup uslugama više razine i API-ju, kao i pristup funkcionalnostima OS-a pomoću API-ja. Android

programeri za izradu aplikacija koriste napredne usluge. Također uključuje HAL koji omogućuje komunikaciju između okvira Android aplikacije i upravljačkih programa [22]. Okvir Android aplikacije uključuje [23]:

- Prikaz sustava (eng. *View System*) – prikaz korisničkog sučelja aplikacije.
- Pružatelje sadržaja (eng. *Content Providers*) – odgovorni su za omogućavanje pristupa podacima aplikacijama iz drugih aplikacija,
- Upravitelje resursa (eng. *Resource Manager*) – odgovorni su za pružanje pristupa sporednim resursima,
- Upravitelje obavijesti (eng. *Notification Manager*) – odgovorni su prikazivanje obavijesti za sve aplikacije,
- Upravitelje aktivnosti (eng. *Activity Manager*) – odgovorni su za upravljanje životnim ciklusom aplikacije,
- Upravitelje lokacije (eng. *Location Manager*) – odgovorni su za aktiviranje upozorenja kada korisnik uđe ili napusti određenu geografsku lokaciju,
- Upravitelje paketa (eng. *Package Manager*) – odgovorni su za dohvaćanje podataka o instaliranim paketima na uređaju,
- Upravitelje prozora (eng. *Window Manager*) – odgovorni su za kreiranje prikaza i izgleda,
- Upravitelje telefonije (eng. *Telephony Manager*) - odgovorni su za upravljanje postavkama mrežne veze i svim informacijama o uslugama na uređaju.

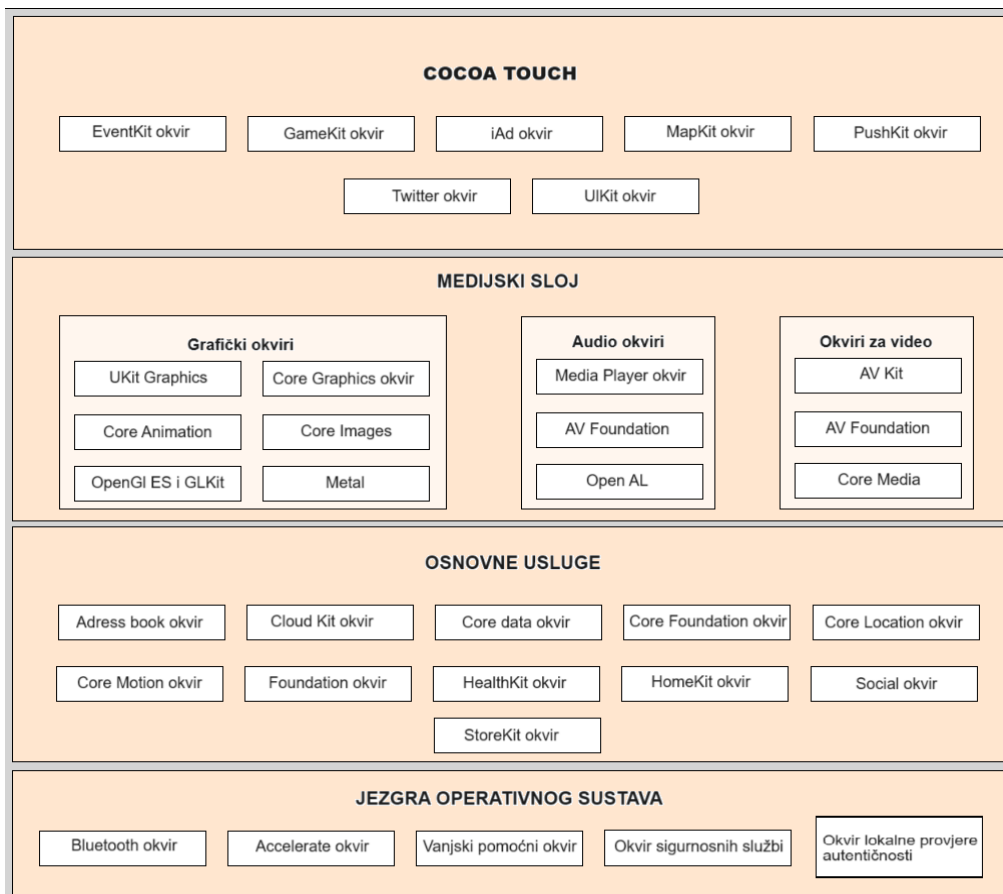
Libraries sloj se nalazi povrh jezgre Linuxa postoji niz izvornih biblioteka. Uređaj prima skup uputa iz biblioteke za pravilno upravljanje različitim vrstama podataka. Izvorne biblioteke su neophodne za razvoj Android OS-a, a većina njih je otvorenog koda. To je zapravo skup biblioteka koje su temeljene na Javi i C/C++, te olakšavaju stvaranje Android aplikacija, uključuje Graphics, Libc, SSL (eng. *Secure Socket Layer* - SSL), SQLite, Media, OpenGL (eng. *Open Graphic Library*), Surface Manager, itd [22].

Android Runtime ugrađen je u biblioteke koje sadrže DVM (eng. *Dalvik Virtual Machine* - DVM), koji služi za produljenje trajanje baterije, upotrebe memorije i performansi [22].

Linux Kernel, odnosno jezgra Linuxa je temelj i mozak arhitekture Android OS-a. Ona nadzire sve upravljačke programe, uglavnom one koji su potrebni uređaju tijekom njegovog rada, kao što su upravljački programi zaslona, kamere, memorije, *Bluetooth* upravljački programi, audio itd. Linux Kernel nudi sloj apstrakcije koji je zadužen za upravljanje memorijom, napajanjem uređaja i pristupom uređaju. Neke od značajki Linux Kernela su sigurnost, upravljanje memorijom, procesno upravljanje i *multitasking* [22].

3. 2 Arhitektura iOS-a

iOS ima slojevitu arhitekturu koja je napisana u Objective-C programskom jeziku. Najviši sloj u arhitekturi je posrednik između hardvera i aplikacija. Aplikacija ne komunicira izravno sa hardverom, nego kroz sučelja sustava. Niži slojevi pružaju osnovne usluge na koje se oslanjaju sve aplikacije, a viši slojevi pružaju sofisticiranu grafiku i usluge povezane sa dizajnom sučelja. Apple nudi veći izbor svojih sučelja sustava u posebnim paketima koji se nazivaju okviri (eng. *Frameworks*). Oni sadrže dinamički dijeljenu biblioteku koja je povezana sa datotekama. Svaki sloj ima skup okvira koje programer koristi za izradu aplikacija. Na slici 4 je prikazana arhitektura iOS-a [24].



Slika 4 Arhitektura iOS-a

Izvor: [24]

Prvi sloj arhitekture iOS-a je Core OS koji sadrži značajke niže razine na kojoj je izgrađen osnovni *Bluetooth* okvir, *Accelerate Framework*, vanjski pomoćni okvir (eng. *External Accessory Framework*), okvir sigurnosnih službi (eng. *Security Services Framework*), okvir lokalne provjere autentičnosti (eng. *Local Authentication Framework*).

Sljedeći sloj je Core Services u kojem su dostupni važni okviri poput *Adress Book Framework*-a koji omogućava programski pristup bazi podataka o kontaktima korisnika, *Cloud Kit Framework*-a koji pruža medij za premještanje podataka između aplikacije i *iCloud*-a, *Core data framework*-a koji služi za upravljanje podatkovnim modelom aplikacije *Model View Controller*, *Core Foundation Framework*-a čija sučelja omogućavaju upravljanje podacima i uslugama za iOS aplikacije. Zatim *Core Location Framework* ima mogućnost pružanja informacija o lokaciji i smjeru aplikacijama. *Core Motion Framework* daje pristup podacima koji se temelje na kretanju. Pomoću ovog okvira može se pristupiti podacima temeljenim na akcelometru. *Foundation Framework* je okvir u kojem se nalazi puno značajki. *Healthkit Framework* – okvir za upravljanje zdravstvenim informacijama korisnika. *Homekit Framework* – okvir za razgovor i kontrolu povezanih uređaja u korisnikovom domu. *Social Framework* – jednostavno sučelje za pristup korisničkim računima na društvenim mrežama. *StoreKit framework* – pruža podršku za kupovanje sadržaja i usluga unutar iOS aplikacija.

Pomoću medijskog sloja (eng. *Media Layer*) omogućena je grafička, audio i video tehnologija

U grafičke okvire spadaju: *UIKit Graphics* kojim se opisuje visoka razina podrške za dizajniranje slika, *Core Graphics Framework* koji je izvorni mehanizam za crtanje za iOS aplikacije, *Core Animation* tehnologija koja optimizira animacije aplikacija, *Core Images* koji pruža podršku za kontrolu vida i nepomičnih slika na ne destruktivan način, *OpenGL ES* i *GLKit* koji upravljaju naprednim 2D i 3D renderanjem pomoću hardverski ubrzanih sučelja te *Metal* koji omogućuje visoke performanse za grafičke prikaze.

Audio okviri su: *Media Player Framework* je okvir visoke razine koji omogućuje jednostavnu upotrebu *iTunes* aplikacije i reprodukciju playlista, *AV Foundation* je *Objective C* sučelje za upravljanje snimanjem i reprodukcijom audio i video zapisa i *OpenAL* odnosno industrijska standardna tehnologija za pružanje zvuka.

Okviri za video su: *AV Kit* okvir pruža zbirku sučelja koja se koriste za prezentaciju videa, *AV Foundation* pruža naprednu video reprodukciju i mogućnost snimanja *iCore Media* opisuje sučelja niske razine i tipove podataka za operativne medije.

Cocoa Touch sloj je najviši sloj u iOS arhitekturi. Koristi se za pružanje interaktivnih sučelja korisniku. Okviri koji su prisutni u ovom sloju su: *EventKit Framework* pruža mogućnost kontrole prikaza standardnih sučelja sustava za gledanje i mijenjanje događaja unutar kalendara, *GameKit Framework* služi za implementiranje podrške za

Game Center koji korisnicima omogućuje dijeljenje informacija vezanih uz igru online putem, iAd Framework omogućuje isporuku reklama, MapKit Framework daje kartu koje se može pomicati i koja se može uključiti u korisnička sučelja aplikacija, PushKit Framework pruža podršku za registraciju za VoIP aplikacije, Twitter Framework podržava korisničko sučelje za generiranje *tweetova* te UIKit Framework koji pruža infrastrukturu za primjenu grafičkih aplikacija.

4. Analiza značajki sigurnosti i pouzdanosti operativnih sustava

4.1 Sigurnost OS-a mobilnih terminalnih uređaja

Pametni telefoni, tableti i drugi terminalni uređaji su u zadnjih nekoliko godina doživjeli veliku razinu popularnosti, a time se povećala zainteresiranost za njihovu sigurnost [4]. Također se povećao i broj sigurnosnih prijetnji, a tako se krenulo pričati o kršenju privatnosti korisnika, sigurnosti mobilnih uređaja, zlonamjernim softverima i hakiranju usluga u oblaku. Mnogi i dalje nisu svjesni potencijalnih sigurnosnih prijetnji povezanih sa uređajima, pa na svoje uređaje pohranjuju osobne i osjetljive podatke kao što su e-pošta, podatke o bankovnim računima, lozinke. Glavni razlog za probleme sa sigurnošću je nesvjesnost među korisnicima.

Svaka platforma za pametne telefone je izložena prijetnjama neovisno o OS-u. Neki OS-i su sigurniji od drugih, ali nijedan nije zaštićen. Najčešće sigurnosne prijetnje terminalnih uređaja su izgubljen ili ukraden uređaj, financijske prevare, gubitak privatnosti zbog zlonamjernog softvera [3].

iOS svojim korisnicima omogućuje otključavanje i zaključavanje uređaja pomoću prepoznavanja lica (eng. *Face ID*) i otiska prsta (eng. *Touch ID*), kao i otključavanje uređaja PIN-om ili uzorkom čija se upotreba smanjila pojavom Face ID-a i Touch ID-a. Android OS je imao te mogućnosti prije iOS-a, ali ima veći fokus na otključavanje uređaja otiskom prsta za razliku od iOS-a koji se više fokusira na tehnologiju prepoznavanje lica. Ovu su mjere sigurnosti koje se prve preporučuju korisnicima.

iOS se u 2024. godini pokazao kao sigurniji sustav za pametne telefone u odnosu na Android jer Apple ima snažnije sigurnosne kontrole od Google-a [25].

4.1.1 Sigurnost Android OS-a

Operativni sustav Android dizajniran je s načinom izolacije aplikacija, što predstavlja učinkovit sigurnosni mehanizam. Međutim to može dovesti do sprječavanja funkcija nekih aplikacija, kao što je povezivanje na Internet, pokretanje kamere, dobivanje informacija o lokaciji.

Sigurnosne značajke Android OS su [23]:

- *App sandbox* – koristi ID za identifikaciju i izolaciju resursa aplikacija.

- Autentifikacija (eng. *Authentication*)– Android uređaji koriste kriptografske ključeve kojima korisnik mora dati svoje podatke. Neki uređaji imaju senzor otiska prsta pomoću kojeg se korisnici registiraju kako bi otključali uređaj i mogli izvršavati željene funkcije na njemu.
- Enkripcija (eng. *Encryption*) – uključuje kodiranje otvorenog teksta tajnim ključem kako bi se sakrilo pravo značenje informacija. Ona osigurava da poruku ne može pročitati nitko osim ovlaštenog primatelja.
- Sigurnosno poboljšani Linux (eng. *Security enhanced Linux*) – koristi se za provođenje obaveznih kontrola pristupa.
- *Verified boot* – ova značajka osigurava da svi izvršeni kodovi dolaze iz provjerenih izvora, oštećeni kodovi se blokiraju.

DVM ima važnu ulogu u sigurnosti OS. Bitna stavka za sigurnost Android OS-a je da aplikacije ne smiju štetno utjecati na druge aplikacije, OS i korisnika. Korisnici imaju kontrolu nad svojom sigurnošću i privatnošću budući da kontroliraju uslugama koje aplikacije pružaju, ali ipak nisu u potpunosti zaštićeni, odnosno postoji rizik od zlonamjernih aplikacija koje mogu otkriti i prenijeti osobne podatke web stranicama. Android aplikacije ne mogu pristupiti podacima ili kodu iz drugih programa. Kao što je već navedeno Android je softver otvorenog koda koji je dostupan različitim proizvođačima i organizacijama zbog čega postoji mnogo različitih vrsta napada na ovaj sustav [11].

Svaka Android aplikacija se pokreće unutar *sandboxa*, a njegova uloga je da omogući aplikaciji samo komunikaciju ili pristupanje resursima koji su dodijeljeni *sandboxom*. . Na taj način OS štiti korisnika, uređaj, podatke i mrežu od pogrešnog i zlonamjernog korištenja resursa od strane aplikacija. Za pristupanje drugim resursima i funkcionalnostima uređaja potrebno je koristiti sustav za dozvolu. No kako bi se smanjila zloupotreba dozvola aplikacija preporučuje se koristiti ih u manjoj mjeri. Kada korisnik dozvoli zahtjeve koje aplikacija traži, aplikacija ima pravo korištenja dozvoljenih funkcionalnosti sve dok je instalirana na uređaj. Međutim neke funkcionalnosti poput lokacije je moguće isključiti na razini uređaja i tako spriječiti njihovu upotrebu unutar aplikacije iako ona ima dozvolu [26].

Prema početnim postavkama aplikacije Android OS nemaju pristup operativnom sustavu, povijesti pretraživanja, sklopovskim i mrežnim identifikatorima te ostalim metapodacima koji mogu otkriti karakteristike korisnika, njegove navike i način na koji upotrebljava uređaj. Kako bi imala pristup tim podacima aplikacija mora zatražiti dozvolu.

Korisnički zasnovan model zaštite ima mogućnost identificiranja i izoliranja resursa aplikacija, odnosno prilikom pokretanja aplikacije Android sustav dodjeljuje korisnički identifikacijski broj (*Unique Identifier* – UID) pomoću kojeg se pokreće aplikacija u posebnom procesu, odnosno pod jednim korisnikom. Ovo je jedna od prednosti Android OS jer ostali sustavi pokreću više aplikacija pod istim korisnikom.

Sve aplikacije u sustavu prije instaliranja moraju biti digitalno potpisane, to omogućuje identifikaciju autora aplikacije i daljnju nadogradnju bez komplikacija. Aplikacije koje se mogu pokrenuti su one koje imaju potpisani certifikat kojim se određuje korisnički identifikator. Ovim potpisom aplikacija nema pristup drugoj aplikaciji bez definiranog IPC protokola. Dozvoljeno je pokretanje aplikacija s istim certifikatom u jednom procesu, u tom slučaju sustav ih tretira kao jednu aplikaciju. Ukoliko se potpiše više aplikacija istim certifikatom dozvoljeno je dijeljenje koda i podataka između njih na siguran način.

Službena platforma za distribuciju aplikacija za Android OS je Google Play. Ona ima ugrađeno nekoliko mehanizma zaštite koji služe za zaštitu korisnika od štetnih aplikacija. Sve dostupne aplikacije unutar Google Play platforme se redovno provjeravaju kako bi se prevenirala pojava zlonamjernog koda i kako ne bi došlo do ranjivosti sustava. Također se provjeravaju i programeri aplikacija prilikom registracije na platformu te kod postavljanja novih aplikacija, međutim njihov račun se može privremeno ugasiti ukoliko se ne pridržavaju uvjeta. Korisnici mogu ostaviti ocjene i recenzije o aplikacijama te time drugim korisnicima daju relevantne informacije o aplikaciji prije nego ih oni instaliraju. Također postoji opcija verificiranja aplikacija koja provjerava sigurnost aplikacija nakon njihove instalacije. Android aplikacije se distribuiraju i na drugim platformama kako bi bile dostupne većem broju korisnika. Zbog nepotpune provjere aplikacije na ovim platformama njihovi korisnici su skloniji zlonamjernom sadržaju.

Uz sve mehanizme zaštite koje posjeduje Android OS do korisnika uspiju doći zlonamjerne aplikacije. Detektori zlonamjernog sadržaja predstavljaju problem jer takve aplikacije uspješno zaobilaze detektor. S obzirom da je ovo sustav otvorenog koda napadači ga koriste kako bi distribuirali zlonamjerni sadržaj. Broj malicioznih aplikacija za ovaj sustav se iz godine u godinu povećava [26].

Industrija kibernetičkog kriminala je prije nekoliko godina razvila zlonamjerni softver koji neprimjetno krade podatke sa uređaja. A kako se Android smatra najnesigurnijim OS-om dodana mu je značajka AndroidBouncer koja se koristi za provjeru zlonamjernih aplikacija [3].

4.1.2 Sigurnost iOS-a

Sigurnosni mehanizmi koje ima iOS su u potpunosti drugačiji od onih koje ima Android OS. Prema Apple-ovom poslovnom modelu, aplikacije koje su temeljene na iOS može izdati samo App Store odnosno njihova službena platforma za distribuciju aplikacijama [4]. Kao i kod Android OS-a izvršava se provjera aplikacija kako bi se

spriječila pojava zlonamjernog sadržaja i osigurala sigurnost sustava, a uz pomoć digitalnog potpisa moguće ih je povezati sa autorom [27].

Zlonamjerne aplikacije predstavljaju velik problem u informacijskoj sigurnosti. Pomoću njih se na neovlašten način pristupa sustavu i podacima koji su na njemu pohranjeni. Međutim iOS ima jako malo problema sa takvim aplikacijama jer tvrtka Apple ne dozvoljava razmjenu podataka putem *Bluetooth-a* koji se koristi za distribuciju zlonamjernih aplikacija.

Sigurnost narušava instalacija nepotpisanih aplikacija na otključan uređaj čime zlonamjerne aplikacije mogu preuzeti kontrolu nad uređajem. Otključavanje (eng. *jailbreaking*) predstavlja postupke za otklanjanje ograničenja na uređajima, ono omogućuje korisniku pristup OS, korištenje nesigurnih aplikacija koje nisu dostupne u App Store-u.

Sustav je moguće napasti i preuzeti kontrolu nad njim prepisivanjem memorije (eng. *buffer overflow*). Do njega dolazi ukoliko program ne vrši provjeru unesenih podataka i ako učita podatak više nego što je kapacitet dodijeljene memorije. I u iOS-u kao i kod Androida aplikacije se pokreću u *sandboxu*, odnosno u sigurnom okruženju. Tako je spriječeno da aplikacije imaju pristup podacima drugih aplikacija. iOS ne dozvoljava aplikacijama da imaju potpune ovlasti nad sustavom.

Aplikacije u sustavu moraju imati valjani digitalni opis kao i potpis tvrtke Apple prije početka distribucije. Na taj način je sačuvan integritet programa i sustav ima mogućnost da prepozna nove inačice istog programa. Potpisane aplikacije omogućuju sustavu da prepozna svaku promjenu u kodu. Sve aplikacije prvenstveno treba potpisati njihov programer a zatim tvrtka Apple, ukoliko ih ona ne potpiše one se ne mogu pokrenuti.

Svaka aplikacija u sustavu ima svoj niz ključeva koji se koristi za sigurno spremanje lozinki, ključeva, certifikata i zabilješki. Najčešće se koriste za zaštitu sigurnosne kopije jer se ona u ovom sustavu sprema kao običan tekst [27].

Sigurnosni poslužitelji koje ima iOS su [4]:

- *Keychain Services* API – koristi se za pohranjivanje lozinki ključeva, certifikata i drugih tajnih podataka. Najčešće surađuje sa sustavima koji pružaju usluge šifriranja, pohranjivanja podataka i sl.
- *CFNetwork* – pruža usluge za realizaciju stvaranja i održavanja sigurnog protoka podataka.
- Usluge certifikata – pružaju usluge poput stvaranja, upravljanja i čitanja certifikacijskih informacija, koriste se za dodavanje autentifikacijskih informacija kao i za stvaranje ključa za šifriranje, dešifriranje podataka, potpis podataka, identifikaciju potpisa i upravljanje povjerenjem.

- *Randomization Services* – koristi se generiranje pseudoslučajnih brojeva za sve vrste šifriranja u OS.

Glavni nedostatak ovog sustava se odnosi na tehničke probleme i ranjivost samog sustava u pogledu dizajna.

4. 2 Zaštita iOS-a i Android OS-a

S ciljem povećanja sigurnosti korisnika svih operativnih sustava na tržištu i kako bi se očuvala njihova privatnost preporučuje se korištenje različitih sigurnosnih mjera. [25] [28]. Korisnici bi trebali koristiti opciju zaključavanja zaslona PIN-om, uzorkom ili lozinkom kao prvi sloj zaštite uređaja. Također je važno izbjegavati spajanje na nesigurne mreže kao što su one na javnim mjestima, ugostiteljskim objektima ili na otvorene mreže jer se povećava rizik za krađu osobnih podataka. Prilikom upotrebe ovakvih mreža preporučuje se korištenje virtualne privatne mreže (eng. *Virtual Private Network* -VPN).

Odabir uređaja od proizvođača koji redovito vrše ažuriranja važan je čimbenik za održavanje sigurnosti uređaja, budući da brzina reakcije proizvođača i izdavanje zakrpa igra ključnu ulogu. Šifriranje pohrane podataka je dodatna zaštita podataka u slučaju gubitka ili krađe uređaja za koju se koristi kompleksan kriptografski algoritam.

Instalacija aplikacija isključivo putem službenih platformi, koje prolaze visoke razine provjere, jer aplikacije iz vanjskih izvora mogu biti nesigurne. Korisnicima se preporučuje i upotreba „*anti-malware*“ aplikacija kao još jedan sloj zaštite od zlonamjernog sadržaja. Prije instalacije aplikacija korisno je pažljivo pročitati koje dozvole aplikacija zahtjeva jer u slučaju da se opis aplikacije i zahtijevanih dozvola ne podudara najvjerojatnije se radi o aplikaciji koja nije sigurna.

Zaključavanje SIM kartice također predstavlja dodatni sloj zaštite u slučaju gubitka ili krađe uređaja, a za otključavanje SIM kartice potrebno je upisati PIN prilikom pokretanja uređaja.

Korisnicima se također savjetuje da isključe Wi-Fi, *Bluetooth* i *HotSpot* kada ih ne koriste jer oni čine uređaje vidljive drugim uređajima, što povećava mogućnost napada kao i da isključe lokaciju ako ju ne koriste što nije povezano sa sigurnošću uređaja, ali narušava privatnost korisnika.

Preporučuje im se da koriste „*Do Not Track*“ opciju u pregledniku kako bi na taj način smanjili mogućnost prikupljanja podataka o pregledanim sadržajima. Važno je izbjegavati prijave u aplikaciju preko Facebook-a jer mnoge aplikaciju omogućuju brzu prijavu i pristup njihovim uslugama preko Facebook, što predstavlja sigurnosni rizik u slučaju

da je vaš profil ugrožen. Na taj način je hakerima omogućen lak pristup svim računima koji su povezani s njim.

Iznimno je važna upotreba jakih lozinki. Takve lozinke trebaju sadržavati velika i mala slova, posebne znakove i brojeve. Također se preporučuje izrada jedinstvenih lozinki za svaki račun koji korisnik ima.

4.3 Pouzdanost OS-a

Jedna od karakteristika OS je pouzdanost rada, usko je povezana sa sigurnosti sustava. Kako bi se poboljšala pouzdanost aplikacija koriste se tehnike koje uključuju toleranciju na greške i redundanciju. Koriste se kao zaštita od učestale pojave kvarova, jer su aplikacije osjetljive na pojavu kvarova OS. Dakle pouzdan OS dovodi do pouzdanog i nesmetanog rada aplikacija.

Tanebaum i njegovi suradnici su zaključili da je OS pouzdan ukoliko ga ne treba ponovno pokrenuti u slučaju pojave kvara, odnosno on ne mora biti bez greške. Dok je Hume rekao da je OS pouzdan ako radi ono što tražite ili ako ne uspijeva to odraditi u ograničenom vremenu. Prema tome je zaključeno da je neuspjeh neizbježan te je potrebno pružiti odgovarajuće mehanizme za oporavak od kvara u što kraćem vremenu i s minimalnim prekidima operacija.

OS smatramo pouzdanim ako pruža očekivanu uslugu bez ikakvih prekida tijekom normalnog rada, međutim nerealno je da će sustav biti bez greške zbog njegove složenosti. No ipak je potrebno spriječiti kvar cijelog sustava zato je važno na vrijeme otkriti i ukloniti kvar usluga koje sustav pruža.

Pouzdanost Android OS ovisi o proizvođaču uređaja, također sporija ažuriranja mogu utjecati na pouzdanost i sigurnost sustava. Dok iOS ima visoku razinu pouzdanosti zbog redovitih ažuriranja i kontrola tvrtke Apple nad aplikacijama [29].

5. Diskusija rezultata istraživanja

Usporedba karakteristika različitih operativnih sustava za mobilne terminalne uređaje prikazana je tablicom 2. U njoj se nalazi sažeti prikaz karakteristika operativnih sustava, te se na lakši način mogu uvidjeti prednosti i nedostaci pojedinih operativnih sustava.

Operativni sustavi za mobilne terminalne uređaje imaju utjecaj na korisničko iskustvo, sigurnost, funkcionalnost i dužinu trajanja uređaja. Korisnici biraju operativni sustav, odnosno mobilni uređaj prema količini dostupnih aplikacija, sigurnosnim protokolima, te mogućnosti integriranja s drugim uređajima. Pojavom Android OS-a i iOS-a Windows Phone OS, Symbian OS, BlackBerry OS su izgubili na popularnosti, te su se povukli sa tržišta. Android OS i iOS su trenutno najpopularniji OS među korisnicima mobilnih terminalnih uređaja.

Android OS je sustav koji korisnicima omogućuje pristup najvećem broju aplikacija različitih kategorija putem Google Play Store-a. iOS također pruža velik izbor aplikacija svojim korisnicima, ali zbog zatvorenosti sustava broj aplikacija je manji od onih dostupnih unutar Android OS-a. Ostali operativni sustavi poput Windows Phone, Symbian i BlackBerry OS-a su imali značajno manji izbor aplikacija.

BlackBerry OS je po pitanju sigurnosti bio vodeći OS, korisnicima je omogućavao visoku razinu zaštite podataka pomoću enkripcije. Koristio je se u poslovnim i vojnim komunikacijama. Danas se najsigurnijim OS-om smatra iOS čestih sigurnosnih kontrola i ažuriranja sigurnosnih zakrpa. Android OS i iOS su sustavi koji se neprestano razvijaju u pogledu sigurnosti i privatnosti korisnika.

Pojavom umjetne inteligencije i njenom sve većom popularnosti među korisnicima došlo je i do integracije sa OS-ima u vidu virtualnih pomoćnika poput Siri za iOS i Google Assistant-a za Android OS. Oni mogu obavljati različite zadatke koje im korisnik zatraži kao što su slanje poruka, postavljanje podsjetnika, pretraživanje interneta, pružanje informacija o vremenu. Zbog svoje popularnosti i dalje se razvija kako bi omogućila lakše i brže obavljanje zadanih radnji.

Tablica 2 Usporedba različitih operativnih sustava

KARAKTERISTIKE	ANDROID	iOS	SYMBIAN	WINDOWS PHONE	BLACKBERRY
Grupa operativnih sustava	Linux	Darwin	RTOS	Microsoft Windows	QNX
Proizvođač	Google	Apple	Symbian Ltd.	Microsoft	BlackBerry Limited

Arhitektura	Podijeljena na komponente (sloj aplikacije, knjižnica, runtime i Linux Kernel).	Ovaj OS ima kernel koji komunicira sa Driver run time-om, Kernel-om i korisničkim sučeljem.	Zasnovana na Kernel-u i podijeljena na 5 slojeva	Zasnovana je na Windows NT Kernel-u	Podijeljena je u šest slojeva.
Korisničko sučelje	Vrlo konfigurabilno.	Učitava i pregledava aplikacije.	Koristi AVKON grafički alat.	Radi na temelju dizajnerskog sustava koji se naziva METRO.	Poznato je po fizičkim QWERTY tipkovnicima.
Programski jezik	C, C++, Java	C, C++, Objective-C, Swift	Phyton, Java, C++, QML	Visual, C, C++	C/, C++
Trgovina za aplikacije	Google Play Store. Ima najveću ponudu za aplikacije.	App Store.	OVI Store	Windows Mobile Market	BlackBerry App World
Licenca	Različiti izvori	Vlasnička (od tvrtke Apple)	Različiti izvori	Vlasnička, komercijalna	Vlasnička
Baterija	Duže trajanje baterije	Kraće trajanje baterije	-	-	-
Sigurnost	Niža razina sigurnosti tržišta aplikacija, procesa proizvodnje. Visoka razina podrške za sigurnosne aplikacije trećih strana. Izloženiji je prijetnjama.	Ima najsigurnije tržište aplikacijama i proces proizvodnje, najbolje sigurnosne zakrpe. Visoka razina podrške za sigurnosne aplikacije trećih strana.	Visoka razina sigurnosti i pouzdanosti.	Osigurna visoka razina sigurnosti i privatnosti za korisnike. Često su vršena sigurnosna ažuriranja	Visoka razina sigurnosti osigurana zbog upotrebe enkripcije.
Asistent	Google Assistant	Siri	-	-	-

Korišteni procesor	ARM, x86, MIPS	ARM 64, ARM	ARM, x86	ARM 32	ARM
Upravljanje napajanjem	Nije optimizirano u usporedbi s drugim OS. Najnovija verzija ima bolje optimiziranu bateriju.	Dobro optimizirana baterija.	-	-	-
Stabilnost	Stabilno	Viša razina stabilnosti	Stabilno	Stabilno	Stabilno
Ažuriranja	Česta ažuriranja, ali dostupna intervalima.	Nisu česta, ali su odmah dostupna	-	-	-
Dodirne funkcionalnosti	2D	3D	-	2D	-
Cijena	Dostupan u svim cjenovnim razredima.	Dostupan je u skupljim uređajima.	Više nije dostupan na tržištu.	Više nije dostupan na tržištu.	Više nije dostupan na tržištu.
Zadnja verzija	Android 14: Android Upside Down Cake	iOS 17	Nokia Belle	Windows Mobile 10	BlackBerry 10

Izvor: [3], [6], [7], [10], [18]

6. Zaključak

Zahvaljujući operativnim sustavima omogućeno je funkcioniranje različitih aplikacija na terminalnim uređajima. Oni omogućavaju korisniku da ostvari komunikaciju za željenim aplikacijama. Izgrađeni su pomoću različitih programskih jezika. Kako bi se postiglo unapređenje korisničkih iskustava, poboljšanje performansi i brzo rješavanje sigurnosnih problema potreban je stalan razvoj mobilnih operativnih sustava. Odnosno razvojem je nužno uspostaviti ravnotežu između optimizacije performansi, povećanja sigurnosti i zadovoljstva korisnika.

Tijekom povijesti na tržištu se nalazilo mnogo različitih operativnih sustava no danas su na tržištu najzastupljeniji Android OS i iOS te je zbog toga u ovom radu fokus na njima. Oni predstavljaju dva različita pristupa u pogledu dizajna operativnih sustava za mobilne terminalne uređaje. Android je platforma otvorenog tipa koja je zasnovana na Linux kernelu. Omogućuje širok spektar prilagodbi i modifikacija. Velik broj proizvođača koristi Android OS za svoje uređaje, što je i razlog velikog broja različitih uređaja i verzija sustava. Za razliku od Androida, iOS je zatvorena platforma razvijena od strane tvrtke Apple, te je ovaj sustav dopušten samo na Apple-ovim uređajima.

Zbog svoje otvorenosti Android je podložniji sigurnosnim prijetnjama. Iako Google konstantno radi na poboljšanju sigurnosnih značajki, proizvođači uređaja često kasne s implementacijom sigurnosnih zakrpa. iOS je poznat po visokoj razini sigurnosti zbog zatvorenosti sustava i brzih ažuriranja koja su dostupna svim korisnicima istovremeno. Apple-ova stroga kontrola aplikacija na App Store-u dodatno smanjuje rizik od zlonamjernih aplikacija. S obzirom da se Android ipak smatra nesigurnijom platformom preporučuje se upotreba antivirusnih aplikacija koje su dostupne na Google Play Store-u.

Sigurnost operativnih sustava utječe i na sigurnost samog uređaja i njihovih korisnika te je od iznimne važnosti stoga je jako bitna edukacija korisnika svih operativnih sustava i podizanje svijesti o mogućim sigurnosnim rizicima.

Ovom analizom je pokazano da izbor između Androida i iOS ovisi o individualnim potrebama i preferencijama korisnika. Oba sustava imaju svoje prednosti i nedostatke.

LITERATURA

- [1] Hrvatska Enciklopedija. Preuzeto s: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/operacijski-sustav>. [Pristupljeno: travanj 2024.]
- [2] Peraković D.: Autorizirana predavanja sa kolegija Terminalni uređaji, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2023.
- [3] Ayyaz S., Rehman S. The Most Secure Smartphone Operating System. U. *International Journal of Computer and Information Engineering, Vol.10, No.2, 2016, Pakistan, pp. 354-357.*
- [4] Zhao M. Analysis and Research on Security Mechanism of Mobile Intelligent Terminal Operating System. U. *7th International Conference on Applied Science, Engineering and Technology, Vol.122, 2017, China pp. 286-290.*
- [5] Novac O.C., Gorda C., Novac M., Berczes T., Bujdoso G. Comparative Study of Google Android, Apple iOS and Microsoft Windows Phone Mobile Operating Systems. U. *14th International Conference on Engineering of Modern Electric Systems (EMES), 2017, Hungary, pp. 154-159.*
- [6] Singh K.: Mobile Phone Operating Systems: A Comparison. U. *International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol.5, March 2014; pp. 610-613.*
- [7] Dr. Ankit R. Bhavsar, Prof. Dr. Manoj Devare, Dr. Pravin Yannawar, Prof. Dr. Harshal Arolkar, Prof. Dr. Nilesh Modi, Dr. Himanshu Patel: *Mobile Operating Systems*. Dr. Babasaheb Ambedkar Open University, Ahmedabad; 2019.
- [8] Android. Preuzeto s: <https://www.android.com/>. [Pristupljeno:travanj 2024.]
- [9] iPhone. Preuzeto s: <https://www.apple.com/iphone/>. [Pristupljeno: svibanj 2024]
- [10] Chahal K., Lokesh M. V. S. S., Babu S. H., Chawla P., Soni K.: Study On Mobile Operating Systems. U. *International Journal of Engineering Research and Applications, Vol,11, June 2021; pp. 01-03.*
- [11] Ahmad N., Waqas Boota M., Hye Masoom A. Comparative Analysis of Operating System of Different Smart Phones. U. *Journal of Software Engineering and Applications, March 2015, Pakistan, pp. 114-126.*
- [12] Intelivita. *History of Android Operating System: A Comprehensive Overview of Android Evolutios*. Preuzeto s: <https://www.intelivita.com/blog/android-history/>. [Pristupljeno: svibanj 2024.]

- [13] H. Hadžo Mulalić, N. Mučibabić, R. Numanović, A. Abd Almisreb: A review on mobile operating systems and application development platforms. U. Sustainable Engineering and Innovatio, Vol.1, No.1, June 2019, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, pp. 49-56.
- [14] ComputerWorld. The evolution of iOS. Preuzeto s: <https://www.computerworld.com/article/1622072/evolution-of-ios.html>. [Pristupljeno:]
- [15] KaiOS. Preuzeto s: <https://www.kaiostech.com/>. [Pristupljeno: travanj 2024.]
- [16] Statcounter GlobalStats. *Mobile Operating System Market Share Worldwide*. Preuzeto s: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>. [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [17] Statcounter GlobalStats. *Mobile Operating System Market Share in Croatia*. Preuzeto s: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/croatia>. [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [18] eGyanKosh. Unit 3 - Mobile Operating Systems. Preuzeto s: <https://egyankosh.ac.in/bitstream/123456789/72524/3/Unit-3.pdf>. [Pristupljeno: svibanj 2024]
- [19] Baeldung. *Features of Mobile Operating System*. Preuzeto s: <https://www.baeldung.com/cs/mobile-operating-system>. [Pristupljeno: svibanj 2024]
- [20] Perera W.A.S.N., Nananyakkara J., Werapitiya B.K., Rajasingham S., Premaratne U.S., Erandaka W.U., Wickramasinghe W.W.A.I.D., Ratnayake H.U.W.: *Features of Android*. Indira Gandhi National Open University; School of Computer and Information Sciences (SOCIS); BCS-093 Introduction to Android; 2021.
- [21] 30DC. *Mobile OS Architecture*. Preuzeto s: <https://blogs.30dayscoding.com/blogs/os/real-world-applications-of-operating-systems/operating-systems-in-mobile-devices/mobile-os-architecture/> [Pristupljeno: lipanj 2024.]
- [22] Elluminati. *Android Architecture: Layers and Important Components*. Preuzeto s: <https://www.elluminatiinc.com/android-architecture/> [Pristupljeno: lipanj 2024]
- [23] Jaiswal M. Android the Mobile Operating System and Architecture. U. International Journal of Creative Research Thoughts(IJCRT), January 2018, pp. 514-525.
- [24] iOS Architecture. Preuzeto s: <http://traininginchennai.in/ios-architecture.pdf>. [Pristupljeno: lipanj 2024.]
- [25] NordVPN. Android vs. iOS: Security comparison 2024. Preuzeto s: <https://nordvpn.com/blog/ios-vs-android-security/> [Pristupljeno: lipanj 2024.]

[26] CERT.hr. Sigurnosni pregled Android operacijskog sustava. PUBDOC-2018-8-365. Preuzeto s: <https://www.cert.hr/wp-content/uploads/2018/08/android.pdf>. [Pristupljeno: lipanj 2024.]

[27] Centar Informacijske Sigurnosti. Sigurnost operacijskog sustava iOS. Laboratorij za sustave i signale, Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu. Preuzeto s: <https://www.cis.hr/files/dokumenti/CIS-DOC-2011-09-024.pdf> [Pristupljeno: lipanj 2024.]

[28] CERT.hr. Savjeti za sigurnost Androida. Preuzeto s: <https://www.cert.hr/savjeti-za-sigurnost-androida/> [Pristupljeno: lipanj 2024.]

[29] Mohamed F. Ahmed, Swapna S. Gokhale: Reliable Operating Systems. U. IETE Technical Review, Volume 26, Septembar 2014, pp.461-496.

[30] YouTube. Preuzeto s: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=23KJnqe08Mk> [Pristupljeno: srpanj2024.]

[31] Quora. What is the most widely used mobile (mobile) operating system in the world?. Preuzeto s: <https://www.quora.com/What-is-the-most-widely-used-mobile-mobile-operating-system-in-the-world>. [Pristupljeno: srpanj 2024.]

POPIS SLIKA

Slika 1 Prikaz globalnog tržišnog udjela mobilnih operativnih sustava prema Statista izvješću ...8	
Slika 2 Korisnička sučelja različitih operativnih sustava..... 17	
Slika 3 Arhitektura Android OS 19	
Slika 4 Arhitektura iOS-a21	

POPIS TABLICA

Tablica 1 Povijesni razvoj operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja.....5	
Tablica 2 Usporedba različitih operativnih sustava30	

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1 Najzastupljeniji mobilni operativni sustavi u svijetu7	
Grafikon 2 Najzastupljeniji mobilni operativni sustavi u RH7	

POPIS KRATICA

OS	(Operating System) operativni sustav
Wi-Fi	(Wireless Fidelity) bežična mreža
GPS	(Global Positioning System) mobilni navigacijski sustav
RTOS	(Real Time Operating System) operativni sustavi u stvarnom vremenu
SUST OS	(Single User Single Tasking Operation System) operativni sustavi s jednim korisnikom i jednim zadatkom
SUMT OS	(Single User Multi Tasking Operating System) operativni sustavi s jednim korisnikom i više zadataka
NFC	(Near Field Communication) bežična podrška koja radi na malim udaljenostima
PDA	(Personal Digital Assistant) osobni digitalni asistent
LTE	(Long Term Ecolution) tehnologija četvrte generacije mreže
VoLTE	(Voice over Long Term Evolution) tehnologija koja omogućava glasovne pozive preko 4G LTE mreže
API	(Application Programming Interface) sučelje za programiranje aplikacija
UI	(User interface) korisničko sučelje
LBS	(Local Based Services) usluge temeljene na lokaciji
HAL	(Hardware Abstraction Layer) hardverski sloj apstrakcije
UID	(Unique Identifier) korisnički identifikacijski broj
VPN	(Virtual Private Network) virtualna privatna mreža

uSveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ završni rad

(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Komparativna analiza operativnih sustava mobilnih terminalnih uređaja, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 2.9.2024.

Antonela Grgić
(ime i prezime, potpis)