

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Hergold, M., 2014. Mobilne aplikacije za spremljanje treniranja športnikov. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Petrovič, D., somentor Trajkovski, K.): 55 str.

Datum arhiviranja: 21-11-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Hergold, M., 2014. Mobilne aplikacije za spremljanje treniranja športnikov. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Petrovič, D., co-supervisor Trajkovski, K.): 55 pp.

Archiving Date: 21-11-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GEODEZIJA
SMER ZA PROSTORSKO
INFORMATIKO**

Kandidat:

MEDARD HERGOLD

**MOBILNE APLIKACIJE ZA SPREMLJANJE
TRENIRANJA ŠPORTNIKOV**

Diplomska naloga št.: 405/PI

**MOBILE APPS AS MONITORING DEVICES USED IN
ATHLETIC TRAINING**

Graduation thesis No.: 405/PI

Mentor:

doc. dr. Dušan Petrovič

Predsednica komisije:

doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek

Somentor:

asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski

Ljubljana, 27. 10. 2014

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Medard Hergold izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »**Mobilne aplikacije za spremljanje treniranja športnikov**«.

Izjavljam, da je elektronska različica enaka tiskani.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 6. 9. 2014

Medard Hergold

Ta stran je namenoma prazna.

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	070.446:528.9(497.4)(043.2)
Avtor:	Medard Hergold
Mentor:	doc. dr. Dušan Petrovič
Somentor:	asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski
Naslov:	Mobilne aplikacije za spremljanje treniranja športnikov
Tip dokumenta:	diplomska naloga – visokošolski strokovni študij
Obseg in oprema:	55 str., 7 preg., 34 sl., 9 graf.
Ključne besede:	mobilne aplikacije, ročni GNSS sprejemniki, GPX zapis, Google Zemlja

Izveček

Diplomska naloga obravnava opis in preverjanje delovanja brezplačnih mobilnih aplikacij, ki so namenjene treniranju športnikov s pomočjo tehnologij globalnega določanja položaja GNSS. V prvem delu naloge smo predstavili kratek opis pametnih mobilnih telefonov in njihov razvoj, v nadaljevanju pa smo predstavili mobilne aplikacije z uporabnimi funkcijami. V praktičnem delu naloge smo se osredotočili na analizo dolžin in višin, zajetih z različnimi aplikacijami, nameščenimi na pametne telefone. Za dodatno analizo smo vključili še ročne GNSS sprejemnike in kolesarski števec. Izmerjene horizontalne dolžine iz naprav GNSS smo primerjali z dolžinami, pridobljenimi s TTN 5, DTK 5 in DOF. Za primerjavo izračunanih višinskih razlik pa smo uporabili DMV 5 in TTN 5. Pri tem dodatno pojasnujemo kako aplikacije računajo vzpone.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 070.446:528.9(497.4)(043.2)
Author: Medard Hergold
Supervisor: Assist. Prof. Dušan Petrovič, Ph.D.
Cosupervisor: Assist. Klemen Kozmus Trajkovski, Ph.D.
Title: Mobile Apps as Monitoring Devices Used in Athletic Training
Document type: Graduation Thesis – Higher professional studies
Notes: 55 p., 7 tab., 34 fig., 9 graph.
Key words: mobile apps, GNSS receiver, GPX file, Google Earth

Abstract

This diploma thesis deals with the description and study of the performance of free mobile apps. More precisely, it examines the efficiency of apps enhanced with the global positioning technology GNSS, which are utilized as an aid in athletic training. In the first part of the thesis, a brief description of smartphones and their development is presented, followed by an outline of some mobile apps with useful features. In the empirical section, the focus is given on the analysis of the different lengths and heights measured with various smartphone apps. In addition, these results were also contrasted with data that was acquired with manual GNSS receivers and a bicycle computer. The measured horizontal lengths from the GNSS receivers were then compared with the lengths obtained from large-scale national maps and orthophoto. In order to contrast the calculated height differences, DEM and large-scale national maps were employed. Further clarification is given on how apps calculate height differences.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju doc. dr. Dušanu Petroviču in somentorju asist. dr. Klemenu Kozmusu Trajkovskemu za strokovno pomoč, pojasnila in nasvete pri nastajanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se družini, ki mi je vedno stala ob strani in je verjela vame.

Zahvaljujem se vsem sošolcem in ostalim prijateljem, s katerimi sem preživel nepozabne trenutke v času študija.

Hvala tebi Kristina za vzpodbudo, ko sem jo najbolj potreboval.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	ZGODOVINA PAMETNIH TELEFONOV	2
2.1	Mobilni operacijski sistemi.....	2
2.1.1	Android	3
2.1.2	iPhone OS.....	3
2.1.3	Windows Phone.....	3
2.1.4	Symbian.....	3
2.1.5	BlackBerry	4
3	MOBILNE APLIKACIJE ZA ŠPORTNE NAMENE	4
3.1	Endomondo.....	5
3.2	Runtastic	5
3.3	Sport Tracker	6
4	NEKAJ UPORABNIH FUNKCIJ APLIKACIJ	9
4.1	Barvna ponazoritev poti.....	9
4.2	Sledenje po poti uporabnika	10
4.3	Profil terena	10
4.4	Prikaz animacije poti na mobilni Google Zemlji.....	11
4.5	Spremljanje tekmovalcev v »živo«.....	12
4.6	Ustvarjanje poljubne poti in prenos na mobilne telefone	13
4.7	Naknadno urejanje podatkov treninga	13
4.8	Izmenjava podatkov.....	14
4.9	Prednosti in slabosti mobilnih aplikacij.....	14
5	GPS (Global Positioning System).....	15
5.1	aGPS	16
5.2	Izboljšanje absolutnega položaja s tehnologijami WAAS, EGNOS in MSAS.....	17
5.3	Višine, zajete z napravami GNSS.....	18
5.4	Referenčni elipsoid.....	20
5.5	Vertikalna deviacija med geoidom in elipsoidom	21
5.6	Geoid v Sloveniji	21

5.7	Testni model geoida iz leta 2010	23
5.8	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM).....	23
5.9	Primeri slabega sprejema GPS signala.....	24
5.10	Primer dobrega izrisa poti z mobilnimi telefoni.....	24
5.11	Prikaz posnetih poti na različnih kartografskih podlagah	25
5.12	XML.....	26
5.13	GPX.....	26
6	PRAKTIČNI DEL	28
6.1	Računanje vzponov	39
7	UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK.....	47
VIRI		

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primerjava aplikacij po lastnostih	7
Preglednica 2: Prikaz datotek za izmenjavo po aplikacijah	14
Preglednica 3: Prednosti in pomanjkljivosti mobilnih aplikacij.....	14
Preglednica 4: Nekateri pogosto uporabljeni referenčni elipsoidi s parametri.....	20
Preglednica 5: Tehnične in druge značilnosti pametnih telefonov.....	29
Preglednica 6: Tehnične in druge značilnosti ročnih GNSS sprejemnikov	29
Preglednica 7: Primerjava vrednosti zajetih z vsemi napravami GNSS.....	34

KAZALO SLIK

Slika 1: Razmerje operacijskih sistemov na pametnih telefonih leta 2012 (Tehnik Telekom, 2014)	4
Slika 2: Začetni zasloni aplikacij. Z leve Endomondo, Runtastic in Sport Tracker (lasten prikaz)	6
Slika 3: Barvna ponazoritev nagibov terena (lasten prikaz)	10
Slika 4: Možnost izbiranja trase v bližini našega trenutnega položaja (Endomondo, 2014)	10
Slika 5: Prikaz izseka profila terena zajetega neposredno z GPS opazovanji in interpolirane višine (Runtastic, 2014)	11
Slika 6: 3D prikaz animacije v urbanem okolju (leva slika) in v neurbanem okolju (desna slika) (lasten prikaz)	12
Slika 7: Prikaz trenutnega položaja uporabnika aplikacije Runtastic (Runtastic, 2014)	12
Slika 8: Načrtovanje poti (lasten prikaz)	13
Slika 9: Vesoljski segment GPS (Geoservis, 2014)	16
Slika 10: Grafični prikaz delovanja tehnologije aGPS (WAAS 2014)	16
Slika 11: WAAS tehnologija (Geodetski vestnik, 2003)	17
Slika 12: Pokritost različnih satelitskih sistemov po kontinentih (OOSA, 2014)	18
Slika 13: Normalni reper nivelmanske mreže Republike Slovenije (Geodetski vestnik, 2007)	18
Slika 14: Elipsoidana višina (h), nadmorska višina (H) in geoidna ondulacija (N) (Geodetski vestnik, 2011)	19
Slika 15: Prikaz deviacij med elipsoidom in geoidom (Wikimedia, 2014)	21
Slika 16: Geoid na območju Slovenije (GI, 2008)	22
Slika 17: Napake pri izrisu zaradi različnih vplivov (lasten prikaz)	24
Slika 18: Dober izris poti pri odprtem horizontu (lasten prikaz)	25
Slika 19: Tip karte Terrain map (levo) in Hybrid (desno) (lasten prikaz)	25
Slika 20: Tip karte Roadmap (levo) in karte Satellite (desno) (lasten prikaz)	25
Slika 21: Uporabljeni mobilni telefoni in sprejemniki GNSS (lasten prikaz)	28
Slika 22: Grafični prikaz poti s segmenti (lasten prikaz)	31
Slika 23: Montiranje ročnih GNSS na krmilo kolesa (lasten prikaz)	32
Slika 24: Tretji segment poti	39
Slika 25: Izris terena z različnimi intervali zajema	40
Slika 26: Profil terena desetih krogov z vsemi napravami GNSS	42
Slika 27: Grafični prikaz poti aplikacije Endomondo na mobilnem telefonu Apple iPhone 5S (lasten prikaz)	42
Slika 28: Grafični prikaz poti aplikacije Endomondo na mobilnem telefonu Samsung Galaxy S III LTE (lasten prikaz)	43
Slika 29: Grafični prikaz poti aplikacije Sport Tracker na mobilnem telefonu LG Optimus 4X HD (lasten prikaz)	43

Slika 30: Grafični prikaz poti aplikacije Runtastic na mobilnem telefonu LG Optimus 4X HD (lasten prikaz).....	44
Slika 31: Grafični prikaz poti z ročnim sprejemnikom GNSS Qstarz BT-Q2000 (lasten prikaz)	44
Slika 32: Grafični prikaz poti z ročnim sprejemnikom GNSS Qstarz BT-Q1000P (lasten prikaz)	45
Slika 33: Grafični prikaz poti z ročnim sprejemnikom GNSS I-gotu GT 800 Pro (lasten prikaz).....	45
Slika 34: Grafični prikaz poti z ročnim sprejemnikom GNSS Garmin eTrex Legend (lasten prikaz)...	46

KAZALO GRAFOV

Grafikon 1: Skupna dolžina krogov.....	33
Grafikon 2: Skupna primerjava ostalih vrednosti med napravami GNSS	34
Grafikon 3: Primerjava horizontalnih razdalj prvega in desetega kroga iz naprav GNSS	35
Grafikon 4: Primerjava horizontalne razdalje kroga z razdaljami, ki vsebujejo poševne vrednosti določenih iz kart in načrtov	36
Grafikon 5: Primerjava horizontalnih razdalj s poševnimi razdaljami določenih iz kart in načrtov in števca	36
Grafikon 6: Horizontalne dolžine desetega kroga po segmentih.....	37
Grafikon 7: Primerjava vrednosti horizontalnih in poševnih razdalj tretjega segmenta.....	38
Grafikon 8: Primerjava izračunov skupnega vzpona tretjega segmenta desetega kroga	41
Grafikon 9: Nove vrednosti vzponov aplikacije Runtastic.....	41

KRATICE

3D	tridimenzionalnost (tudi trirazsežnost)
3G	mobilno omrežje tretje generacije
4G/LTE	Long Term Evolution (dolgoročna evolucija)
AAS	All About Symbian (kratica za spletno stran operacijskega sistema Symbian)
aGPS	Assisted – GPS (tehnologija, ki je namenjena hitrejšemu iskanju satelitov GPS)
CPU	Central processing unit (centralna procesna enota)
DGPS	Differential GPS (metode izmere GPS, ki upošteva princip določitve relativnega položaja v realnem času)
DHL	ime logističnega podjetja
DMV 5	Digitalni model višin merila 1 : 5000
DOF	Digitalni ortofoto
DTK 5	Državna topografska karta merila 1 : 5000
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service (Geostacionarni sateliti, podpora sistemu GPS)
ESA	European Space Agency (Evropska vesoljska agencija)
GI	Geodetski inštitut Slovenije
GLONASS	Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (globalni navigacijski satelitski sistem, ruski GNSS)
GNSS	Global Navigation Satellite System (globalni navigacijski satelitski sistemi)
GPS	Global Positioning System (sistem globalnega določanje položaja, ameriški GNSS)
GPX	GPS Exchange Format (izmenjevalni format podatkov zajetih z napravami GPS)
HD	High Definition (visoka ločljivost)
HTML	Hyper Text Markup Language (hipertekstovni označevalni jezik)
IBM	International Business Machines Corporation (ime ameriškega podjetja)
iOS	iPhone Operating System (Applov mobilni operacijski sistem)
ISO	International Organization for Standardization (Mednarodna organizacija za standardizacijo)
KML	Keyhole Markup Language (datotečna oblika za ustvarjanje in shranjevanje geografskih elementov)
MSAS	Multi functional Satellite Augmentation System (japonski satelitski sistem, za podporo sistemu GPS)
NLB	Nova ljubljanska banka
OOSA	Office for Outer Space Affairs (urad povezan za vesoljske zadeve)
OS	Operating System (operacijski sistem)
RMS	Srednji kvadratni pogrešek

TCX	format za izmenjavo podatkov
TR3	ime stolpnice na Trgu republike 3 v Ljubljani
TTN 5	Temeljni topografski načrt merila 1 : 5000
WAAS	Wide Area Augmentation System (geostacioarni sateliti, podpora sistemu GPS)
WGS	World Geodetic System (svetovni geodetski system)
WiFi	Wireless Fidelity (brezžično omrežje)
XML	Extensible Markup Leanguage (razširljiv jezik za označevanje)

1 UVOD

Vse bolj dostopna cena pametnih mobilnih telefonov in brezplačne aplikacije so v zadnjih letih postale nepogrešljiv dodatek pri spremljanju športnih aktivnostih. Mobilne aplikacije za športne namene shranjujejo podatke o aktivnostih, ki jih lahko kadarkoli analiziramo ali celo delimo z ostalimi uporabniki. Aplikacije so preproste za uporabo in se jih da hitro in enostavno namestiti na mobilne telefone.

Namen diplomske naloge je bil zajem in analiza z aplikacijami pridobljenih opravljenih razdalj in višinskih razlih z različnimi napravami GNSS, namenjenim športnim aktivnostim. To sta dva podatka, ki sta za uporabnika pogosto najbolj zanimiva. Zato smo za ta namen načrtovali pot, ki bo potekala po primernem terenu. Skozi analizo podatkov smo tudi preverili, na kakšen način posamezne mobilne aplikacije računajo vzpone. Želeli smo pojasniti, zakaj v nekaterih primerih pride do nepravilnih vrednosti pri izračunu vzponov.

V prvem delu diplomske naloge omenjamo razvoj pametnih mobilnih telefonov in na kratko opisujemo mobilne operacijske sisteme. Opisujemo tudi tri mobilne aplikacije, ki smo jih uporabili v praktičnem delu naloge. Naredili smo primerjalno tabelo, ki prikazuje, katere funkcije vse omogočajo in opisali nekaj najbolj zanimivih funkcij, ki jih aplikacije omogočajo.

V praktičnem delu naloge pa smo v analizo dolžin vključili še ročne naprave GNSS. Istočasno smo vse naprave GNSS testirali na desetih ponovitvah. Analizirana pot je potekala po razgibanem terenu z veliko vegetacije. To za zajem podatkov pomeni dodatno težavo. Dolžinske vrednosti iz naprav GNSS smo primerjali z dolžinami, pridobljenimi s TTN 5, DTK 5, DOF in kolesarskega števca. Za primerjavo izračunanih vzponov pa smo uporabili DMV 5 in TTN 5. Za boljše predstavitev pridobljenih meritev smo le te prikazali v grafih.

2 ZGODOVINA PAMETNIH TELEFONOV

Ko je leta 1992 podjetje IBM predstavilo prvi pametni mobilni telefon (angl. Smartphone), imenovan Simon, je takrat veljal za višek tehnologije, saj so v tem času bili računalniki še veliki. Poleg lastnosti mobilnega telefona je ponujal tudi koledar, imenik, svetovno uro, kalkulator, beležko, elektronsko pošto, igre in možnost prejemanja in pošiljanja sporočil preko faksa. Ni imel tipkovnice, ampak zaslon na dotik, poganjal ga je 16 Mhz in 16 mega bitni procesor Vadem, imel je 1MB spomina, tehtal pa je dobre pol kilograma. Od 16. avgusta 1994 pa do februarja 1995 je bilo prodanih 50.000 kosov.

Podjetje Ericsson je leta 2000 predstavilo pametni telefon z novim operacijskim sistemom Symbian, nato še leta 2002 prvi mobilni telefon z vgrajeno kamero. Še istega leta je podjetje Research In Motion Limited (RIM) izdalo telefon BlackBerry, ki je znal uporabljat brezžično omrežje za spletno pošto.

Leta 2000 je kot prvi mobilni telefon z navigacijo GPS Benefon Ecs predstavilo podjetje Twing Com. Leta 2007 je Nokia s svojim modelom Nokia N95 postavila nove smernice mobilni telefoniji z novostmi, kot so GPS, kamera s 5 megapiksli, 3G omrežje, WiFi itd.

Smernice pametnih telefonov, kot jih poznamo še danes, je leta 2007 dalo podjetje Apple s svojim prvim Iphonom. Poleg LG Prade in HTC Toucha je bil eden redkih telefonov z zaslonom na dotik. Danes pametni telefoni predstavljajo računalnik na dlani. Opremljeni so z večjedernimi procesorji, veliko spomina (64GB) in pomnilnika (3GB), zmogljivimi kamerami in možnost zajema videa v visoki ločljivosti 1080 x 1920 točk (HD), podpirajo omrežja 4G/LTE itd.

Zaradi preproste uporabe in vse bolj dostopnih cen pametnih telefonov se njihov delež iz dneva v dan povečuje. Tako so leta 2011 pametni telefoni predstavljali skoraj četrtno mobilnih telefonov v omrežju Telekoma Slovenije.

Na svojem pametnem telefonu uporabljam Googlov operacijski sistem Android in zato bo v nadaljevanju največ poudarka ravno na tem sistemu. Aplikacije so podprte še s strani drugih mobilnih operacijskih sistemov, zato jih na kratko tudi omenjamo.

2.1 Mobilni operacijski sistemi

Mobilni operacijski sistem (angl. Mobile operating system) s kratico »mobile OS » predstavlja vez med uporabnikom in pametnim telefonom. To je programska oprema, ki je nujna za delovanje pametnih telefonov. Delujejo na enak način kot operacijski sistemi za namizne računalnike. Njihova

naloga je dodelovanje nalog različnim enotam (CPU pomnilniški enoti), časovno razporejanje opravil, optimizacija in drugo.

V nadaljevanju predstavljamo nekaj osnovnih podatkov o mobilnih operacijskih sistemih, ki jih danes najdemo na pametnih mobilnih napravah.

2.1.1 Android

Za delovanje pametnih telefonov je potreben zanesljiv, učinkovit in preprost operacijski sistem, kar lahko rečemo, da Android tudi je. Velja za odprtokodni programski jezik, namenjen pametnim telefonom in ostalim prenosnim napravam. Razvilo ga je podjetje Google in ga predstavilo 23. septembra 2008 (Android 1.0). Prvi pametni telefon z operacijskim sistemom Android je bil HTC Dream, predstavljen 22. oktobra 2008. Prednosti Androida so, med drugimi, da ponuja širok nabor različnih aplikacij, enostavna uporaba, enostaven prenos podatkov med računalnikom in telefonom, prilagodljivost glavnega menija in začetnega zaslona, slovenski jezik itd.

2.1.2 iPhone OS

Je operacijski sistem Ameriškega podjetja Apple, ki je bil zasnovan za pametne telefone iPhone, uporablja pa se še na ostalih Applovih produktih, kot so iPad, iPod Touch in Apple TV. Združljive aplikacije lahko uporabniki Applovih izdelkov naložijo preko aplikacije App Store oziroma preko spletne strani. Apple je prvič predstavil svoj operacijski sistem na svojem prvem iPhoneu 9. januarja 2007.

2.1.3 Windows Phone

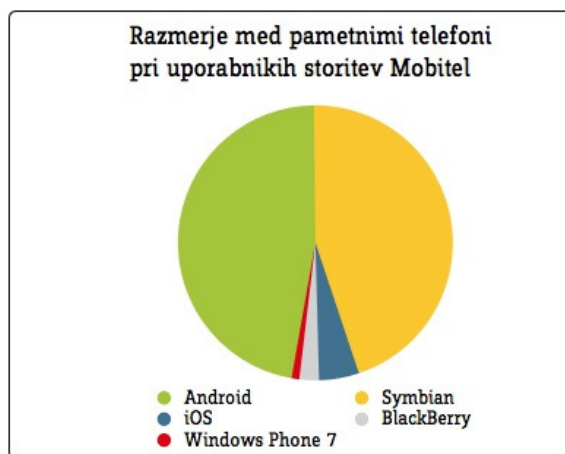
V boj za mobilne operacijske sisteme se je 21. oktobra 2010 z izdajo sistema Windows Phone 7 podal tudi največji razvijalec programske opreme za osebne računalnike Microsoft. Trenutno najnovejša različica je 8.1, izdana 10. februarja 2014.

2.1.4 Symbian

Symbian je last podjetja Nokia in je bil še pred nekaj leti eden izmed vodilnih operacijskih sistemov za mobilne naprave in pametne telefone, ki pa iz leta v leto izgublja svoj tržni delež. 63,5 % pametnih mobilnih telefonov je imelo v letu 2007 naložen operacijski sistem Symbian, v letu 2012 samo še 4,2 %. Leta 2001 je bil telefon Nokia 9210 Communicator prvi s Symbian sistemom.

2.1.5 BlackBerry

BlackBerry OS je bil narejen za istoimensko blagovno znamko pametnih mobilnih telefonov. Razvilo ga je podjetje Research in Motion (RIM), svojo prvo različico pa je razvilo že leta 2002. Največji napredek operacijskega sistema do sedaj je bila verzija 6.0, predstavljena v tretji četrtini leta 2010. Imel je nov spletni brskalnik HTML5, zaznavo več dotikov hkrati in spremenjen sistem za multimedijo. Trenutno zadnja različica, ki je bila izdana, se imenuje BlackBerry 7.1 (september 2013).



Slika 1: Razmerje operacijskih sistemov na pametnih telefonih leta 2012 (Tehnik Telekom, 2014)

3 MOBILNE APLIKACIJE ZA ŠPORTNE NAMENE

Endomondo, Runtastic, Sport Tracker so mobilne aplikacije, ki so namenjene spremljanju športnih dejavnosti in smo jih uporabili v tem diplomskem delu. Vse omenjene aplikacije so bile za potrebe diplomske naloge testirane na operacijskem sistemu Android. Endomondo pa je hkrati bil za potrebe praktičnega dela testiran tako na Apple iOS kot na Androidu.

Pred zajemom podatkov preko mobilnih aplikacij, si je potrebno ustvariti brezplačni uporabniški račun. Skupno vsem aplikacijam je, da si uporabniški račun ustvarimo preko domačih spletnih strani ali pa neposredno na naloženi aplikaciji. Za bolj natančen izračun nekaterih vrednosti imajo vse aplikacije možnost vnosa parametrov kot so višina, spol, teža, starost in možnost izbire med anglosaškim in metričnim sistemom prikazom enot.

3.1 Endomondo

Endomondo je brezplačna aplikacija, ki je namenjena vsem, ki se tako ali drugače ukvarjajo s športom in pri športu dajo tudi nekaj na statistiko o opravljenih treningih. Za analizo lahko izbiramo med 59 različnimi športnimi dejavnostmi. Trenutno je na voljo za sedem platform (Android, iOS, Black Berry, Windows Phone, Symbian, Windows Mobile, Java). Podjetje, ki je nastalo decembra 2007 na Danskem, je svojo prvo različico Endomondo predstavilo na dirki DHL v Københavnu. Na podlagi odzivov prvih poskusnih tekmovalcev so svojo naslednjo, sicer beta verzijo, predstavili julija 2009, septembra istega leta pa še uradno verzijo.

Namen aplikacije oziroma podjetja Endomondo je bil, da se športa lotimo na drugačen, zabavni način, posledično pa pri tem izgubimo nekaj odvečne teže in se počutimo bolje in smo bolj zdravi. Zanimivo je tudi, da lahko »v živo« s pomočjo sledenja spremljamo, kje se nahajajo naši prijatelji, z njimi navidezno tekmuje. Za bolj zahtevne uporabnike sta na voljo tudi plačljivi različici aplikacije, Endomondo PRO in Premium. Danes ima Endomondo več kot 12 milijonov uporabnikov v dvestotih državah sveta, z več kot 250000 prenosi dnevno.

3.2 Runtastic

Naslednja aplikacija je Runtastic. Primerna je tako za športe na prostem kot športe v zaprtih prostorih. Delimo svoje poti, dosežke med drugimi uporabniki, jih prikažemo na socialnih omrežjih in analiziramo treninge. Na voljo je za več vrst mobilnih operacijskih sistemov (iPhone, Android, Windows Phone in Black Berry) in je prevedena v 18 svetovnih jezikov. Brezplačna različica je sicer kar okrnjena, vendar je bolj statistično podprta kot brezplačna različica Endomondo. Plačljiva različica pa prinaša kar nekaj zanimivih dodatkov, kot je animacija posnete poti na mobilni Google Zemlji (možno samo na operacijskem sistemu Android), animacija sledenja uporabniku v realnem času (»Live tracking«), barvni prikaz nadmorske višine, tempa, hitrosti, srčnega utripa in naklon terena.

V sklopu podjetja Runtastic so na voljo še aplikacije, ki pa so še bolj specializirane za določeno športno panogo, na primer za cestno kolesarjenje, gorsko kolesarjenje, smučanje, pohodništvo itd. Na njihovi domači spletni strani je možno kupiti dodatke, kot so športne ure, tehtnice, pasove za merjenje srčnega utripa, senzorje kadence, etuije za mobilne telefone, oblačila, dodatke za kolesarjenje itd.

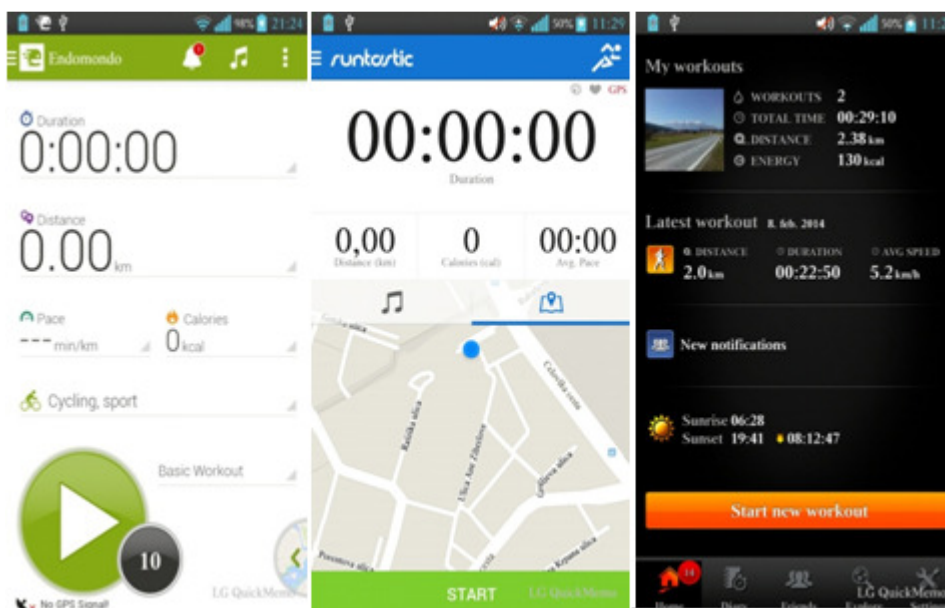
Aplikacija Runtastic, kot jo poznamo danes, je izšla oktobra leta 2009. Ideja za razvoj te aplikacije se je porodila za regatna tekmovanja z jadrnicami. Ker pa je bila ciljna skupina premajhna, so se razvijalci osredotočili na večjo priljubljenost športov (tek, hoja, kolesarjenje) in tako v avstrijskem Lienzu ustanovil podjetje Runtastic. V januarju 2014 je aplikacija preseгла 60 milijonov prenosov in ima več kot 25 milijonov registriranih uporabnikov.

3.3 Sport Tracker

Sport Tracker je popolnoma brezplačen in trenutno še nima možnosti nadgradnje na plačljivo različico. Na voljo je za operacijske sisteme Android, Windows Phone, iOS in Symbian. V primerjavi s predhodnima aplikacijama Sport Tracker nima takšnega nabora funkcij kot predhodnji aplikaciji.

Nokia Sport Tracker, kot se je imenoval pod okriljem podjetja Nokia, je svojo razvojno pot začel leta 2004. Razvoj aplikacije je bil namenjen mobilnim telefonom Nokia z GPS sprejemnikom, kot je bil na primer mobilni telefon Nokia N95. Kot pove že ime aplikacije, so ciljali na športno populacijo z namenom, da jim ponudijo nekaj novega, jim izboljšajo samo počutje in navsezadnje tudi zdravje. Leta 2010 se je Sport Tracker Nokia odcepil od Nokie in začel samostojno pot kot Sports Tracking Technologies Ltd.

Sport Tracker danes velja za eno izmed bolj popularnih aplikacij z milijoni prenosov v več kot dvestotih državah po svetu. Kot zanimivost dodajmo, da so v septembru 2011 uporabniki aplikacije »posneli« 130 milijonov kilometrov poti. Danes je ta številka zagotovo še višja, saj so pametni mobilni telefoni vse bolj razširjeni in cenovno dostopni.



Slika 2: Začetni zasloni aplikacij. Z leve Endomondo, Runtastic in Sport Tracker (lasten prikaz)

Preglednica 1: Primerjava aplikacij po lastnostih

Lastnosti	ENDOMONDO	RUNTASTIC	SPORT TRACKER
Načrt vadbe	DA*	DA*	NE
Območje srčnega utripa z dodatno statistiko	DA*	DA*	NE
Podatki o vremenu	DA*	DA*	NE
Intervalni treningi	DA	DA	NE
Premagovanje lastnega rekorda	DA	NE	NE
Nastavitve ciljev treniranja (npr. po času, razdalji)	DA*	DA	NE
Funkcija zmanjšanja porabe baterije	DA*	NE	NE
Števec korakov	DA*	NE	NE
»Audio Coach«	DA	DA	NE
Spletno komuniciranje med uporabniki	DA	DA	DA
GPS sledenje	DA	DA	DA
Prikaz jakosti signala GNSS	DA	DA	DA
Velik nabor različnih športov	DA	DA	DA
Integriran predvajalnik glasbe	DA	DA	NE
Zvočno opozarjanje (npr. za vsak kilometer)	DA	DA	DA
Motivacijski govori prijateljev med aktivnostjo	DA	DA	NE

* funkcija na voljo v plačljivi različici,

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 1

Zgodovina treningov	DA	DA	DA
Menjanje kartografskih podlag med treningi	DA	DA	DA
Prikaz porabljenih kalorij med in po vadbi	DA	DA	DA
Izbiranje atributov na začetnem zaslonu	DA	DA	DA
Odštevanje pred sprožitvijo snemanja	DA	DA	NE
Povezava s pasom za srčni utrip	DA	DA	DA
»Auto Pause«	DA	DA	DA
Tekmovanje s prijatelji	DA	NE	NE
Ročno vnašanje treningov (npr. športi v telovadnici)	DA	DA	NE
Iskanje poti v bližini naše trenutne pozicije	DA	DA	NE
Športni izzivi	DA	NE	NE
Vpisovanje z računi iz socialnih omrežij (Facebook, Google +, e- pošta)	DA	DA	DA
Združljivost s senzorji ANT+	DA	ni znano	ni znano
Dodajanje slik k treningom	DA	DA	DA
Anglosaški in metrični sistem	DA	DA	DA
»Geo Tagging«	NE	DA*	DA
Zvočno opozarjanje o času	DA	DA	DA

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 1

Popravek višin	NE	DA	NE
Spremljanje uporabnikov v realnem času	DA	DA	DA
Ročno zajemanje trase na spletu	DA	DA	NE
Odštevanje pred začetkom zajema	DA	DA	NE
Prikaz poti na mobilni Google Zemlji	NE	DA	NE
Prilagajanje začetnega zaslona	DA	DA	DA
Grafični prikaz poti (npr. po nagibu terena)	NE	DA*	NE
Uvoz/izvoz podatkov	DA	DA	DA
Cena nadgradnje mesec/leto [€]	2.68–20.11	6.63–49.90	brezplačno

4 NEKAJ UPORABNIH FUNKCIJ APLIKACIJ

Namen tega dela je, da prikažemo in opišemo nekaj uporabnih funkcij aplikacij, ki so za uporabnike najbolj zanimive. Za primerjavo funkcij med različnimi aplikacijami smo prikazali tudi funkcije, ki niso na voljo v brezplačnih različicah aplikacij.

4.1 Barvna ponazoritev poti

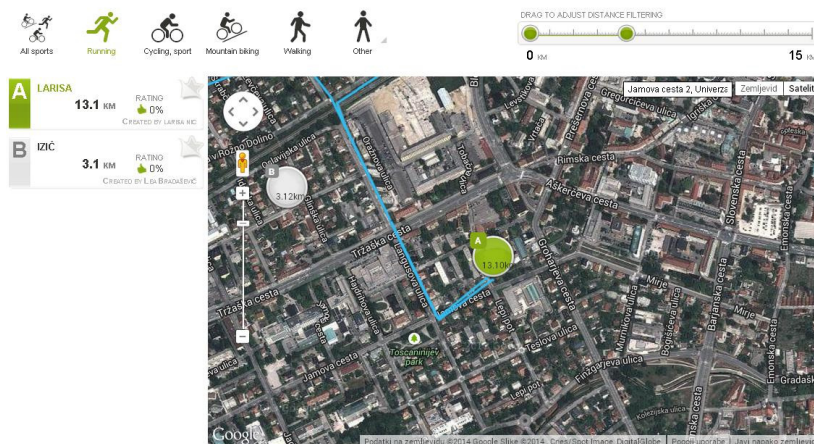
Runtastic je edina aplikacija med obravnavanimi, ki uporabniku barvno izriše potek poti. Vsaka barva ima svoj pomen. Kjer je teren položnejši, aplikacija pot prikaže z zeleno barvo, kjer pa se teren močno nagiba, jo obarva z rdečo. Tako lahko uporabnik prepozna različne nagibe terena. Barvni prikaz poti je uporabniku na voljo samo v plačljivi različici aplikacije (Slika 3).



Slika 3: Barvna ponazoritev nagibov terena (lasten prikaz)

4.2 Sledenje po poti uporabnika

Aplikacije nam za našo trenutno pozicijo prikaže nekaj najbližjih izrisov poti, ki so jih ustvarili drugi uporabniki. Aplikacije prikažejo poti glede na dolžino in vrsto športa. To možnost imata aplikaciji Endomondo in Runtastic.

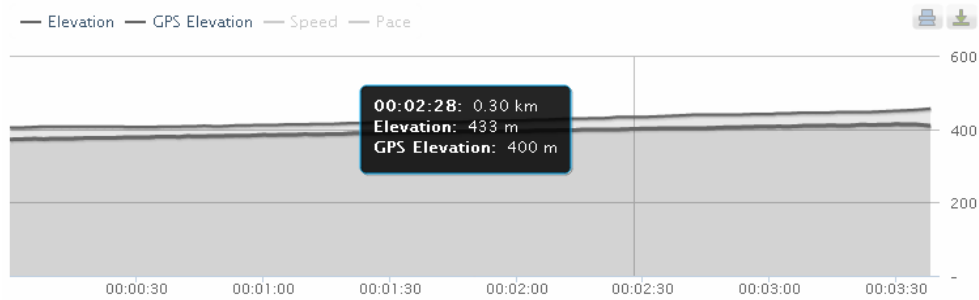


Slika 4: Možnost izbiranja trase v bližini našega trenutnega položaja (Endomondo, 2014)

4.3 Profil terena

Prikaz profila terena prikazujejo vse aplikacije. V vseh primerih se profil izriše na podlagi pridobljenih višin, zajetih z opazovanji GNSS. Iz GPS opazovanj dobimo elipsoidne višine. V nekaterih primerih

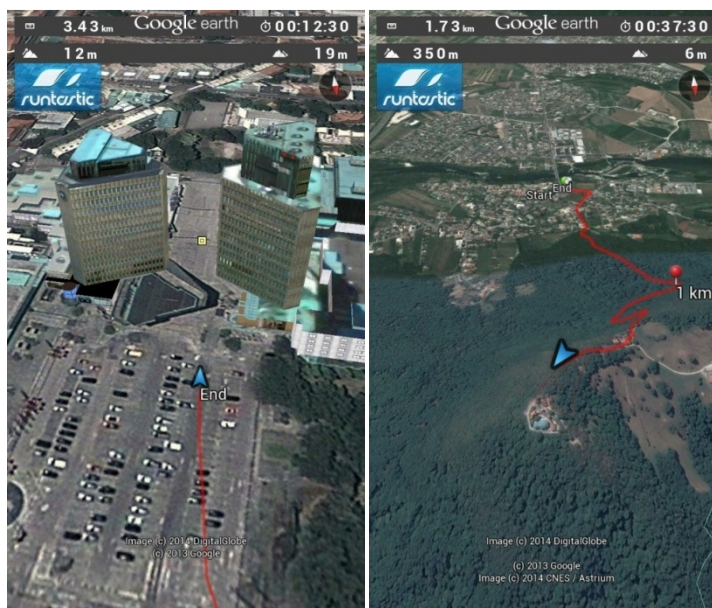
naprave prikazujejo tudi druge vrednosti višin. Dodatno možnost prikaza višin ima Runtastic, ki s pomočjo funkcije »popravi višine« izračuna nove vrednosti višin. Očitno aplikacija upošteva globalni model višin SRTM, ki je slabše ločljivosti (90 m), zato vmesne višinske točke določi z interpolacijo na podlagi znanih vrednosti sosednjih točk. Slika 5 prikazuje prikaz dveh višin. Zgornja linija ponazarja elipsoidno višino, spodnja pa višino izračunano z metodo interpoliranja. Višinska razlika med tema višinskima profiloma je od 30–50 metrov.



Slika 5: Prikaz izseka profila terena zajetega neposredno z GPS opazovanji in interpolirane višine (Runtastic, 2014)

4.4 Prikaz animacije poti na mobilni Google Zemlji

Naslednja plačljiva funkcija, ki jo imogoča samo aplikacija Runtastic, je animacija poti. Animacijo lahko spremljamo samo preko mobilnega telefona v okolju mobilne Google Zemlje. Animacija je nazoren prikaz poti, po kateri smo se gibal, prikazuje dolžino opravljene poti, skupen čas, vzpon in spust v metrih in prikaz stavb v 3D obliki. Spreminjamo lahko zorni kot gledanja, kakovost slike in velikost črk. Slika 6 prikazuje del animacije poti v urbanem okolju s 3D stavbami in del poti vzpona na Šmarno goro.



Slika 6: 3D prikaz animacije v urbanem okolju (leva slika) in v neurbanem okolju (desna slika)
(lasten prikaz)

4.5 Spremljanje tekmovalcev v »živo«

Spremljanje trenutnega položaja uporabnika je mogoče le preko spletnih strani aplikacij. Endomondo in Runtastic sta aplikaciji, ki ponujata to možnost, medtem ko Sport Tracker te možnosti nima. Slika 7 prikazuje trenutni položaj (modra točka) nekega uporabnika aplikacije Runtastic. Podatki o položaju se osvežijo vsako sekundo. Poleg položaja se posodablja trenutna hitrost, opravljena razdalja, skupen čas aktivnosti, skupen vzpon in spust v metrih in trenuten utrip srca.

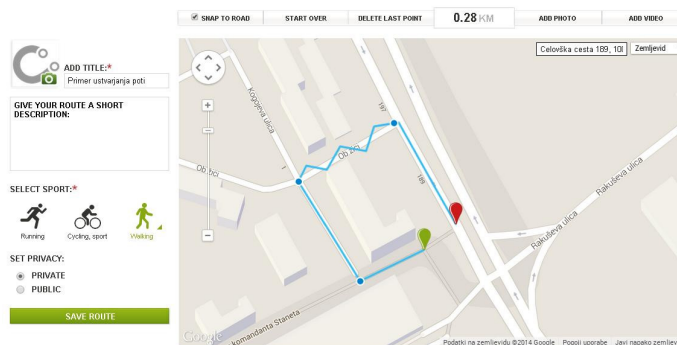


Slika 7: Prikaz trenutnega položaja uporabnika aplikacije Runtastic (Runtastic, 2014)

4.6 Ustvarjanje poljubne poti in prenos na mobilne telefone

Funkcija je primerna za načrtovanje neke poti po terenu, ki uporabniku ni poznan. Pred odhodom si na spletni strani aplikacij načrtujemo pot, aplikacija pa nam bo v pomoč, da ne zaidemo s poti. To možnost lahko uporabnik uporablja v spletni strani aplikacije Endomondo in Runtastic, Sport Tracker pa te možnosti nima.

Pri načrtovanju poti spletne strani ponujajo nekaj preprostih orodij, s katerimi hitreje načrtujemo pot. Uporabna je predvsem možnost »sledi cesto«, kjer je potrebno označiti začetno in končno točko neke poti, aplikacija pa sama izriše pot. Lahko pa naredimo to tudi ročno z vlečenjem linij po cestah, vendar je to dokaj zamudno. Slika 8 prikazuje načrtovanje poti s pomočjo spletne strani Endomondo.



Slika 8: Načrtovanje poti (lasten prikaz)

Za prenos ustvarjene poti na mobilni telefon ne potrebujemo podatkovnega kabla. Vse kar je potrebno, je, da se s pametnim telefonom povežemo na splet in zaženemo aplikacijo. Za vse ostalo poskrbi avtomatska sinhronizacija. Ustvarjeno pot pa lahko tudi delimo med uporabnike, kot na primer datototeko GPX.

4.7 Naknadno urejanje podatkov treninga

Naknadno urejanje ali popravljanje podatkov je mogoče le preko računalnika. Vse tri aplikacije omogočajo spreminjanje podatkov, kot so:

- vrste športa;
- poimenovanje aktivnosti;
- datum in čas aktivnosti;
- popravek razdalje;
- skupna vzpon in spust;
- povprečni in maksimalni srčni utrip.

Pri popravljanju podatkov imamo možnost, da nove vrednosti dodamo v našo skupno statistiko. Lahko pa to možnost tudi izpustimo.

Nekaterih vrednosti, kot so maksimalna, povprečna hitrost in kalorije, ni možno popravljati. Te vrednosti se spremenijo samodejno po vnosu ostalih novih vrednosti.

4.8 Izmenjava podatkov

Pri uvažanju in izvažanju podatov različne aplikacije podpirajo različne formate datotek. Preglednica 2 prikazuje, katere datoteke podpirajo različne aplikacije.

Preglednica 2: Prikaz datotek za izmenjavo po aplikacijah

Vrsta podatkov / Aplikacija	GPX	TCX	KML
Endomondo	DA	DA	NE
Runtastic	DA	DA	DA
Sport Tracker	DA	NE	NE

4.9 Prednosti in slabosti mobilnih aplikacij

Preglednica 3: Prednosti in pomanjkljivosti mobilnih aplikacij

Prednosti	Pomanjkljivosti
<ul style="list-style-type: none"> Brezplačna uporaba aplikacij Preprost zajem, uporaba in prenos podatkov (brežžičnih povezav) Uporabniki podajajo svoja mnenja in ideje o izboljšavah aplikacij na forumih Ni dodatnih stroškov nakupa kart Izvoz datotek in uporaba na drugih sprejemnikih GNSS Primerjava med drugimi uporabniki Samodejno posodabljanje aplikacij Praktično neomejen prostor za zajemanje podatkov 	<ul style="list-style-type: none"> Plačilo za nadgradnjo aplikacij Zasebnost Avtonomnost baterije je v večini manjša od ročnih naprav GPS Položajna in višinska natančnost je nizka (odvisno tudi od konfiguracije terena, bližine ovir in sprejemnika GPS) Nepregledna množica podobnih aplikacij (predvsem za sisteme Android) Ni možnosti določanja časovnega intervala snemanja točk

5 GPS (Global Positioning System)

S postopnim razvojem metod za določanje položajev na Zemlji s tehnologijo GPS je danes mogoče določiti položaj opazovalca le v nekaj sekundah. Vse bolj cenovno dostopne, posledično tudi vse bolj uporabne naprave GPS, pa so uporabne na več področjih, tudi na športnih.

GPS uvrščamo med sisteme GNSS (Global Navigation Satellite Systems). Poleg sistema GPS sem spadata na primer še ruski GLONASS in nastajajoči evropski Galileo (Geoservis, 2014).

Sistem GPS je bil v 60. letih 20. stoletja razvit za obveščevalne in vojaške namene, danes pa je javno dostopen vsakomur. Položaj opazovalca na Zemlji se določi na podlagi merjenja razdalj med sateliti GPS, ki »potujejo« po tirnicah v veselju in sprejemnikom GPS na Zemlji. Vesoljski segment »sestavlja« 24 (trenutno jih deluje 28) satelitov, ki krožijo okoli Zemlje na višini približno 20200 km ter oddajajo signale za določitev položaja. Prvi navigacijski sateliti niso imeli takšnih zmožnosti oddajanja signalov kot jih imajo danes, saj so bili sposobni samostojno delovati 3–4 dni (Block I sateliti). Druga generacija satelitov so bili Block II. Samostojno delovanje teh satelitov je bilo do 14 dni. Sateliti z imenom Block IIA so sposobni samostojno delovati do 180 dni. Naslednja generacija satelitov je skupina Block IIR, ki imajo na krovu opremo za samostojno pripravo navigacijskega sporočila, avtonomno lahko delujejo do pol leta (Stopar, 2008).

GPS sateliti oddajajo unikaten signal v dveh frekvencah, to sta L1 s frekvenco 1575.42 MHz in L2 s frekvenco 1227.6 MHz. Valovanji prehajata skozi oblake, odbijata se od vodnih površin, objektov, zaustavi ga fizična ovira (stavbe, gost gozd). Valovanji L1 in L2 sta zasnovani tako, da je vpliv ionosfere čim manjši. Obhodni čas satelita je 11 ur in 58 minut, to pomeni, da satelit opravi dva obhoda Zemlje v ene dnevu.

Triangulacija je osnova za določitev položaja sprejemnika na Zemlji. Kot dane točke pri GPS so to sateliti, katerih položaj poznamo v vsakem trenutku, osnova za določitev razdalje pa je časovni interval, ki ga signal potrebuje za pot med satelitom in sprejemnikom na Zemlji. Signal GPS mora v tem primeru vsebovati: podatke za identifikacijo posameznega satelita, podatke o času satelita in trenutnem položaju satelita in informacije o stanju Zemljine atmosfere.

Cenejši sprejemniki GNSS, ki jih omenjamo v diplomski nalogi (sem spadajo tudi sprejemniki GNSS v pametnih mobilnih telefonih), omogočajo sprejemanje signalov samo na frekvenci L1. Zato je njihova položajna in višinska natančnost nekaj 10 metrov in niso primerne za rabo za geodetska opazovanja (Geodetska izmera, Stopar, Kogoj).

Terestični koordinatni sistem WGS-84 je matematična osnova delovanja sistema GPS. Ta koordinatni sistem ima izhodišče v težišču Zemlje, z-os je usmerjena v smeri dogovorjenega zemeljskega pola CTP (Conventional Terrestrial Pole), x-os je usmerjena proti presečišču ničelnega meridiana in ravnine ekvatorja, y-os pa zaključuje desnosučni koordinatni sistem. WGS-84 sovpada z ETRS koordinatnim sistemom v okviru enega metra (Stopar, 2008).

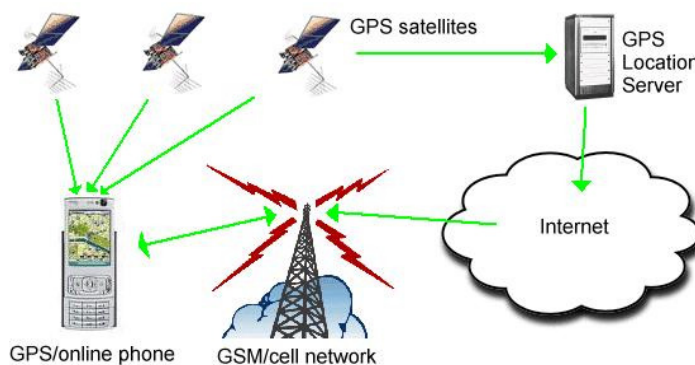


Slika 9: Vesoljski segment GPS (Geoservis, 2014)

5.1 aGPS

Tehnologija aGPS (angl. assisted GPS) je namenjena hitrejšemu določanju začetnega položaja na terenu. Ta sistem je avtomatsko integriran v operacijski sistem Android. Tehnologija aGPS zahteva spletno povezavo, ki jo zagotovimo preko mobilnega omrežja ali brezžične povezave. To nam pride prav, če se nahajamo v bližini visokih stavb, ali pa se nahajamo v gozdu, kjer problem predstavljajo krošnje dreves. Z uporabo sistema aGPS se iskanje položaja zmanjša na nekaj sekund, brez tega pa lahko traja tudi več minut (Wikipedia, 2014).

Med prvimi mobilnimi napravami s podporo aGPS je bila NOKIA N95. Primer delovanja aGPS je prikazan na Sliki 10.



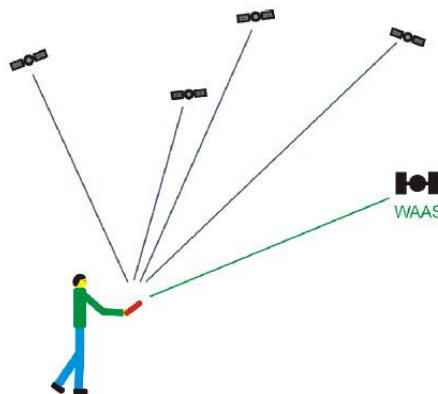
Slika 10: Grafični prikaz delovanja tehnologije aGPS (WAAS 2014)

5.2 Izboljšanje absolutnega položaja s tehnologijami WAAS, EGNOS in MSAS

Za potrebe spremljanja športnikov je dovolj absolutni način določitve položaja, saj absolutni položaj točke pridobimo za vsak trenutek opazovanj posebej, tudi v gibanju sprejemnika (Stopar 2008).

V vseh treh primerih se tehnologija uporablja za izboljšanje določitve položaja na terenu. WAAS (angl. Wide Area Augmentation System) je bil razvit za civilno rabo v želji izboljšanja približevanja pristajalnim stezam letal. Dve glavni WAAS postaji (na vzhodni in zahodni obali ZDA) sta ločeni od kontrolnih postaj GPS, služijo pa za zbiranje opazovanj iz večjih sprejemnikov in na podlagi katerih izračunajo popravke opazovanj in jih nato pošljejo satelitom WAAS, ti pa popravke pošljejo uporabniku. Signali WAAS so drugačni od GPS, zato jih niso sposobne sprejemati vse naprave.

V 95 % primerov tehnologija WAAS zagotavlja natančnost boljšo od treh metrov (Garmin 2014). Na nekaterih področjih Severne Amerike so že dosegli natančnost pod enim metrom v horizontalnem smislu in meter in pol v višinskem smislu, drugje je natančnost nižja.

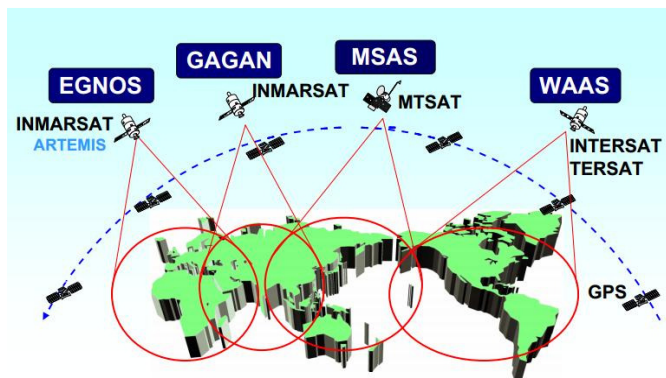


Slika 11: WAAS tehnologija (Geodetski vestnik, 2003)

Za Evropejce je bolj zanimiv sistem EGNOS (angl. European Geostationary Navigation Overlay Service), ki ima podobno funkcijo kot WAAS. Sistem EGNOS je začel delovati julija 2005 in ga tvori 40 kontrolnih postaj, ki v celoti tvorijo mrežo EGNOS, tehnologijo pa so uporabili tudi na cestni dirki Tour de France istega leta. S pokritostjo 99 % Evrope EGNOS zagotavlja položajno in višinsko natančnost okoli 2 metrov (Wikipedia, 2014).

Japonska je za svoje potrebe izboljšanja natančnosti razvila sistem MSAS (angl. Multi-functional Satellite Augmentation System), ki je svoje prve teste prestal septembra 2007, uradno pa je zaživel leta 2011. Zagotavlja natančnost manj kot 2,2 metra v 99 % primerov na območju Japonske (ESA, 2014).

Omenjenih tehnologij sprejemniki GNSS, ki so vgrajeni v pametnih mobilnih telefonih, trenutno ne omogočajo. Mogoče lahko v prihodnosti pričakujemo, da se tudi to spremeni.



Slika 12: Pokritost različnih satelitskih sistemov po kontinentih (OOSA, 2014)

5.3 Višine, zajete z napravami GNSS

Državni koordinatni sistem razdelimo na dve komponenti, in sicer na horizontalno in višinsko komponento. Kar pomeni, da imamo horizontalni koordinatni sistem za določanje lege točk in višinski koordinatni sistem za določanje višin točk (Razvoj DGS 2007).

Za izhodišče določitve višin reperjev v Sloveniji uporabljamo vertikalni datum Trst, ki predstavlja srednji nivo morja, določen leta 1875 na osnovi enoletnega opazovanja nihanja morske gladine na pomolu Sartorio v Trstu. Nivelmanska mreža se navezuje na avstroogrski fundamentalni reper No. 394 (FR 1049), stabiliziran pod Pohorjem v bližini Ruš (Slika 13) (Koler idr. 2007).



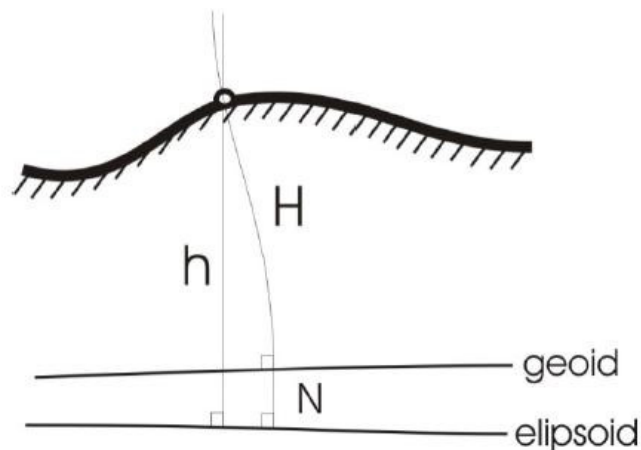
Slika 13: Normalni reper nivelmanske mreže Republike Slovenije (Geodetski vestnik, 2007)

V geodetski praksi je danes GNSS (Global Navigation Satellite System) najbolj razširjena metoda določanja položajev točk na Zemlji. Koordinate s to metodo so pridobljene hitro in natančno, a se

nanašajo na referenčni elipsoid. Višinski (vertikalni) položaj točke je tako podan z elipsoidno višino (h) in je različen od določevanja višin v geodeziji, ki se nanašajo na težnostno polje Zemlje. Za določitev horizontalnega položaja težnostno polje ne predstavlja večjega problema, je pa to drugače pri višinah (Kuhar, Prešeren, 2000).

V vsakdanji praksi pogosteje uporabljene višine so t. i. ortometrične višine (H), ki so višine nad geoidom. Če želimo določiti ortometrično višino z GNSS, moramo poznati geoidno višino (N). Na podlagi znanih koordinat točke na Zemlji in vrednosti normiranih gravitacijskih koeficientov lahko izračunamo geoidno višino točke. V tem primeru je ploskev geoida podana z vrednostmi normiranih gravitacijskih koeficientov. Zaradi zapletene enačbe izračuna geoidne višine je v praksi geoid podan v obliki geoidnih višin v gridni mreži. Tako geoidno višino posamezne točke izračunamo z interpolacijo. Zveza med elipsoidno (h), ortometrično (H) in geoidno višino (N) je podana z enačbo:

$$h = H + N$$



Slika 14: Elipsoidana višina (h), nadmorska višina (H) in geoidna ondulacija (N) (Geodetski vestnik, 2011)

Da bi bilo GNSS višnomerstvo učinkovito, moramo imeti na razpolago model geoida (kvazigeoida) enakovredne natančnosti, kot je natančnost določitve elipsoidne višine.

V povezavi s tehnologijo GNSS (angl. Global Navigation Satellite System) sta bila za geodetske potrebe določena dva globalna geopotencialna modela (GGM), in sicer EGM96 (angl. Earth Gravitational Model 1996) in EGM08 (angl. Earth Gravitational Model 2008) (Kuhar idr., 2011). EGM96 zajema celotno Zemljo, vendar ponazarja geoidne ploskve v grobem, zato se ga uporablja pri izračunu lokalnih in regionalnih modelov geoida (Kuhar, Prešeren 2000). EGM96 je rezultat projekta

treh ustanov: NIMA (angl. National Imagery and Mapping Agency), Državne univerze Ohio in NASA (angl. National Aeronautics and Space Administration) (NIMA, 1997) (Kuhar, Prešeren, 2000).

5.4 Referenčni elipsoid

Za prvo mednarodno obliko rotacijskega elipsoida veljajo izračuni J. F. Hayforda iz leta 1909, ki ga leta 1924 potrdi Mednarodno združenje za geodezijo in geofiziko (IUGG – The International Union of Geodesy and Geophysics).

Za prikaz oblike Zemlje v geodeziji in matematični kartografiji uporabljamo rotacijski elipsoid, ki nastane z vrtenjem meridianske elipse okoli male polosi. Imenujemo ga tudi zemeljski elipsoid. Elipsoid, ki se na nekem območju najbolj prilega geoidu, tako po dimenzijah kot po orientaciji, imenujemo lokalni elipsoid. V primeru, da so oblika, dimenzije in orientacija elipsoida prilagojeni celi Zemlji, se imenuje splošni zemeljski elipsoid (Peterca in idr., 2001).

V nekdanji državi Jugoslavija se je Besselov elipsoid uporabljal kot referenčni elipsoid, določen 1841, ki smo ga v Sloveniji uporabljali vse do 1. 1. 2008, ko smo ga zamenjali z »geodetskim referenčnim elipsoidom« – GRS 80 (Geodetic Reference System 1980).

Na svetovni ravni se uporablja več kot 10 različnih elipsoidov, ki imajo različne dimenzije, ki so med drugim tudi posledica dejstva, da ukrivljenost površine geoida zaradi anomalij v gravitacijskem polju ni povsod enaka. V preglednici 3 je prikaz nekaj največkrat uporabljenih referenčnih elipsoidov.

Preglednica 4: Nekateri pogosto uporabljeni referenčni elipsoidi s parametri

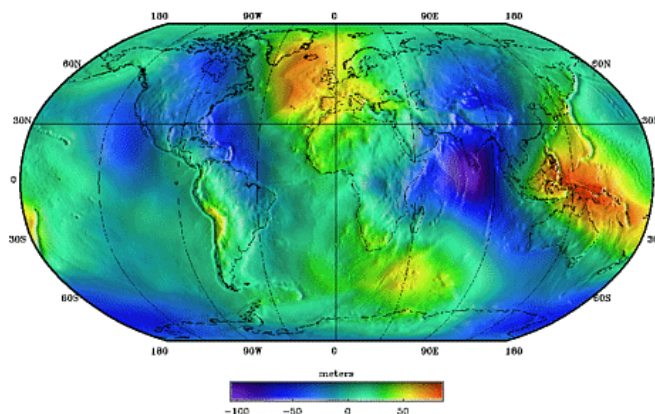
Ime elipsoida	Datum	Velika polos [m]	Mala polos [m]	Sploščenost elipsoida
Everest	1830	6,377,276.3	6,356,075.4	1/300,80
Bessel	1841	6,377,397.2	6,356,079.0	1/299,15
Airy	1849	6,377,563.4	6,356,256.9	1/299,32
Clarke	1886	6,378,206.4	6,356,583.8	1/293,46
Hayford	1909	6,378,388	6,356,911.9	1/297
Mednarodni	1924	6,378,388	6,356,911.9	1/297
Krasovski	1940	6,378,245	6,356,863.0	1/298,3
Avstralski	1956	6,378,160	6,356,774.7	1/298,25
WGS 72	1972	6,378,135	6,356,750.5	1/298,264
GRS 80	1979	6,378,137	6,356,752.3	1/298,257
WGS 84	1984	6,378,137	6,356,752.3	1/298,257

S satelitskimi metodami izmere je mogoče določiti elipsoide, ki so najbolj prilagojeni obliki Zemlje in geocentričnemu sistemu z izhodiščem v središču zemeljskih mas. Ti geodetski sistemi vsebujejo geofizikalne in geometrijske parametre. Tako določeni elipsoidi določajo Zemljo bolj natančno kot elipsoidi, določeni samo iz geodetskih meritev, čeprav niso najbolj prilagojeni vsakemu lokalnemu območju.

Prvi takšen sistem so določili v ameriški vojaški službi (U.S. Defence Mapping Agency – DMA) imenovan WGS 66 (World Geodetic System 1966), obnovo podatkov tega sistema so izvedli leta 1972, nov sistem je zato imenovan WGS 72. Ameriška vojaška kartografska služba je leta 1984 razvila WGS 84, ki ima kot geocentrični rotacijski elipsoid enake geometrijske konstante kot GRS 80 (Peterca idr., 2001).

5.5 Vertikalna deviacija med geoidom in elipsoidom

Zaradi neenakomerno porazdeljenih zemeljskih mas v notranjosti Zemlje prihaja do velikih višinskih deviacij med globalnim rotacijskim elipsoidom WGS 84 in geoidom EGM96. Največji ekstremi deviacije so barvno lepo vidni na Sliki 15 in sežejo do 75 metrov pri Novi Gvineji (rdeče območje). Največjo negativno vrednost pa geoid doseže v Indijskem oceanu, kjer vrednost pade 100 metrov pod površino elipsoida (vijolično območje) (Gričnik, 2012).



Slika 15: Prikaz deviacij med elipsoidom in geoidom (Wikimedia, 2014)

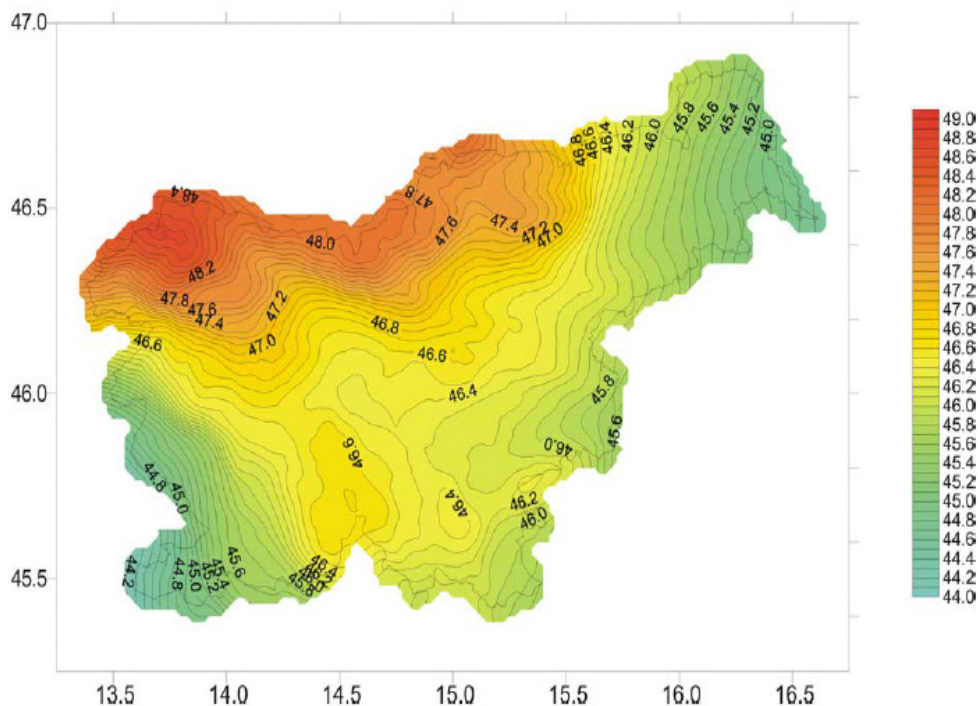
5.6 Geoid v Sloveniji

Pojem geoid leta 1872 uvede J. Listing in predstavlja telo z eno ekvipotencialno ploskvijo, izbrano izmed neskončne množice. Geodetska stroka imenuje ekvipotencialno ploskev tudi nivojska ploskev (Stopar, 2008).

Prvi model geoida za območje Jugoslavije je izračunal sarajevski profesor A. Muminagič leta 1974. Za Slovenijo kot samostojno državo je bil prvi izračun geoida, ki je bil tudi praktično uporaben, določen leta 1993 na zagrebški Geodetski fakulteti, a ta ni uporaben za geodetsko izmero GNSS (Kuhar idr., 2010).

Trenutno danes še veljavna ploskev geoida sega v leto 2000, ko jo je v okviru doktorske disertacije izračunal Boško Pribičević (Pribičević, 2000) in je uporaben z izmero GNSS. Izračunan je po metodi najmanjših kvadratov z uporabo tehnike »remove – restore«. Za določitev modela geoida je vključil 99 točk (Kuhar, 2011) z izmerjenimi odkloni navpičnice. 51 točk je zajel v Sloveniji, 23 na Hrvaškem, 20 v Avstriji in 5 na Madžarskem. Točke na ozemlju Hrvaške so bile vključene v izračun, ker se nanašajo na isti višinski datum Trst. Uporabljene točke z različnimi koordinatnimi sistemi držav je bilo potrebno transformirati v koordinatni sistem ETRS89. Izračunana ploskve geoida je bila vpeta na 163 GNSS/nivelman točk, ki so bile dokaj enakomerno porazdeljene po območju Slovenije, uporabili pa so tudi še 4605 točkastih vrednosti anomalij težnosti.

Predstavljena ploskev geoida je v obliki gridne mreže z velikostjo $1' \times 1,5'$ v območju $13,25^\circ < \lambda < 16^\circ 75'$ (vzhodno od Greenwicha) in $45^\circ,25' < \varphi < 47^\circ$ (severno od ekvatorja). Vrednost geoidnih višin nad elipsoidnimi na območju Slovenije niha med 44,140 m in 48,724 m, povprečna vrednost geoidne višine je 46,543 m (Kuhar idr., 2011).



Slika 16: Geoid na območju Slovenije (GI, 2008)

5.7 Testni model geoida iz leta 2010

Zaradi uveljavitve sodobnih tehnik določanja višin, kot je GNSS, je nujno imeti dobro določen višinski sistem. To nam omogoča povezavo med geometričnimi višinami, pridobljenimi iz GNSS s fizikalnimi višinami, ki povezujejo nivelmansko in gravimetrično izmero (Razvoj DGS 2007).

Za izračun novega testnega modela geoida v letu 2010 za območje Slovenije sta se v izračunu uporabila dva nova digitalna modela višin z nanašanjem položaja točk na nov koordinatni sistem ETRS89 (Kuhar idr., 2011, Berg idr., 2009, Oven idr., 2010):

- model visoke ločljivosti $3'' \times 4,5''$ ($1200 \times 800 = 960000$),
- model nizke ločljivosti $30'' \times 45''$ ($120 \times 80 = 9600$).

Pri testnem modelu geoida so bili uporabljeni novejši in izboljšani vhodni podatki. Za izračun so uporabili vrednosti težnostnega pospeška na skoraj 12.000 točkah. Z vpenjanjem geoidne ploskve na 24 GNSS/nivelman točk so izračunali višinsko referenčno ploskev.

Velikost območja izračunanega geoida v gridu je $30'' \times 45''$ v mejah $13^\circ < \lambda < 16^\circ$ (vzhodno od Greenwicha) in $45^\circ < \varphi < 47^\circ$ (severno od ekvatorja). Geoidne višine na izračunanem območju so v razponu med 41,972 m in 49,837 m, povprečna geoidna višina pa je 45,930 m.

Ploskev geoida so izračunali z numerično integracijo Stokesove enačbe po metodi hitre Fouririjeve transformacije (Kuhar idr., 2011 Omang, 2000).

Analiza natančnosti ploskve geoida temelji na primerjavi geoidnih višin, pridobljenih kot razlika med merjenimi elipsoidnimi višinami in nadmorskimi (»geoidnimi«) višinami in tistih višin, ki so interpolirane iz modelov.

Rezultati analize so pokazali na višinski razmik modelov, in sicer 10 cm med geoidom iz leta 2000 in leta 2010 (Kuhar idr., 2011).

5.8 Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

SRTM je projekt, ki ga je od leta 1996 skupaj z ostalimi partnerji izvajala ameriška vesoljska agencija NASA. Gre za radarski interferometrični sistem, nameščen na vesoljskem plovilu Endeavour, ki je od 11. do 21. februarja 2000 zajemal podatke o višinah. Sistem sta sestavljali dve anteni, ena je bila nameščena neposredno na plovilu, druga pa se je nahajala na 60 m dolgi gredi. Tako je ena antena

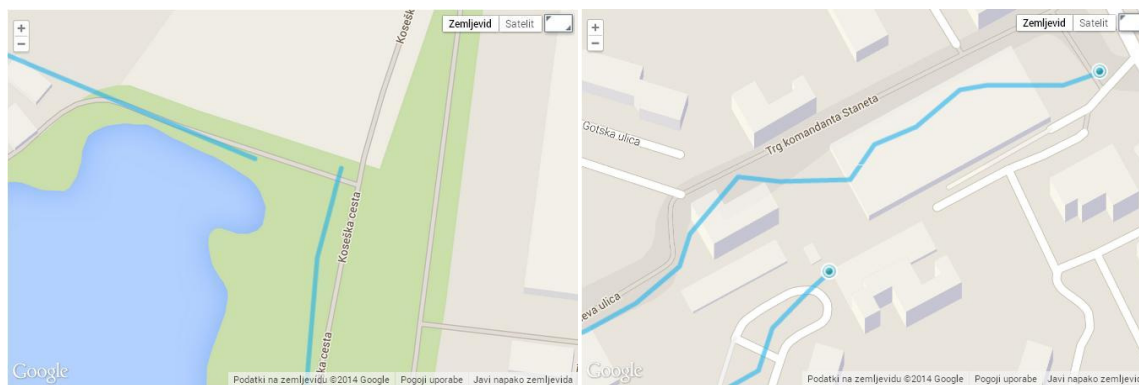
oddajala radarsko valovanje, ki pa sta ga sprejemali obe. Iz fazne razlike obeh signalov, zajetima z obema antenama, je mogoče izračunati višino površine, od katere se je signal odbijal. Takšno zajemanje podatkov omogoča ujemanje posnetkov tudi nad območji hitrega časovnega spreminjanja (gozdovi, polja ipd.).

Cilj je bil ustvariti visokoločljivi globalni model zemeljske površine v pasu med 60° severno in 56° južno od ekvatorja. Misija se je izkazala za uspešno, saj je ustvarjeni DMV zadovoljil zastavljene zahteve. Imel je ločljivost 20 m, navpično natančnost 16 m, položajno pa 20 m. Model višin je na območju Združenih držav Amerike na voljo v polni ločljivosti, za ostalo območje pa v ločljivosti 90 m (Oštir, 2006).

5.9 Primeri slabega sprejema GPS signala

Vzroke za slabši sprejem signalov GPS lahko pripisujemo razporeditvi satelitov GPS v nekem trenutku, zahtevni konfiguraciji terena, vplivu ionosfere in troposfere na izmerjeno vrednost razdalje, vplivu odbojev signala zaradi visokih ovir (multipath), nenehnemu premikanju antene sprejemnika, zakrivanju antene z deli telesa in oblekami, gosti vegetaciji itd.

Slika 17 levo prikazuje napako izrisa zaradi prekinjenega signala GNSS, slika desno pa prikazuje položajno odstopanje poti zaradi vplivov visokih zgradb.



Slika 17: Napake pri izrisu zaradi različnih vplivov (lasten prikaz)

5.10 Primer dobrega izrisa poti z mobilnimi telefoni

Če upoštevamo nekaj preprostih nasvetov, se lahko izognemo napakam pri zajemu podatkov. To pomeni, da so sprejemniki čim bolj na prostem, izogibamo se problematičnim lokacijam, kot so na primer kanjoni, gozd, bližina visokih stavb itd. V primeru, da v bližini sprejemnika GNSS ni ovir, ki bi odbijale in motile sprejemanje signalov GNSS, je možno tudi s cenejšimi sprejemniki GNSS dobiti zadovoljivo natančnost, kot jo prikazuje Slika 18.

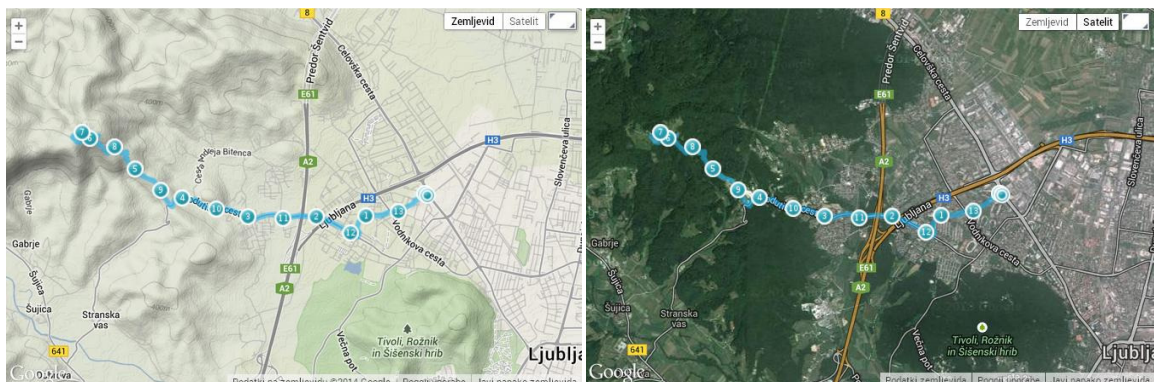


Slika 18: Dober izris poti pri odprtem horizontu (lasten prikaz)

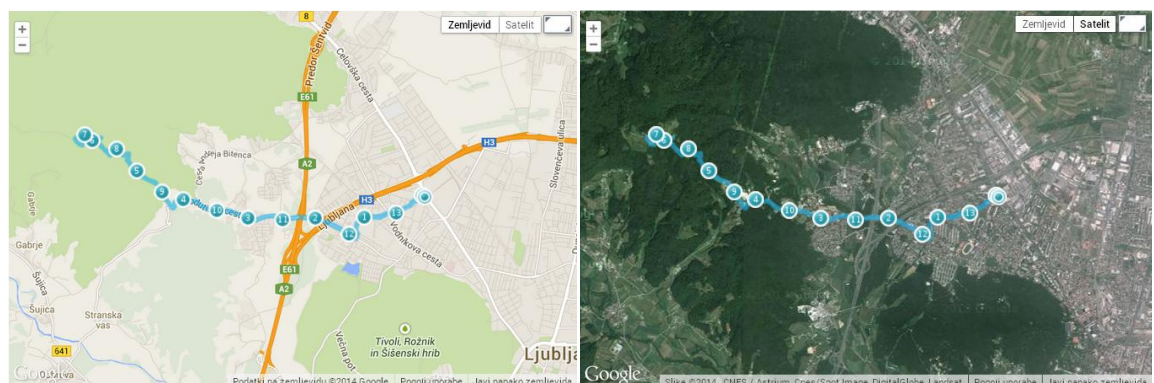
5.11 Prikaz posnetih poti na različnih kartografskih podlagah

Uporabniki aplikacij lahko izbirajo med različnimi vrstami Googlovih kart, ki služijo kot podlaga za prikaz posnete poti. To so:

- Terrain map – je karta s prikazom konfiguracije terena s plastnicami in senčenjem
- Hybrid – je satelitski posnetek terena z oznakami cest, zemljepisnih imen ...
- Roadmap – je avtokarta
- Satellite – je karta izdelana s satelitskimi posnetki.



Slika 19: Tip karte Terrain map (levo) in Hybrid (desno) (lasten prikaz)



Slika 20: Tip karte Roadmap (levo) in karte Satellite (desno) (lasten prikaz)

5.12 XML

GPX, TCX in KML so končnice datotek, ki se najpogosteje uporabljajo za imenjavo podatkov med uporabniki in temeljijo na jeziku XML.

XML je okrajšava za angleški izraz Extensible Markup Language, ki ga razvija industrijsko združenje W3C (World Wide Web Consortium) in je podoben jeziku HTML. Zasnovan je na starejšem standardu SGML (Standard Generalized Markup Language – ISO 8879:1988). XML ni poseben jezik, ker ga tvorijo pravila in metode za označevanje pomena in sestavo podatkov. Pri XML se lahko odločimo za svoj jezik označevanja pomena in sestavo podatkov. XML nima vnaprej določenih oznak. Uporabimo lahko katerokoli oznako, le upoštevati je treba pravila XML. Ker XML vsebuje navaden tekst, je razumljiv tako računalnikom kot ljudem. Za kodiranje se uporablja standard Unicode, ki je skladen s standardom za kodiranje znakov ISO/IEC 10646. XML nam omogoča izmenjavo podatkov med več omrežji in ga imamo za preprost računalniški jezik. XML naj bi tudi pocenil in poenostavil procesiranje podatkov (Povzeto po Šumrada, 2005).

Primeri uporabe XML:

- komunikacija med računalniki
- pametni telefoni, tablice
- brezžična komunikacija (Wireless)
- spletne storitve
- drugo

5.13 GPX

GPX oziroma angleško GPS eXchange format je oblika za izmenjavo podatkov GPS (sleda, poti in vmesnih točk) med napravami, ki temelji na jeziku XML. Je odprtokodni format, kar pomeni, da nam za njegov prikaz ni potrebno pridobivati licenc in nam na ta način omogoča hitro, enostavno izmenjavo datotek med napravami GNSS.

Posneta točka v shemi vsebuje geografske koordinate z zemljepisno širino (»lat«) in dolžino («lon«), ki sta izraženi v decimalnih stopinjah, višino («ele«) v metrih ter čas («time«) in datum.

Primer zapisa posnete točke v formatu GPX:

```
</trkpt>  
<trkpt lat="46.120887" lon="14.460156">
```

```
<ele>358.9</ele>  
<time>2013-05-12T15:23:13Z</time>  
</trkpt>
```

Oznaka »`<ele>`« je kratica za angleško besedo »elevation«, ki naj bi predstavljala nadmorsko višino. Dejansko pa nekatere naprave GNSS zapisujejo elipsoidno višino. Na rezultate, prikazane v preglednici 7, bi glede na vrednost minimalnih višin lahko sklepali, da naprave Garmin eTrex Legend, Qstarz BT - Q2000, Igotu GT 800 pro, Apple Iphone 5S in LG Optimus 4XHD z nameščeno aplikacijo Runtastic prikazujejo nadmorsko višino. Vse ostale naprave pa v datotekah GPX zapisujejo elipsoidno višino (Kozmus, 2014 osebna komunikacija).

6 PRAKTIČNI DEL

Zajem podatkov smo naredili z naslednjimi sprejemniki GNSS:

- Garmin eTrex Legend
- Qstarz Travel Recorder BT-Q1000P
- Qstarz Explore BT-Q2000
- I-gotu GT 800 pro

Mobilni telefoni, na katerih so tekle aplikacije, ki so navedene v oklepaju:

- Apple iPhone 5S (Endomondo 9.0.0 za iOS)
- Samsung Galaxy S III LTE (Endomondo 10.1.1 za Android)
- LG Optimus 4X HD (Runtastic 5.0.3 za Android)
- LG Optimus 4X HD (Sport Tracker 2.5.2 za Android)

GNSS sprejemniki, ki smo jih uporabljali v diplomski nalogi, morajo imeti vsaj tri lastnosti:

- omogočati sledenje določeni poti,
- imeti notranji pomnilnik za shranjevanje zajetih podatkov
- in omogočati prenos podatkov na računalnik oziroma spletno stran.



Slika 21: Uporabljeni mobilni telefoni in sprejemniki GNSS (lasten prikaz)

Slika 21 prikazuje vse uporabljene naprave za zajem podatkov. Zgoraj levo prvi in drugi mobilni telefon LG Optimus 4X HD, Samsung Galaxy S III LTE, Apple iPhone 5S. Spodaj z leve Qstarz Explore BT-Q2000, Qstarz Travel Recorder BT-Q1000P, I-gotu GT 800 pro.

Preglednica 5: Tehnične in druge značilnosti pametnih telefonov

Mobilni telefoni	Apple iPhone 5S	Samsung Galaxy S III LTE	LG Optimus 4X HD	LG Optimus 4X HD
Operacijski sistem	iOS 7	Android 4.3, Jelly Bean	Android 4.0.3, Ice Cream Sandwich	Android 4.1.2, Jelly Bean
GPS modul	QualcommWTR1605L	Broadcom BCM47511	CSR SiRF StarV	CSR SiRF StarV
Podpiranje satelitskih sistemov	GPS GLONASS	GPS GLONASS	GPS	GPS
Diagonala zaslona[mm]	101,6	120,2	110,9	110,9
Cena ¹ [€]	705.00	469.00	399.00	399.00
Vir	www.telekom.si	www.telekom.si	www.telekom.si	www.telekom.si

Preglednica 6: Tehnične in druge značilnosti ročnih GNSS sprejemnikov

GNSS sprejemnik	Garmin eTrex Legend	Qstarz Travel Recorder BT-Q1000P	Qstarz Explore BT-Q2000	I-gotu GT 800 pro
GPS modul	ni podatka	MTK GPS	visoko odzivni GPS sprejemnik	SiRF Star III
Sprejemnik	12-kanalni	51-kanalni	20-kanalni	20-kanalni
Občutljivost	ni podatka	-158dBm	-159dBm	-158dBm
Koordinatni sistem	WGS84	WGS84	WGS84	WGS84
GPS Antena	vgrajena patch antena	vgrajena patch antena z LNA	vgrajena patch antena z LNA	vgrajena patch antena

se nadaljuje ...

¹ Cena mobilnih telefonov v prosti prodaji pridobljena na spletni strani Telekom Slovenije na dan 24 .4. 2014.

... nadaljevanje Preglednice 6

Frekvenca	L1, 1575,42MHz	L1, 1575,42MHz	L1, 1575.42MHz	L1, 1575,42MHz
Podpora WAAS/ EGNOS/ MSAS	da/da/ni podatka	da/da/da	ni podatka	da/da/ni podatka
Izračun prvega položaja	vroč start: 15 sekund topel start: 15 sekund hlade start: 45 sekund	vroč start: 1 sekunda topel start: 33 sekund hlade start: 36 sekund	vroč start: 1 sekunda topel start: 38 sekund hlade start: 42 sekund	vroč start: < 1 sekunda topel start: < 35 sekund hladen start: > 35 sekund
Spomin [MB]	8	ni podatka	ni podatka	64
Položajna točnost	< 10 metrov	< 3 metre na 2D – RMS DGPS (WAAS, ENGOS, MSAS) 2,5 metrov	< 10 metrov na 2D - RMS	ni podatka
Hitrostna točnost	0,05 m/s	Brez aid: 0,1m/s, DGPS (WAAS, ENGOS, MSAS): 0,05m/s	0,1 m/s, brez SA	ni podatka
Število točk (waypoints track)	10.000 + 1000	200,000	260,000	200,000
Interval zajema	ni podatka	odvisno od programske opreme	odvisno od programske opreme	od 1–60 sekund
Dimenzije[mm]	50,1 x 110,2 x 30	72,2 x 46,5 x 20	71,3 x 43 x 20	38,3 x 64,8 x 17,9
Cena [€]	199,00	ni več v prodaji	ni več v prodaji	ni več v prodaji
Vir	www.garmin.com	www.qstarz.com	www.qstarz.com	www.bobatkins.com

Za izvoz podatkov v formatu GPX smo uporabili programsko opremo, ki pripada vsakemu sprejemniku GNSS, razen pri prenosu podatkov Garmin eTrex Legend smo uporabili program OziExplorer in datoteko GPX uvozil na spletno stran aplikacije Endomondo.

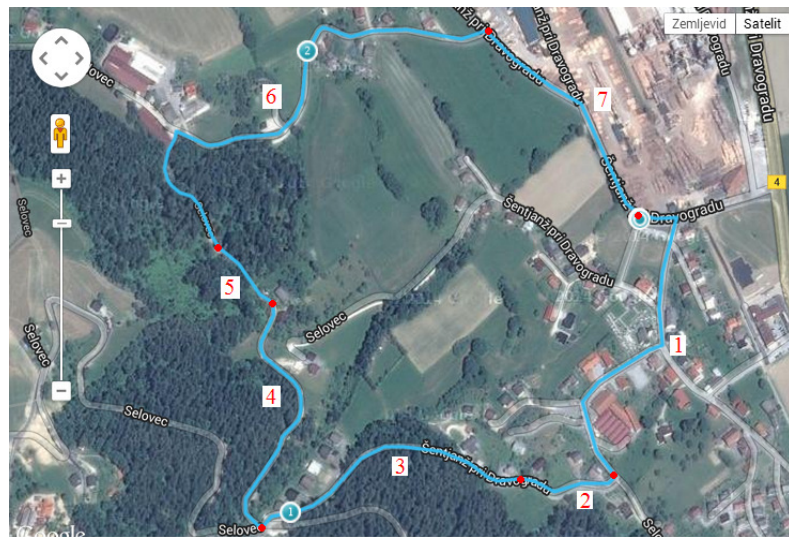
Namen praktičnega dela in diplomske naloge je bil prikaz iz zajema koordinat izračunanih višinskih razlik in dolžin poti z različnimi napravami GNSS namenjenim športni aktivnostim. To sta dve vrednosti, ki sta za uporabnika najbolj zanimivi. Zato smo za ta namen načrtovali pot, ki bo potekala po primernem terenu. Skozi analizo podatkov smo tudi preverili, na kakšen način posamezne mobilne aplikacije računajo vzpone.

Za dodatno primerjavo smo si na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani sposodili ročne sprejemnike GNSS, ki med drugim omogočajo nastavitve časovnega intervala zajema točk na terenu, ker te možnosti mobilne aplikacije nimajo. V analizo smo vključili štiri pametne mobilne telefone z vgrajenimi sprejemniki GNSS in štiri ročne naprave GNSS. Tako smo skupaj analizirali rezultate

osmih naprav. Datoteke GPX smo iz ročnih naprav GNSS uvozili na spletne strani aplikacij in rezultate primerjali med seboj. Vse vrednosti so prikazane v metrih.

Pri načrtovanju poteka poti smo težili k čim bolj raznolikemu terenu, zato smo izbrali teren, ki vsebuje naslednje (Slika 22):

- odprt horizont,
- vegetacijo in
- razgiban teren (grape, vzpone in spuste).



Slika 22: Grafični prikaz poti s segmenti (lasten prikaz)

Izbrano pot smo prekolesarili v desetih ponovitvah (deset krogov) brez ustavljanja. Za boljši sprejem signalov GPS smo ročne naprave GNSS namestili na krmilo kolesa, kot prikazuje Slika 23, mobilne telefone pa smo spravili v žep na hrbtni strani kolesarskega dresa. Vse naprave smo vključili hkrati in počakali, da so naprave pridobile zadostno število satelitov GNSS.



Slika 23: Montiranje ročnih GNSS na krmilo kolesa (lasten prikaz)

Z napravami GNSS pridobimo horizontalne razdalje, ki se zaradi nagibov terena in dodatno oteženih pogojev snemanja ne morejo ujemati z dejansko prevoženo terensko razdaljo, ki jo odmeri števec na kolesu. Za primerjavo dolžine kroga smo zato horizontalne razdalje pridobili z različnih kart in načrtov. Tako smo za izračun horizontalnih razdalj uporabili prikaz digitalnega ortofota (DOF), temeljni topografski načrt merila 1 : 5000 (TTN 5) in topografske podatke iz zbirke podatkov DTK 5. Pri izračunu teh razdalj smo si pomagali z računalniškim programom OCAD 11, v katerega smo uvozili omenjene podatke in po poteh našega kroga vlekli krivulje. Horizontalno razdaljo smo pridobili tudi za vsak segment posebej. Segmente smo po koncu združili in dobili dolžino kroga. V kolesarski števec smo vnesli parametre za obseg kolesa, kot jih navaja proizvajalec naprave. Karta DTK 5 vsebuje vektorizirane ceste in linije. Kjer del poti ni bil vektoriziran, smo ga naknadno vektorizirali s pomočjo orodij v programu OCAD 11.

Višinske vrednosti smo pridobili iz TTN 5 in modela višin ločljivosti 5 m (DMV 5). Zaradi različnih nagibov terena smo krog razdelili na sedem segmentov. Segment je bil izbran na podlagi velikosti nagiba, vzponov in spustov terena. Poševno razdaljo segmenta smo izračunali tako, da smo iz DTK 5 in TTN 5 odčitali višino začetne in končne točke segmenta. Na ta način smo lahko izračunali višinsko razliko Δh . Postopek izračuna višinske in horizontalne razdalje je bil enak za vse segmente. Horizontalno razdaljo D pa smo pridobili iz programa OCAD 11, poševno razdaljo pa po enačbi:

$$D' = \sqrt{\Delta h^2 + D^2}$$

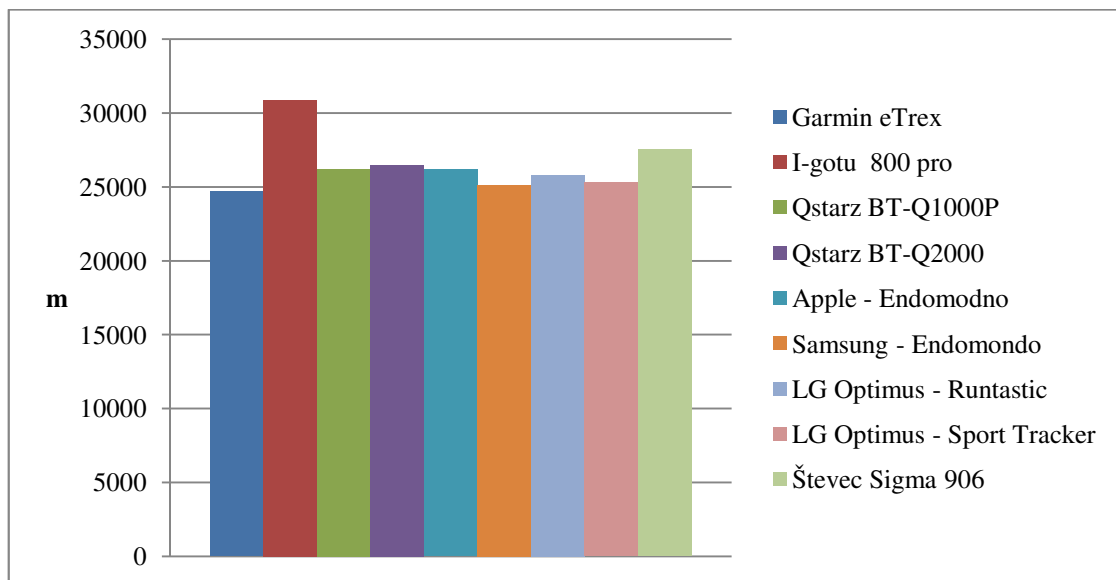
, kjer so

D' ... poševna razdalja med točkama

Δh ... višinska razlika med točkama

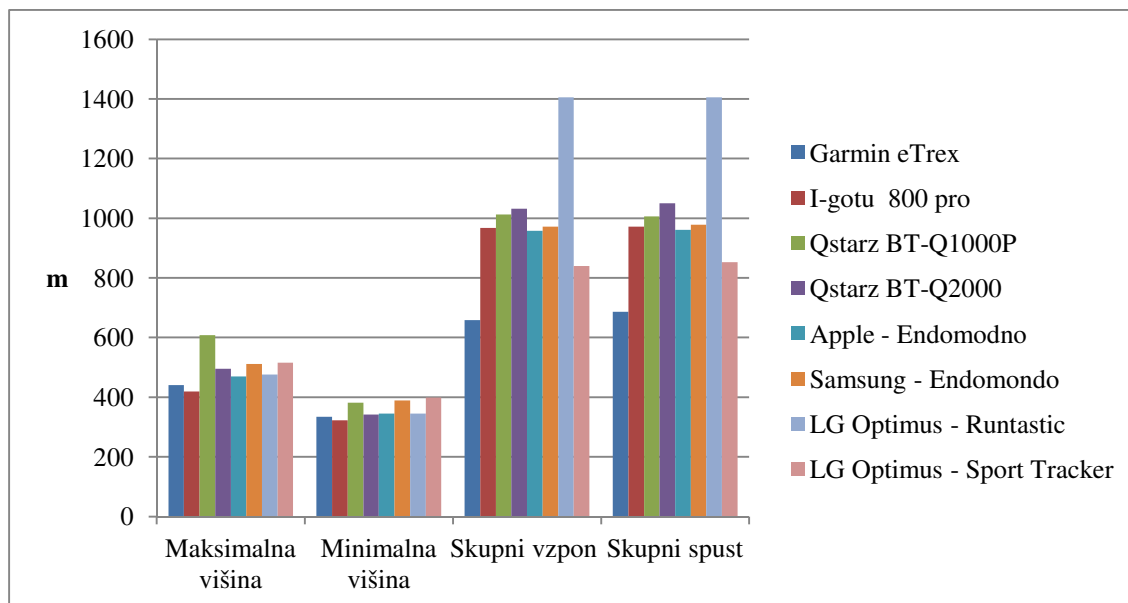
D ... horizontalna razdalja.

V prvem delu analize smo primerjali skupni izračun dolžin (grafikon 1), maksimalno in minimalno zajeto višino, skupni vzpon in skupni spust vseh naprav (grafikon 2). Te vrednosti uporabnik pridobi neposredno po koncu zajemanja. Vrednosti posameznih naprav prikazuje preglednica 7.



Grafikon 1: Skupna dolžina krogov

Komentar: Naprave GNSS beležijo horizontalne razdalje. Za merodajno vrednost skupnih dolžin smo privzeli razdaljo kolesarskega števca. V razdaljo s števcem so zabeležene vse vrednosti poševnih razdalj, »vijuganje« kolesarja po poti itd. Največjo razdaljo smo zabeležili z napravo I-gotu 800 pro. Slika 32 prikazuje grafični izris poti, kje se vidijo veliki položajni odmiki od pravega poteka poti. V tem primeru so razdalje precej daljše kot dejansko so. Najkrajšo skupno razdaljo smo pridobili z napravo Garmin eTrex Legend. Vzrok za to bi lahko bil tudi daljši interval snemanja točk.



Grafikon 2: Skupna primerjava ostalih vrednosti med napravami GNSS

Komentar: Upoštevati je potrebno, da so višine, posnete z napravami Qstarz BT – Q1000P, Samsung Galaxy S III LTE in LG Optimus 4X HD (Sport Tracker), večje vrednosti, saj te naprave prikazujejo elipsoidne višine.

Preglednica 7: Primerjava vrednosti zajetih z vsemi napravami GNSS

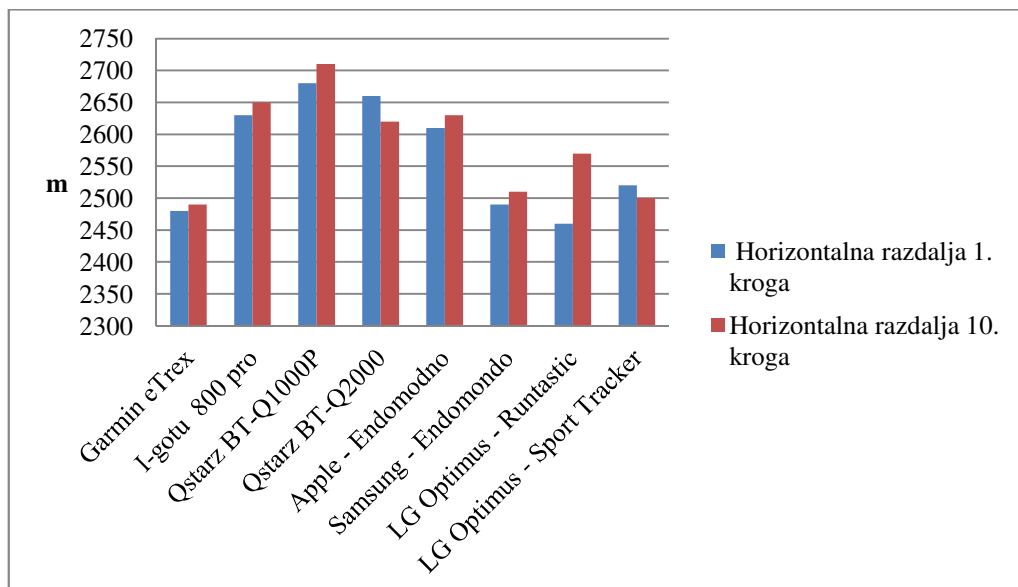
Naprave	Skupna dolžina[m]	Maksimalna višina[m]	Minimalna višina[m]	Skupni vzpon [m]	Skupni spust[m]
Garmin eTrex Legend	24 680	441	334	659	686
Qstarz Travel Recorder BT-Q1000P	26 200	608	382	1013	1006
Qstarz Explore BT-Q2000	26 500	495	342	1032	1050
I-gotu GT 800 Pro	30 910	419	323	968	972

se nadaljuje ...

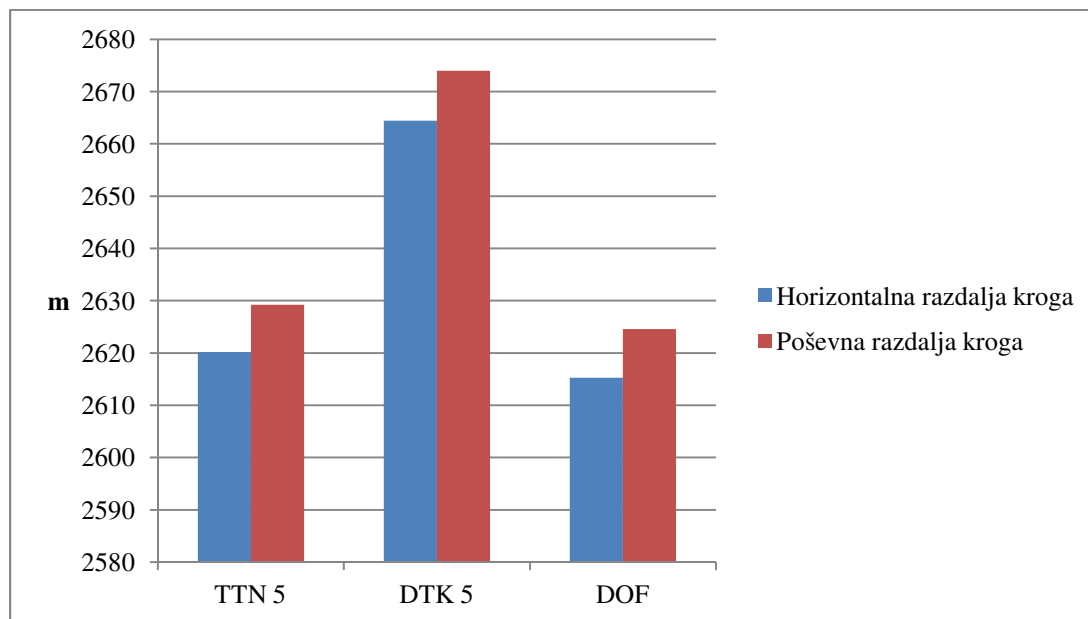
... nadaljevanje Preglednice 7

Apple iPhone 5S (Endomondo 9.0.0 za iOS)	26 190	470	345	958	961
Samsung Galaxy S III LTE (Endomondo 10.1.1 za Android)	25 140	511	389	972	978
LG Optimus 4X HD (Runtastic 5.0.3 za Android)	25 810	476	345	1405	1405
LG Optimus 4X HD(Sport Tracker 2.5.2 za Android)	25 300	516	399	840	853
Kolesarski števec SIGMA 906	27 530	ni podatka	ni podatka	ni podatka	ni podatka

V drugem delu smo analizirali dolžinske vrednosti prvega in zadnjega kroga, zajetih iz vseh naprav (grafikon 3). Pričakovali smo, da bodo vrednosti meritev prvega in zadnjega kroga zaradi inicializacije in razporeditve satelitov GPS različne.

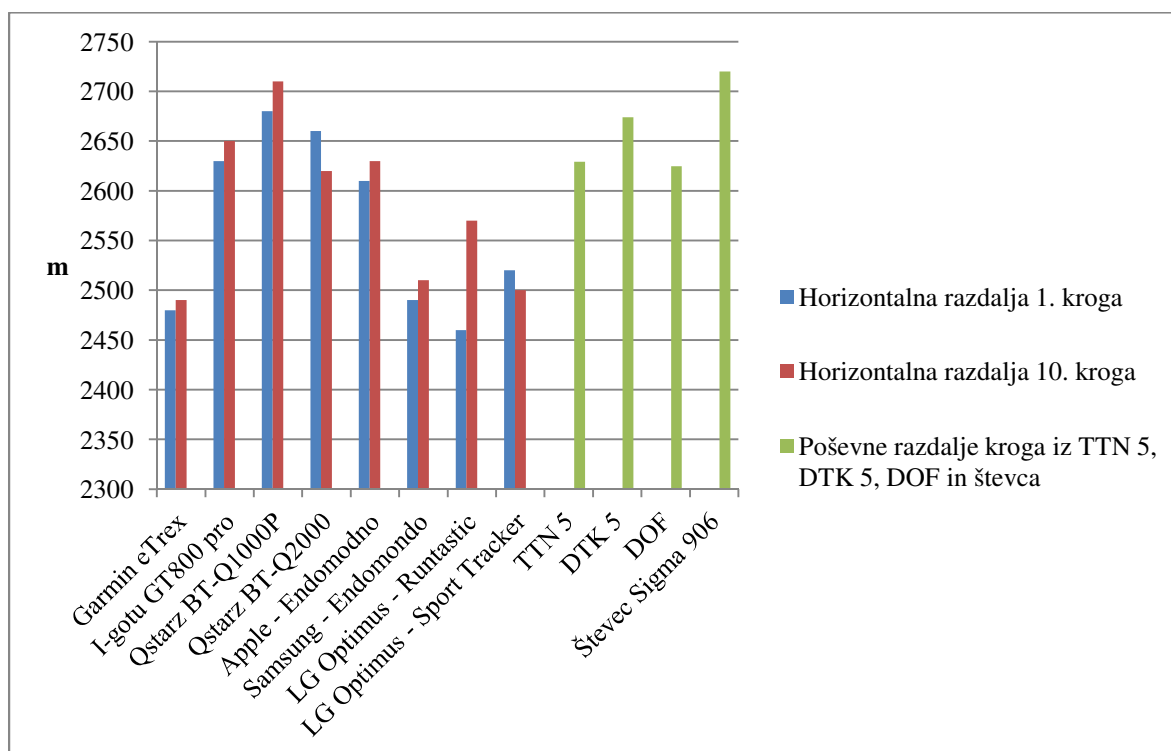


Grafikon 3: Primerjava horizontalnih razdalj prvega in desetega kroga iz naprav GNSS



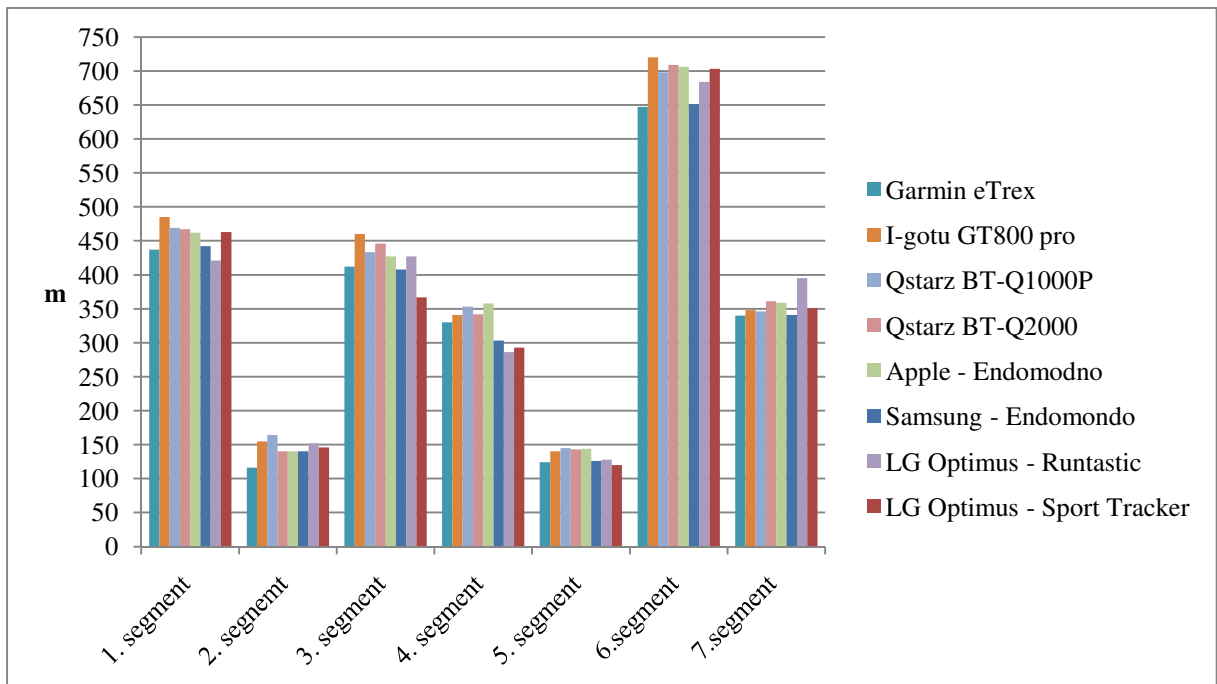
Grafikon 4: Primerjava horizontalne razdalje kroga z razdaljami, ki vsebujejo poševne vrednosti določenih iz kart in načrtov

Horizontalne razdalje prvega in desetega kroga pridobljene z napravami GNSS smo primerjali z razdaljami kroga, določenega iz TTN 5, DTK 5 in DOF, kjer smo upoštevali popravek poševnih dolžin (grafikon 5).



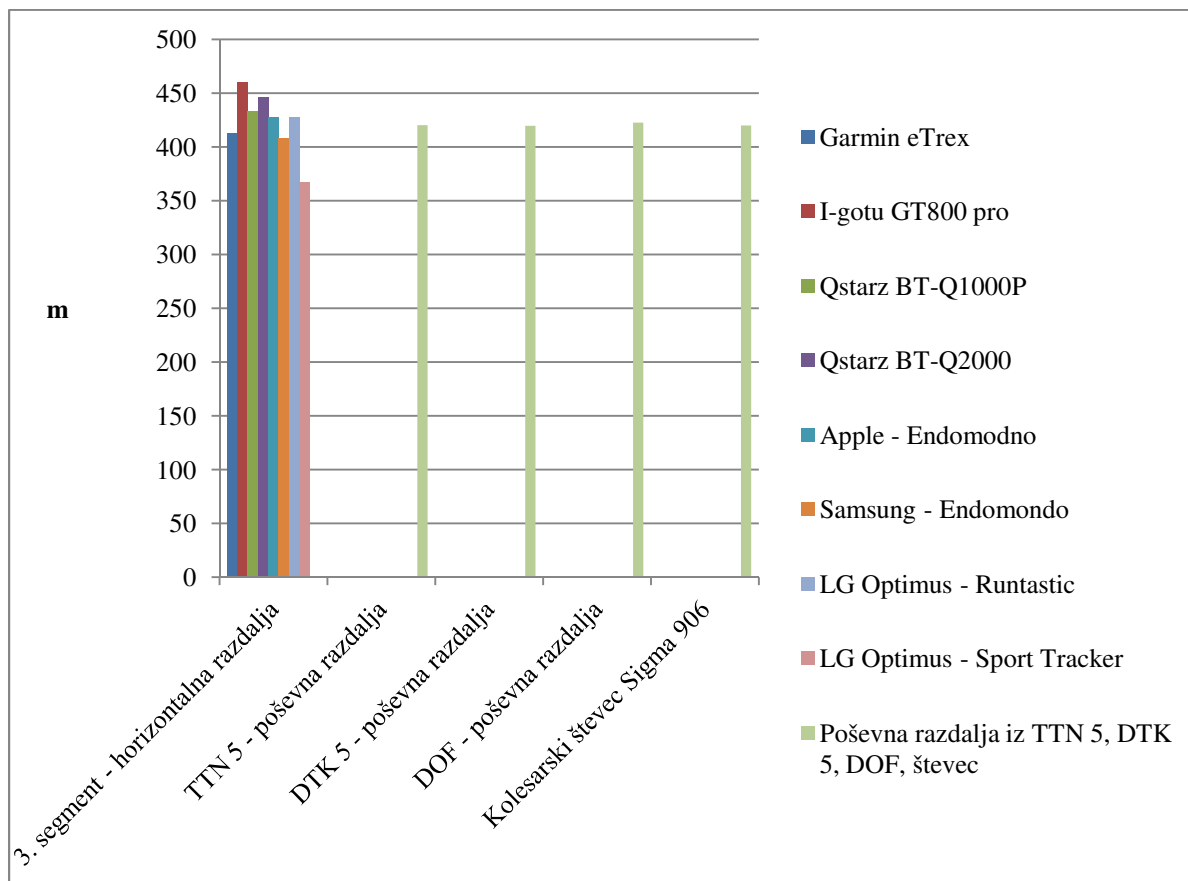
Grafikon 5: Primerjava horizontalnih razdalj s poševnimi razdaljami določenih iz kart in načrtov in števca

V tretjem delu smo se osredotočili na dolžinske vrednosti posameznega segmenta desetega kroga z vsemi napravami, kot prikazuje grafikon 6.



Grafikon 6: Horizontalne dolžine desetega kroga po segmentih

Vrednosti razdalj posameznega segmenta desetega kroga smo dobili z uvozom datotek GPX v programski paket Sports Analyzer, ki je priložen poleg naprave I-gotu GT800 pro. Razlog, da smo uporabili ta programski paket je v tem, da program vrednosti dolžin ne zaokrožuje, spletne strani aplikacij pa dolžine zaokrožujejo na vrednost desetih metrov. Primerjavo dolžinskih vrednosti prikazuje grafikon 7.

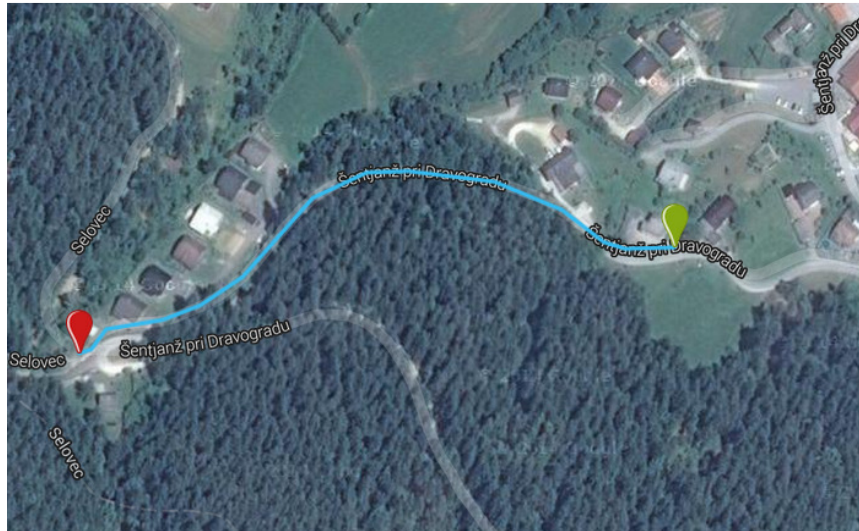


Grafikon 7: Primerjava vrednosti horizontalnih in poševnih razdalj tretjega segmenta

V zadnjem delu analize pa smo analizirali še višinske vrednosti tretjega segmenta zadnjega desetega kroga, kot prikazuje grafikon 8.

Za analizo določitve skupnih vzponov iz aplikaciji smo zadnji deseti krog razdelili na sedem segmentov glede na nagib terena.

Tretji segment kroga je prikazan na Sliki 24. Ta del poti smo izbrali, ker se teren vseskozi dviguje, je dovolj dolg, da smo pridobili zadostno število točk in pot obdaja gozd, kar vpliva na zanesljivost zajema podatkov.



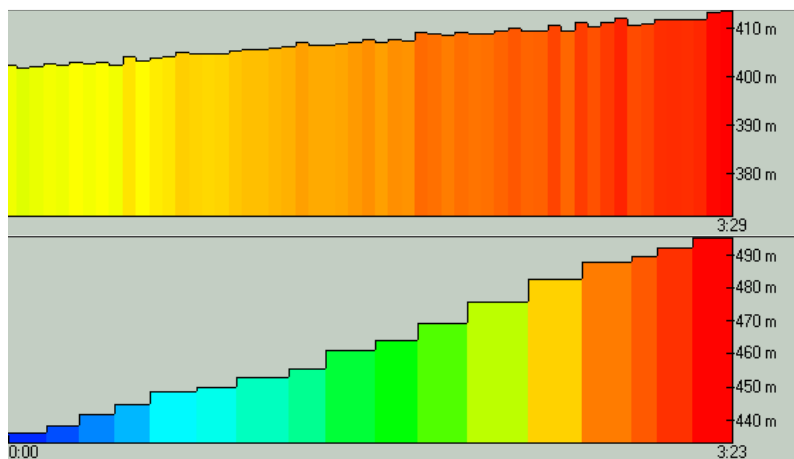
Slika 24: Tretji segment poti

6.1 Računanje vzponov

Za uporabnika je zanimiv podatek o skupnem vzponu neke poti. Dogaja se, da je prikazana vrednost vzponov iz aplikacij pogosto precej napačna od dejanskih vrednosti. V nadaljevanju pojasnjujemo to problematiko.

Oteženi pogoji, kot so vegetacija, konfiguracija terena, premikanje antene sprejemnika in ostali že omenjeni dejavniki, vplivajo na izračun tudi vertikalnih vrednosti. Za analizo vertikalnih izračunov smo izbrali teren, ki se vseskozi dviguje. Pri zajemu z napravami GNSS je bilo ugotovljeno, da je lahko vrednost višinskih razlik med dvema sosednjima točkama kljub vzpenjanju negativne vrednosti. Na ta način aplikacija beleži dodatno višinsko razliko, ki pa je dejansko ni bilo.

Pri računanju skupnih vzponov uporabljajo aplikacije različne metode izračunov. Aplikacija Runtastic pri izračunih upošteva samo pozitivne vrednosti višinskih razlik med točkami. Endomondo in Sport Tracker pa upoštevata tako pozitivne kot negativne vrednosti višinskih razlik med točkami. Pri analizi smo uporabili različno število zajetih točk. Število točk je odvisno od časovnega intervala zajema podatkov. Nekatere ročne naprave GNSS omogočajo časovni interval snemanja, aplikacije te možnosti nimajo. Na Sliki 25 je primarjava profilov terena, zajetega z napravo GNSS I-gotu GT 800 pro (zgornji profil) z 1-sekundnim intervalom, kjer se vidi nenehno nihanje višin, in pametnim mobilnim telefonom Samsung Galaxy SIII LTE z aplikacijo Endomondo, kjer je profil izrisan v »stopničasti« obliki. Aplikacija ne uporablja 1-sekundnega zajema podatkov. Točke pa so zajete v različnih časovnih intervalih (spodnji profil), zato so višinske razlike med točkami večje.



Slika 25: Izris terena z različnimi intervali zajema

Komentar: Nenehno nihanje višinskih vrednosti med sosednjimi točkami povečuje tudi končno vrednost skupnih vzponov. Zato so vrednosti vzponov pogosto nepravilne. Primer nepravilnega višinskega odstopanja prikazuje grafikon 8.

Iz TTN 5 in DMV 5 smo odčitali, da je višinska razlika med začetno in končno točko tretjega segmenta 43 m. Teren se vseskozi dviguje. V tem primeru je šlo za 43 m vzpona. Za nadaljno analizo smo to vrednost prevzeli kot referenčno.

Iz datotek GPX smo za tretji segment izločili vse attribute, razen atributa, ki podaja višinsko vrednost posamezne točke. Višinsko razliko med dvema sosednjima točkama smo izračunali s pomočjo programa Excel po enačbi:

$$\Delta h_{T_n}^{T_{n+1}} = h_{T_{n+1}} - h_{T_n}$$

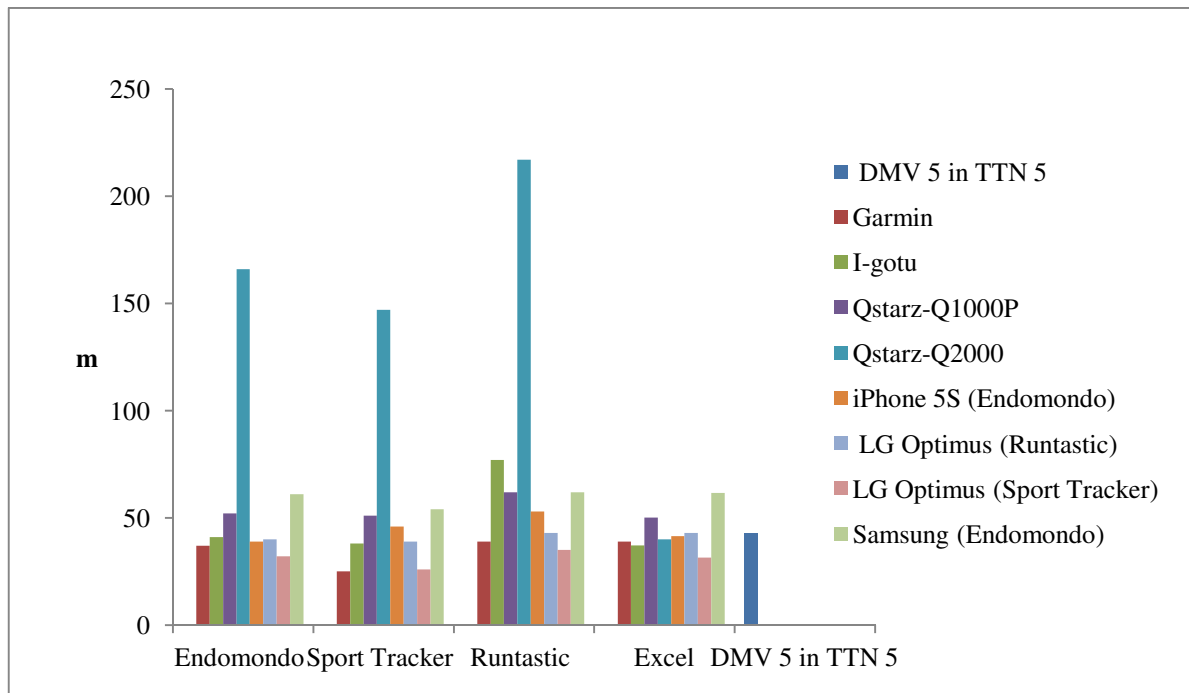
, kjer sta:

h_{T_n} ... višinska vrednost n – te točke

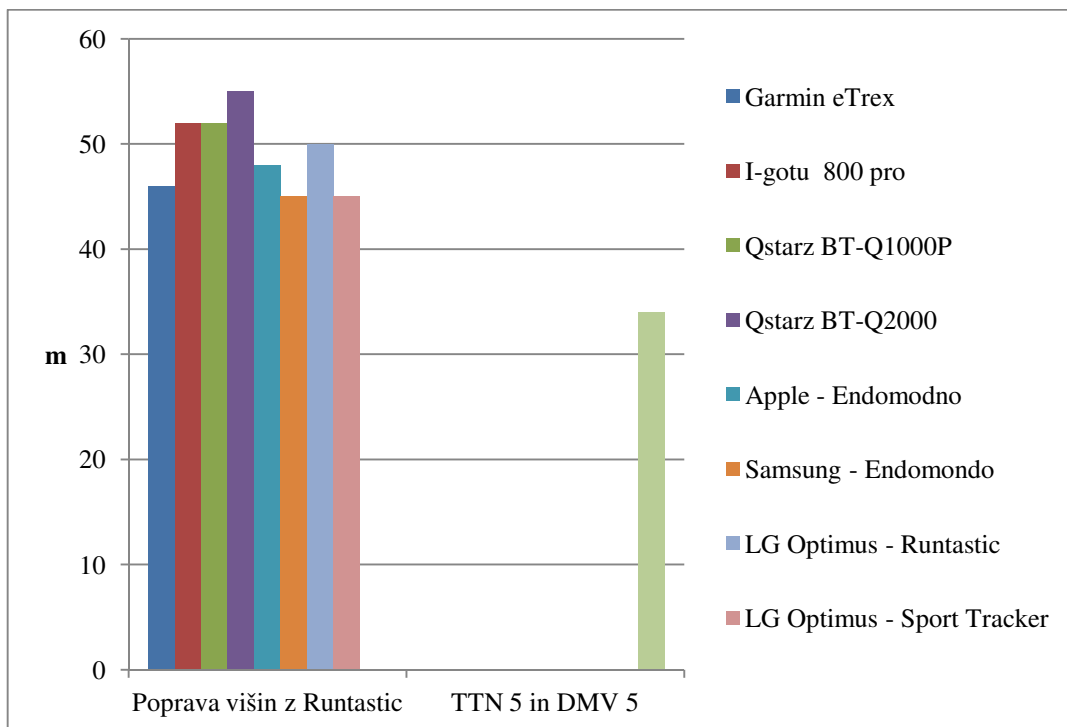
$h_{T_{n+1}}$... višinska vrednost n – te točke povečano za ena.

Na koncu smo sešteli vse vrednosti višinskih razlik med sosednjimi točkami. Upoštevali smo tako negativne kot pozitivne vrednosti višinskih razlik med točkami, oziroma smo izločili tudi negativne vrednosti višinskih razlik. Na ta način smo ugotovili, po kakšni metodi aplikacije računajo vzpone. Vrednosti vzponov iz aplikacij smo dobili tako, da smo datoteko GPX obravnavanega segmenta uvozili na spletne strani aplikacij Endomondo, Runtastic in Sport Tracker.

Grafikon 8 prikazuje vrednosti višinskih vzponov pridobljenih iz spletnih strani aplikacij in višinskih vzponov, določenih iz DMV 5 in TTN 5.

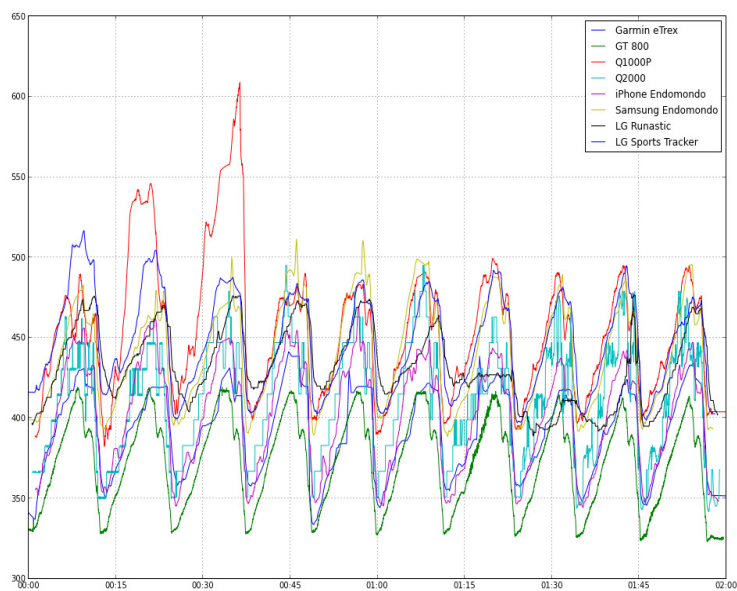


Grafikon 8: Primerjava izračunov skupnega vzpona tretjega segmenta desetega kroga



Grafikon 9: Nove vrednosti vzponov aplikacije Runtastic

Komentar: Spletna stran aplikacije Runtastic ponuja možnost »poprave višinskih vrednosti.« Sklepamo, da aplikacija določi novo vrednost skupnih vzponov na podlagi interpoliranja višin. S to funkcijo smo zmanjšali vrednost skupnega vzpona zajetega z napravo Qstarz - Q2000 iz prvotnih 217 m na 55 m.

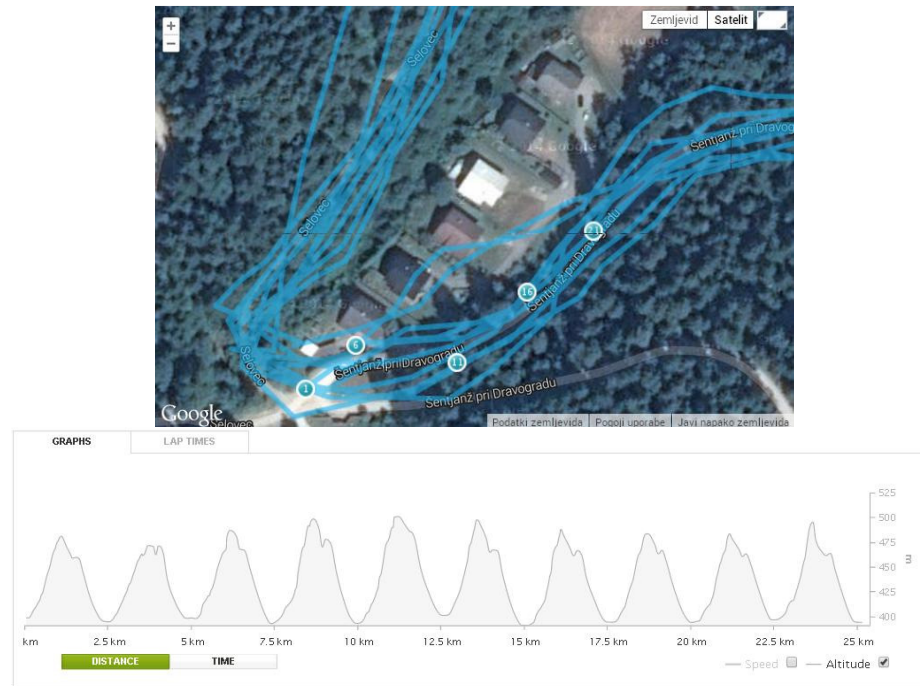


Slika 26: Profil terena desetih krogov z vsemi napravami GNSS

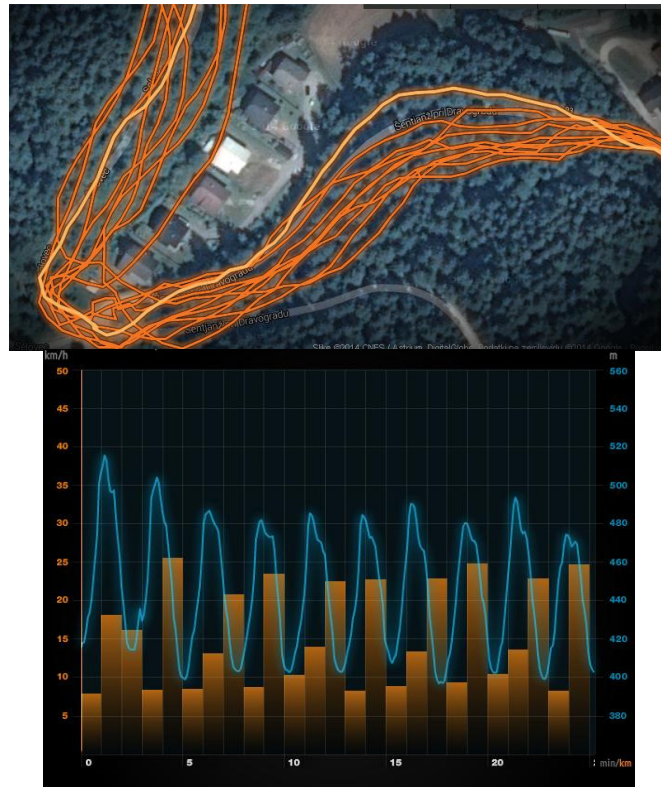
V nadaljevanju smo dodali položajni in višinski izris prevožene trase.



Slika 27: Grafični prikaz poti aplikacije Endomondo na mobilnem telefonu Apple iPhone 5S (lasten prikaz)



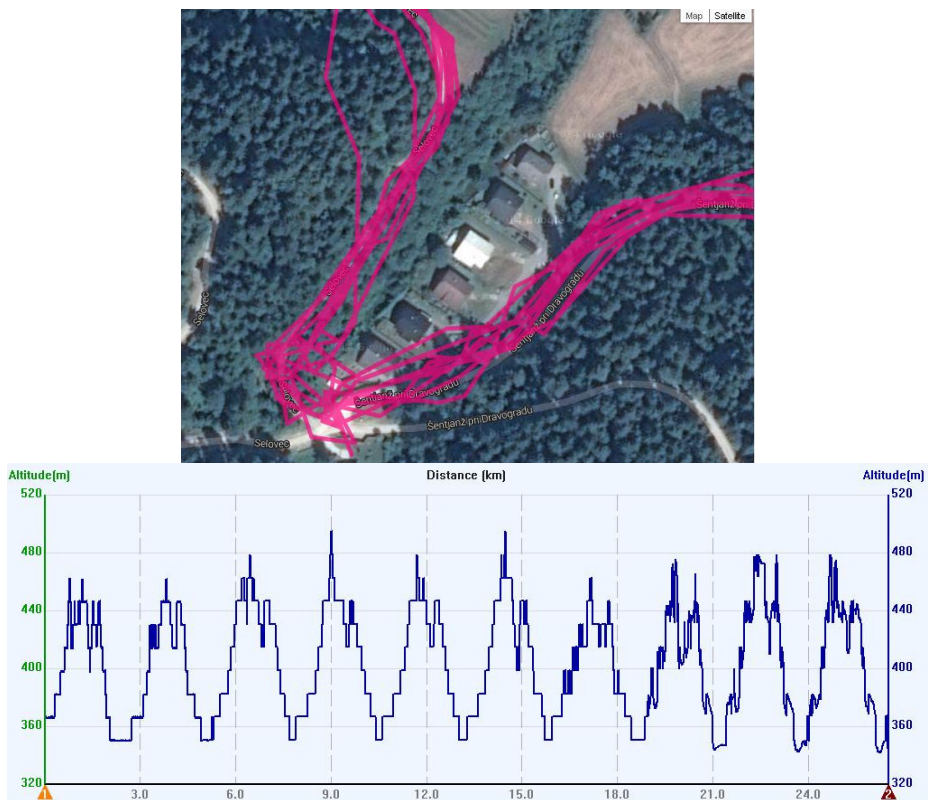
Slika 28: Grafični prikaz poti aplikacije Endomondo na mobilnem telefonu Samsung Galaxy S III LTE
(lasten prikaz)



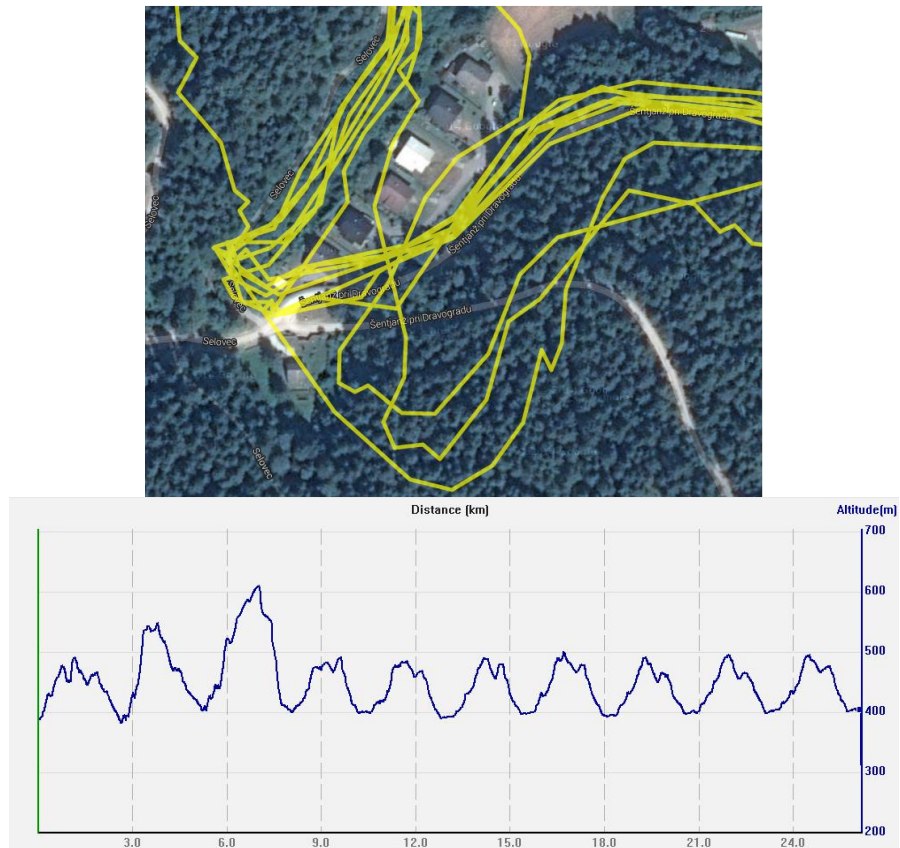
Slika 29: Grafični prikaz poti aplikacije Sport Tracker na mobilnem telefonu LG Optimus 4X HD
(lasten prikaz)



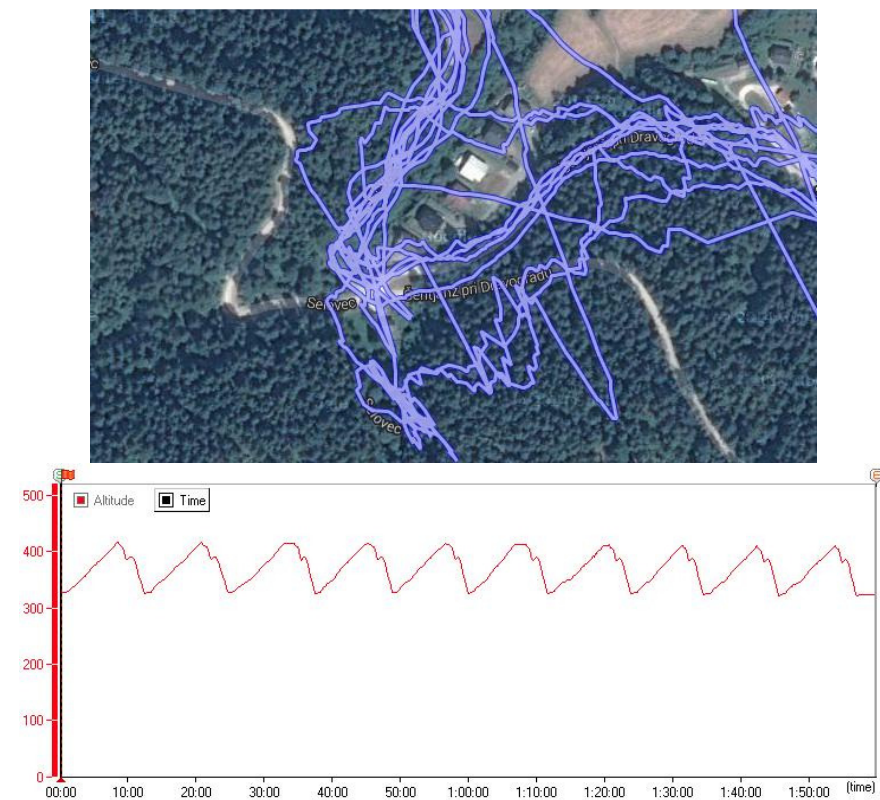
Slika 30: Grafični prikaz poti aplikacije Runtastic na mobilnem telefonu LG Optimus 4X HD (lasten prikaz)



Slika 31: Grafični prikaz poti z ročnim sprejemnikom GNSS Qstarz BT-Q2000 (lasten prikaz)



Slika 32: Grafični prikaz poti z ročnim sprejemnikom GNSS Qstarz BT-Q1000P (lasten prikaz)



Slika 33: Grafični prikaz poti z ročnim sprejemnikom GNSS I-gotu GT 800 Pro (lasten prikaz)



Slika 34: Grafični prikaz poti z ročnim sprejemnikom GNSS Garmin eTrex Legend (lasten prikaz)

7 UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK

Z analizo smo ugotovili, da bi lahko za najbolj merodajno razdaljo vseh krogov upoštevali vrednost dolžine, pridobljene s kolesarskim števcem, saj le ta beleži poševne razdalje, vijuganje kolesarja po poti, na števec pa ne vplivajo dejavniki iz okolja (npr.vegetacija itd). Za pravi izračun razdalje s kolesarskim števcem moramo upoštevati še pravilno nastavljen obseg kolesa, ki je odvisen od dimenzij pnevmatike.

Na prvih treh mestih v preglednici 7 po skupnih horizontalnih dolžinah najdemo ročne GNSS sprejemnike, ki so imeli krajši interval zajemanja podatkov. Precej odstopa vrednost dolžine, zajete z napravo I-gotu GT 800 Pro, ki presega tudi skupno dolžino izmerjeno s kolesarskim števcem. Po rezultatih sodeč ima naprava I-gotu GT 800 Pro precejšnje težave zajemanja podatkov pri oteženih okoliščinah. Upoštevati pa je potrebno tudi 1-sekundni interval zajema podatkov. Prednost nekaterih ročnih GNSS sprejemnikov je v tem, da lahko določamo časovni interval zajema podatkov. Pri Garmin eTrex Legend smo nastavili normalno vrednost zajemanja podatkov. V tem primeru naprava zajame podatke na nekaj sekund, kar lahko povzroči krajše razdalje od dejanskih. Iz tega sklepamo, da je zato Garmin eTrex Legend zajel skupno najkrajšo razdaljo. Tudi pri mobilnih aplikacijah je stvar podobna. Slabost le teh je, da ni možno nastaviti časovnega intervala zajemanja podatkov in da so natančnosti zajemov odvisne od GNSS sprejemnika vgrajenega v mobilnih telefonih in ne od aplikacij.

Več pomislekov imamo pri računanju vzponov. V diplomski nalogi smo pojasnili, da če se teren dviguje ni nujno, da bo naslednja točka imela večjo višinsko vrednost kot predhodnja. Zaradi nenehnega nihanja višinskih vrednosti med točkami nastanejo dodatni vzponi. Razlogi so tudi v oteženih pogojih zajema podatkov. Na končni izračun vrednosti skupnih vzponov vpliva tudi način računanja posamezne aplikacije. Tako sta Sport Tracker in Endomondo aplikaciji, ki pri računanju upoštevata tudi negativne vrednosti višin med sosednjima točkama, aplikacija Runtastic pa tega ne upošteva, zato so lahko skupno pridobljeni vzponi pogosto nepravilne vrednosti.

Odsek poti desetega kroga, ki smo ga podrobneje analizirali v diplomski nalogi, se nahaja na bolj oteženem območju. Iz tega razloga je položajna natančnost slabša ter jo ocenjujemo na slabšo od 10 metrov. Pri nekaterih vmesnih ponovitvah je bila položajna natančnost še bistveno slabša (več 10 metrov).

V normalnih pogojih so vse naprave GNSS imele boljšo položajno natančnost in posledično lepši grafični izris poti. Da smo ocenili približno odstopanje višin v absolutnem smislu, smo vrednosti višin, zajetih z napravami GNSS, primerjali z vrednostnimi višinami iz DMV 5. Na podlagi tega ocenjujemo, da je povprečno vertikalno odstopanje 13 metrov.

S kolesarskim števcem Sigma 906 je bila izmerjena poševna razdalja v skupni dolžini 27530 metrov, kar pa v primerjavi z najdaljšo horizontalno razdaljo (30910 metrov, izmerjeno z I-gotu GT800 pro) pomeni 10,93 % odstopanje in v primerjavi z najkrajšo horizontalno razdaljo (24680 metrov, izmerjeno z Garmin eTrex Legend) predstavlja 10,35 % odstopanje. Med mobilnimi aplikacijami smo najdaljšo dolžino pridobili s pametnim mobilnim telefonom Apple iPhone 5S, z nameščeno aplikacijo Endomondo, in sicer 4,87 % odstopanje v skupni dolžini, največje dolžinsko odstopanje pa je zabeležil pametni mobilni telefon Samsung Galaxy SIII LTE, tudi z nameščeno aplikacijo Endomondo, z 8,68 % odstopanjem.

Ob zaključku smo ugotovili, da se obravnavane mobilne aplikacije za spremljanje treniranja športnikov v osnovi med seboj bistveno ne razlikujejo. Omogočajo zajem tistih podatkov, ki uporabnika najbolj zanimajo, imajo podoben način delovanja in omogočajo enostavno in hitro namestitvev. Z rezultati, ki so bili zajeti s pomočjo aplikacij, bi lahko bili delno zadovoljni v ugodnih pogojih, manj pa v oteženih pogojih okolja, kjer pogosto pride do velikih položajnih in višinskih odstopanj od pravih vrednosti.

VIRI

Amazon, 2014. SiRF-Star III high sensitivity GPS receiver positioning module Truck GPS Tracking.
<http://www.amazon.com/SiRF-Star-sensitivity-receiver-positioning-Tracking/dp/B00EWL8KR8> -

(Pridobljeno 23. 04. 2014.)

Android (operacijski sistem). [http://sl.wikipedia.org/wiki/Android_\(operacijski_sistem\)](http://sl.wikipedia.org/wiki/Android_(operacijski_sistem)) - (Pridobljeno 25. 02. 2014.)

Android version history. http://en.wikipedia.org/wiki/Android_version_history - (Pridobljeno 25. 02. 2014.)

Android. 2014.

<http://web.sc-celje.si/tomi/seminarske2012/Skupina6/OperacijskiSistemi.html> - (Pridobljeno 26. 02. 2014.)

Assisted GPS. 2014. http://en.wikipedia.org/wiki/Assisted_GPS - (Pridobljeno 20. 04. 2014.)

Canada GPS. 2014. GPS/GLONASS Chipset.

http://www.canadagps.com/KB_04.html - (Pridobljeno 23. 04. 2014.)

Connect, 2014. Google Android, Apple iOS ali Microsoft Windows Phone - izberite mobilni operacijski sistem, ki vam najbolj ustreza.

<http://www.connect.si/mobilniki/nasveti-2/google-android-apple-ios-microsoft-windows-phone/> -

(Pridobljeno 26. 02. 2014.)

CRS. 2014. CSR Debuts First SiRFstarV Chip Optimised for Mobile Devices – Selected by LG Electronics for New Flagship Smartphone.

<http://www.csr.com/news/pr/release/728/en> - (Pridobljeno 23. 04. 2014.)

CRS. 2014.

<http://www.csr.com/news/pr/release/728/en> - (Pridobljeno 22. 04. 2014.)

EGNNO,WASS,MSAS. 2014.

<http://www.lowrance.cn/en/Support/Library/What-are-EGNOS-WAAS-and-MSAS/> - (Pridobljeno 24. 04. 2014.)

Endomondo. 2014.

<http://blog.endomondo.com/about/> - (Pridobljeno 13.03.2014.)

Endomondo. 2014.

<http://www.endomondo.com/help> - (Pridobljeno, 12. 03. 2014.)

European Geostationary Navigation Overlay Service. 2014.

http://en.wikipedia.org/wiki/European_Geostationary_Navigation_Overlay_Service - (Pridobljeno 20. 04. 2014.)

European Space Agency. 2014. MSAS Ground Segment.

http://www.navipedia.net/index.php/MSAS_Ground_Segment - (Pridobljeno 20. 04. 2014.)

Peterca, M., Radovan, D., Rojc, B. 2001. Matematična kartografija: kartografske projekcije. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: Geodetski inštitut Slovenije: p.4-6, 12-14.

Petrovič D. 2014. Mentorstvo za diplomsko delo. Osebna komunikacija.

Garmin 2014. What is WAAS?

<http://www8.garmin.com/aboutGPS/waas.html> - (Pridobljeno 24. 04. 2014.)

Garmin Etrex Legend. 2014.

<http://www.cnet.com/products/garmin-etrex-legend-blue/specs/> - (Pridobljeno 23. 04. 2014.)

Garmin. 2014. Garmin Etrex Legend.

http://www.garmin.si/view_product.php?product=010-00256-01 - (Pridobljeno 23. 04. 2014.)

Geo servis, 2014. Globalni navigacijski satelitski sistemi.

<http://www.gnss.si/kako-deluje/globalni-navigacijski-satelitski-sistemi> - (Pridobljeno 21. 04. 2014.)

Geo servis, 2014. GNSS.

<http://www.gnss.si/> - (Pridobljeno 21. 04. 2014.)

Geo servis, 2014. Slovar.

<http://www.gnss.si/kako-deluje/slovar> - (Pridobljeno 27. 04. 2014.)

Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS). 2014. Prosto prostorski portal, višinski državni koordinatni sistem.

http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/drzavni_koordinatni_sistem/visinski_drzavni_koordinatni_sistem/#jfmulticontent_c333-1 - (Pridobljeno 01. 05. 2014.)

Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS). 2014. Prosto prostorski portal, geodetska izmera.

http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/GEODETSKA_IZMERA.pdf - (Pridobljeno 01. 03. 2014.)

Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS). 2014. Prosto prostorski portal, razvoj DGS 2007.

http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2007/Razvoj_DGS_2007-koncno_porocilo.pdf - (Pridobljeno 17. 06. 2014.)

Golež, B. 2006. Možnosti zajema in prikaza kolesarskih poti. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba B. Golež): 17 f.

Google Play, 2014. Runtastic.

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runtastic.android> - (Pridobljeno 14. 03. 2014)

Google Play. 2014. Endomondo.

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.endomondo.android> - (Pridobljeno 13. 03. 2014.)

Google Play. 2014.

<https://play.google.com/store> - (Pridobljeno 13. 03. 2014.)

Google Play. 2014. Sport Tracker.

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.stt.android> - (Pridobljeno 13. 03. 2014.)

GPS Business News, 2014. CSR SiRF StarV Powers LG Optimus 4X HD.

http://www.gpsbusinessnews.com/CSR-SiRF-StarV-Powers-LG-Optimus-4X-HD_a3797.html -

(Pridobljeno 23. 04. 2014.)

Gričnik, R. 2012. Spletna predstavitev muzejev občine Zreče v okolju Google Zemlja Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba R. Gričnik): 5 f.

IBM Simon. 2014.

http://en.wikipedia.org/wiki/IBM_Simon - (Pridobljeno 22. 02. 2014.)

Ifixit, 2014. Iphone 5s Teardown.

<http://www.ifixit.com/Teardown/iPhone+5s+Teardown/17383> - (Pridobljeno 23. 04. 2014.)

I-gotU GT-800. 2014.

http://www.bobatkins.com/photography/digital/i-gotU_GT-800_gps_data_logger.html - (Pridobljeno 23. 04. 2014.)

IMB. 2014.

<http://sl.wikipedia.org/wiki/IBM> (Pridobljeno 06. 05. 2014.)

IOS.2014.

<http://sl.wikipedia.org/wiki/IOS> - (Pridobljeno 25. 02. 2014.)

IZUM. 2014. XML – nov jezik na svetovnem spletu.

http://home.izum.si/cobiss/cobiss_obvestila/1999_2/html/clanek_01.html - (Pridobljeno 22. 04. 2014.)

Keyhole Markup Languag. 2014.

http://en.wikipedia.org/wiki/Keyhole_Markup_Language - (Pridobljeno 20. 03. 2014.)

KML. 2014.

<https://support.google.com/earth/answer/148118?hl=sl> - (Pridobljeno 19. 03. 2014.)

Koler – Povh T., Turk G. 2011. Navodila za oblikovanje visokošolskih del na FGG in navajanje virov.

<http://www3.fgg.uni-lj.si/> - (Pridobljeno 12. 01. 2014.)

Koler, B., Medved, K., Kuhar, M. 2007. Uvajanje sodobnega višinskega sistema v Sloveniji.

http://www.geodetski-vestnik.com/51/4/gv51-4_777-792.pdf - (Pridobljeno 09. 07. 2014.)

Kozmus Trajkovski, K. 2014. Izposojeni GPS sprejemniki. Osebna komunikacija.

Kozmus, K., Stopar, B. 2003. Načini določanja položaja s satelitskimi tehnikami.

http://geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4_404-413.pdf - (Pridobljeno 20. 04. 2014.)

Kuhar, M., Berk, S., Koler, B., Medved, K., Omang, O., Solheim, D. 2011. Vloga kakovostnega višinskega sistema in geoida za izvedbo GNSS – višinomerstva.

http://www.geodetski-vestnik.com/55/2/gv55-2_226-234.pdf - (Pridobljeno 09. 07. 2014.)

Kuhar, M., Okorn, M., Stopar, B. 2010. Določitev odklonov navpičnic iz geoidnih višin.

http://www.geodetski-vestnik.com/54/4/gv54-4_595-605.pdf - (Pridobljeno 11. 07. 2014.)

Kuhar, M., Prešeren, P. 2000. Evropski in globalni model geoida na območju Slovenije.

<http://www.geodetski-vestnik.com/44/gv44-3.pdf> - (Pridobljeno 10. 07. 2014.)

Mobile application software. 2014.

http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_app - (Pridobljeno 22. 02. 2014.)

Mobile.si. 2014. Vse o Symbian operacijskem sistemu.

<http://www.mobile.si/articles/vse-o-symbian-operacijskem-siste.html> - (Pridobljeno 26. 02. 2014.) -

Objavil: Mitja Zupančič

MSAS. 2014.

<http://www.oosa.unvienna.org/pdf/icg/2008/icg3/08-1.pdf> - (Pridobljeno 20. 04. 2014.)

Oštir, K. 2006. Daljinsko zaznavanje. Ljubljana, Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU: 109 str.

Pametni telefon. 2014.

http://sl.wikipedia.org/wiki/Pametni_telefon - (Pridobljeno 22. 02. 2014.)

Pasarić, D. 2013. Izdelava napredne spletne karte za gorsko kolesarjenje. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Pasarić): 11, 16–17 f.

Pojem DGPS. 2010.

http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/Javni_objave_pozivi/POZIV_distribucija_SIG_NAL1.pdf - (Pridobljeno 07. 07. 2014.)

Runtastic. 2014.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Runtastic> - (Pridobljeno 31. 03. 2014.)

Sport Tracker. 2014.

<http://www.sports-tracker.com/blog/about/> - (Pridobljeno 01. 04. 2014.)

Sports Tracker. 2014. Wikipedia, the free encyclopedia.

http://en.wikipedia.org/wiki/Sports_Tracker - (Pridobljeno 01. 04. 2014.)

Stopar, B. 2008. Višja geodezija I, študijsko gradivo. Ljubljana. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, oddelek za geodezijo: 5 f.

Stopar, B., Pavlovčič – Prešeren P., Kozmus, K., 2008. GPS v geodeziji, študijsko gradivo. Ljubljana. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, oddelek za geodezijo.

Strava. 2014. Bad-GPS Data.

<https://strava.zendesk.com/entries/22645314-Bad-GPS-Data-What-Why-How> - (Pridobljeno 01. 04. 2014.)

Svet idej. 2014. Tržni deleži (Q4 2012): Android, iOS, Windows Phone.

<http://www.mobilna-telefonija.com/mobilni-informator/423-trzni-delezi-os.html> - (Pridobljeno 26. 02. 2014.)

Šumrada, R. 2005. Tehnologija GIS. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 217–218 str.

TCX. 2014. Training Center Database XML by Garmin.

<http://developer.garmin.com/schemas/tcx/v1/> - (Pridobljeno 19. 03. 2014.)

Telekom Slovenije, 2014. Delež uporabnikov pametnih telefonov pri nas vztrajno raste predvsem na račun Androida.

<http://tehnik.telekom.si/novice/delez-uporabnikov-pametnih-telefonov-pri-nas-vztrajno-raste-predvsem-na-racun-androida> - (Pridobljeno 21. 02. 2014.)

Telekom Slovenije, 2014. Pametni telefoni vse bolj razširjeni tudi v Sloveniji.

<http://tehnik.telekom.si/pametni-telefoni-vse-bolj-razsirjeni/> - (Pridobljeno 21. 02. 2014.)

Topografix, 2014. GPX for Developers.

http://www.topografix.com/gpx_for_developers.asp - (Pridobljeno 19. 03. 2014.)

Training Center XML. 2014.

http://en.wikipedia.org/wiki/Training_Center_XML - (Pridobljeno 23. 03. 2014.)

Twing Com. 2014.

http://en.wikipedia.org/wiki/Twig_Com - (Pridobljeno 22. 02. 2014.)

Wide Area Augmentation System. 2014.

<http://en.wikipedia.org/wiki/WAAS> - (Pridobljeno 20. 04. 2014.)

Wi-Fi. 2014.

http://www.sio.si/no_cache/sio/terminologija/kratice_in_okrajsave_snbppodrocjanbspizobrazevanja/ezultati_iskanja/?view=kratica&uid=1575 - (Pridobljeno 06. 05. 2014.)

Windows Phone. 2014.

http://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Phone - (Pridobljeno 26. 02. 2014.)

XML.2014.

<http://sl.wikipedia.org/wiki/XML> - (Pridobljeno 22. 04. 2014.)