

UNIVERZITET U BEOGRADU
SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Andreja SAMČOVIĆ

GEOGRAFSKI INFORMACIONI SISTEMI

II dopunjeno i izmenjeno izdanje

BEOGRAD
2022.

Dr Andreja Samčović
GEOGRAFSKI INFORMACIONI SISTEMI
II izmenjeno i dopunjeno izdanje

Recenzenti: dr Irini Reljin
dr Verka Jovanović

Za izdavača: dekan, dr Nebojša Bojović

Glavni i odgovorni urednik: dr Marijana Petrović

Tehnički urednik: Gordana Marjanović

Korice: Predrag S. Zdravković

Izdavač: Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet,
Vojvode Stepe 305; telefon: 3976–017;
fax: 3096–704; <http://www.sf.bg.ac.rs>

Priprema: Izdavačka delatnost Saobraćajnog fakulteta
telefon: 3091–344; e-mail: izdavacka_delatnost@sf.bg.ac.rs

Štampa: Pekograf d.o.o., 11080 Zemun, Vojni put 258/d
telefon/fax: 3149–166; e-mail: pekograf@sbb.rs
<http://www.pekograf.com>

Tiraž: 100 primeraka

ISBN 978-86-7395-451-6

Na osnovu odluke Uređivačkog odbora Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu broj 82/2 od 25. januara 2022. godine, odobrava se za upotrebu u nastavi kao osnovni udžbenik za predmet "Geografski informacioni sistemi" na osnovnim studijama.

CIP – КАТАЛОГИЗАЦИЈА У ПУБЛИКАЦИЈИ
Народна библиотека Србије, Београд

007:528.9]:004(075.8)

007:912]:004(075.8)

САМЧОВИЋ, Андреја, 1963-

Geografski informacioni sistemi / Andreja Samčović. - 2. dopunjeno i izmenjeno izd. - Beograd : Univerzitet, Saobraćajni fakultet, 2022 (Zemun : Pekograf). - 253 str. : ilustr. ; 25 cm

Autorova slika. - Tiraž 100. - Beleška o autoru: str. [255]. - Rečnik pojmova: str. 245-253. - Bibliografija: str. 239-244.

ISBN 978-86-7395-451-6

a) Географски информациони системи

COBISS.SR-ID 59449097

SADRŽAJ

SPISAK SKRAĆENICA	7
PREDGOVOR.....	9
PREDGOVOR IZMENJENOM I DOPUNJENOM IZDANJU	13
1. UVOD.....	15
1.1. Definicije GIS-a i osnovni pojmovi.....	19
1.2. Osnovne komponente GIS-a.....	22
1.3. GIS terminologija	25
1.4. Georeferenciranje slike.....	26
2. VIZUELIZACIJA GEOPROSTORNIH PODATAKA	29
2.1. Karte i tipovi karata	31
2.2. Modeli Zemlje	35
2.3. Koordinatni sistemi	38
2.4. Projekcije karata	42
2.5. Razmera karte i rezolucija	45
3. WEB GIS.....	49
3.1. Veb servis za karte (WMS)	52
3.2. Primeri veb servisa za karte.....	53
3.3. Veb servis za prekrivanje (WCS).....	58
3.4. WFS servis	59
3.5. Veb servis za procesiranje (WPS)	59
3.6. Drugi veb servisi.....	60
4. GIS APLIKACIJE	63
4.1. Desktop GIS	63
4.2. Primeri desktop GIS aplikacija.....	66
4.3. Granični GIS servisi	69

4.4.	Servisi slični GIS-u	70
4.5.	Funkcionalnosti i izbor GIS aplikacije	71
5.	MOBILNI GIS	75
5.1.	Osnovni pojmovi o mobilnom GIS-u	76
5.2.	Ključne komponente i karakteristike mobilnog GIS-a	78
5.3.	Arhitektura mobilnog GIS-a	80
5.4.	Mobilni GIS i lokacijski servisi	82
5.5.	Tehnologije pozicioniranja u otvorenom prostoru	84
5.5.1.	Tehnologije pozicioniranja zasnovane na mobilnoj mreži	85
5.5.2.	Wi-Fi metoda pozicioniranja	89
5.6.	Tehnologije pozicioniranja u zatvorenom prostoru	89
5.6.1.	Radio-frekvencijska identifikacija	91
5.6.2.	Bluetooth tehnologija	92
5.6.3.	Bežične lokalne mreže	93
5.6.4.	UWB tehnologija	94
5.7.	Mobilne baze podataka	95
5.8.	Razvoj mobilne GIS aplikacije	96
5.9.	Primeri mobilnih GIS aplikacija	98
6.	GEOPROSTORNI PODACI I INFORMACIJE	103
6.1.	Pojmovi podatak i informacija	103
6.2.	Geografski podaci	104
6.3.	Tabelarni podaci (atributi)	107
6.4.	Geometrijski podaci	108
6.5.	Metapodaci	111
7.	GEOGRAFSKI INFORMACIONI MODELI	113
7.1.	Slojeviti model GIS-a	114
7.2.	Veličina karte	116
7.3.	Rasterski model podataka	117
7.4.	Vektorski model podataka	122
7.5.	Špageti model podataka	124
7.6.	Topološki model podataka	125
7.7.	Rasterski vs. vektorski model	130
7.8.	TIN struktura vektorskog fajla	132
7.9.	Vektorski formati fajlova geoprostornih podataka	133
7.10.	Rasterski formati fajlova geoprostornih podataka	134
8.	IZVORI PODATAKA	137
8.1.	Daljinska detekcija	138

8.2.	Satelitske slike	140
8.3.	Rezolucija satelitskih slika	142
8.4.	Slike snimljene pomoću radara i LiDAR-a	145
8.5.	Aero-fotografija.....	147
8.6.	Slike snimljene pomoću dronova	151
9.	PRIKUPLJANJE PODATAKA I GPS	155
9.1.	Prikupljanje primarnih podataka	156
9.2.	Osnovni pojmovi o GPS sistemu.....	157
9.3.	Princip rada GPS-a	160
9.4.	GPS metod sa asistencijom (A-GPS)	162
9.5.	Korišćenje GPS-a u GIS aplikacijama.....	163
9.6.	GPS u avijaciji.....	164
9.7.	Prikupljanje sekundarnih podataka.....	166
9.8.	Kvalitet podataka.....	167
10.	BAZE PODATAKA I SISTEMI ZA NJIHOVO UPRAVLJANJE	171
10.1.	Osnovni pojmovi o bazama podataka.....	172
10.2.	Tipovi baza podataka.....	173
10.3.	Relaciona baza podataka	175
10.4.	Objektno-orijentisana baza podataka.....	176
10.5.	Sistem za upravljanje bazom podataka (DBMS).....	178
10.6.	Georelaciona (prostorna) baza podataka	179
10.7.	Klasični GIS i savremene modifikacije	183
10.8.	Veb mapiranje	184
10.9.	Distribuirano geoprostorno računarstvo	188
10.10.	Komponente veb mapiranja	191
	10.10.1. PostGIS.....	192
	10.10.2. Aplikacije veb mapiranja.....	192
11.	GIS STANDARDI I SPECIFIKACIJE	195
11.1.	Raspoloživi GIS standardi	198
11.2.	KML standard.....	199
11.3.	GML i CS-W standardi	200
11.4.	SLD i WMTS standardi.....	202
11.5.	SensorML standard i OpenLS specifikacija	203
11.6.	Open GeoSMS standard i GeoAPI softver	204
11.7.	Interoperabilnost standarda	205
12.	PRIMERI SLOBODNIH GIS SOFTVERSKIH ALATA.....	209
12.1.	GPSMan	211
12.2.	QGIS.....	213

12.3.	SAGA	215
12.4.	Open JUMP	217
12.5.	deegree	219
12.6.	uDig.....	220
13.	PRAVCI DALJEG RAZVOJA GIS-a	223
13.1.	Budući razvoj GIS sistema	223
13.2.	Budući razvoj GIS servisa	225
13.3.	Budući razvoj GIS nauke	226
13.4.	Razvoj GNSS sistema	228
13.5.	Fiksno i mobilno trodimenzionalno mapiranje.....	229
13.6.	Pozicioniranje na tlu.....	230
13.7.	Poboljšana daljinska detekcija.....	232
13.8.	GIS u kladu.....	234
13.9.	Otvoreni standardi za GIS	236
LITERATURA	239	
REČNIK POJMOVA.....	245	
BELEŠKA O AUTORU.....	255	

SPISAK SKRAĆENICA

A

A-GPS – Assisted GPS (GPS sa asistencijom)
AOA – Angle of Arrival
AP – Access Point
API – Application Programming Interface
Apps – Applications

B

C

CAD – Computer Aided Design
CEN – Comité Européen de Normalisation
CSS – Cascading Style Sheets
CS-W – Catalog Service for the Web

D

DB – Database (baza podataka)
DBMS – Database Management System
DEM – Digital Elevation Model
DRG – Digital Raster Graphics

E

EM – elektromagnetno
ESRI – Environmental Systems Research Institute

F

G

GCS – Geographic Coordinate System
GEO – Geostationary Earth Orbit
GeoJSON – Geographical JavaScript Object Notation

GIF – Graphics Image File

GIS – Geografski Informacioni Sistemi (Geographic Information Systems)

GML – Geographic Markup Language

GNSS – Global Navigation Satellite Systems

GPS – Global Positioning System

GPX – GPS eXchange

GRASS – Geographic Resources Analysis System

GUI – Graphical User Interface (grafički korisnički interfejs)

gvSIG – Generalitat Valenciana, Sistema d'Informacio Geografica

H

HTTP – Hyper Text Transfer Protocol

I

ICT – Information and Communication Technologies

IFOV – Instantaneous Field of View

IIS – Internet Information Services

IR – Infra Red

ISO – International Organisation for Standardization

J

JPEG – Joint Photographic Expert Group

JSON – JavaScript Object Notation

JUMP – Java Unified Mapping Platform

K

KML – Keyhole Markup Language

L

LAN – Local Area Network (lokalna mreža)

LBS – Location Based Service (lokacijski servis)

LCD – Liquid Crystal Display

LEO – Low Earth Orbit

LiDAR – Ligh Detection and Ranging

M

MEO – Medium Earth Orbit

MrSID – Multiresolution Seamless Image Database

N

NAD – North American Datum

NP – North Pole (Severni pol)

O

OGC – Open Geospatial Consortium

OSM – OpenStreetMap

P

PNG – Portable Network Graphics

Q**R**

RF – Radio Frequency

RFID – Radio Frequency Identification (radio-frekvencijska identifikacija)

RGB – Red Green Blue

REST – Representational State Transfer

RPV – Remoted Piloted Vehicle

S

SAGA – System for Automated Geoscientific Analyses

SAR – Synthetic Aperture Radar

SLD – Styled Layer Description

SP – South Pole (Južni pol)

SQL – Structured Query Language

SRS – Spatial Reference System (prostorni referentni sistem)

SVG – Scalable Vector Graphics

T

TDOA – Time Difference of Arrival

TIFF – Tagged Image File Format

TIN – Triangular Irregular Network

TOA – Time of Arrival

U

UAV – Unmanned Aerial Vehicle

uDig – user-friendly Desktop internet GIS

UHF – Ultra High Frequency

URL – Universal Resource Locator

UTM – Univerzalni Transverzalni Merikator

UW – Ultra Wide Band

V**W**

WAN – Wide Area Network (širokopoljaska mreža)

WCS – Web Coverage Service

WFS – Web Feature Service

WGS – World Geodetic System (svetski geodetski sistem)

WMS – Web Map Service

WMTS – Web Map Tile Service

WPS – Web Processing Service

WWW – World Wide Web

X

XML – eXtensible Markup Language

Y**Z**

2D – dvodimenzionalno

3D – trodimenzionalno

4G – četvrta generacija

PREDGOVOR

Knjiga *Geografski Informacioni Sistemi* pokušava da integriše ključne koncepte koji stoje iza tehnologije, sa posebnim osvrtom na aplikacije u realnom svetu. Prepoznavajući činjenicu da brojni potencijalni korisnici GIS-a nisu eksperti, ili da su im jedino potrebne odgovarajuće karte, knjiga je tako zamišljena da bude pristupačna, pragmatična i koncizna. Može se reći da knjiga *Geografski Informacioni Sistemi* predstavlja uvod u način kako se kreiraju i koriste digitalne karte, odnosno obuhvata znatno šire polje primene GIS-a.

U današnjem svetu učenje uključuje poznavanje gde i kako pronalazimo informacije. U nekim aspektima znati gde se može potražiti informacija, kao i gde se mogu pronaći odgovori na postavljena pitanja, jeste važno skoro kao znanje samo po sebi. Imajući u vidu da je knjiga *Geografski Informacioni Sistemi* koncizna, fokusirana i usmerena, potencijalni čitaoci se ohrabruju da potraže dodatne informacije prema specifičnim temama od interesovanja. Prednosti ovog pristupa su dvostruke. Najpre, promoviše se aktivno učenje kroz istraživanje. Zatim, ohrabruje se fleksibilno i selektivno učenje usmereno ka individualnim potrebama i interesovanjima čitalaca.

Pošto se GIS i sa njim povezane geoprostorne i navigacione tehnologije brzo menjaju, neophodan je fleksibilan i dinamičan tekst kako bi izložena materija bila aktuelna i relevantna. Iako se osnovni koncepti GIS-a ne menjaju, aplikacije i primeri iz realnog okruženja su fluidni i dinamični. Ovaj udžbenik može da posluži za uvodne kurseve iz oblasti GIS tehnologije, kako klasičnih tako i *online* kurseva. Dodatna namera autora je da čitaoce uputi na savremene alate za prostornu analizu, imajući u vidu vizuelni značaj karata sa kojima se susrećemo.

Udžbenik *Geografski Informacioni Sistemi* predstavlja rezultat sada već desetogodišnjeg držanja kursa, najpre *Osnova GIS-a*, a zatim *Geografskih Informacionih Sistema*, na modulima za Telekomunikacioni saobraćaj i mreže kao i za Vazdušni saobraćaj, na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu.

Uvodna razmatranja obuhvataju definicije GIS-a, komponente za razvoj GIS-a i terminologiju. Posebnom temom se objašnjava proces georeferenciranja podataka, određivanje geografskih koordinata i korišćenje izvora podataka kao što su rasterske slike (na primer, karte, satelitski i aero-snimci, slike snimljene dronom, digitalnom kamerom i dr.).

Vizuelizacija, trodimenzionalne (3D) slike, karte i tipovi karata su predstavljeni u drugom poglavlju kao osnova jednostavne komunikacije i konvertova-

nja (transfera) kodovanih informacija iz GIS baze podataka u oblik pogodan za percepciju ljudskog čula vida. Posebno i neophodno mesto u udžbeniku zauzimaju projekcije, modeli Zemlje, globalni referentni sistemi, kartografske projekcije, kojom se svaka tačka na Zemljinoj površini (koja nije ravna) projektuje na ravnu površinu i sferični 3D svet transformiše u 2D ravnu površinu, na ekranu ili na papiru.

Razvoj Web GIS-a, prateći standardi, interfejsi i protokoli su opisani u trećem poglavlju koje se bavi digitalnom kartografijom, uređenjem rasterskih slika, osobinama mreže sa vektorskim objektima (npr. telekomunikacione mreže) i servisima koji korisniku pružaju mogućnost pronalaženja lokacije nekog objekta, izračunavanje rute, rastojanja ili pronalaženje dodatnih informacija. Takođe, dat je prikaz veb servisa za slojeve podataka i preklapanja, veb servisa za objekte, geokodiranje, procesiranje, pretraživanje, osobine metapodataka, analitičkih servisa, kao i servisa za mreže.

Osim Web GIS-a u četvrtom poglavlju su prikazane osnovne funkcije desktop GIS-a, zatim komercijalna i fleksibilna rešenja kao što su ESRI ArcGIS, MapInfo, Geomedia i druga. Mobilni GIS, uređaji i arhitektura, GPS uređaji, lokacijski servisi, aplikacije, smart telefoni, tableti, laptop i drugi uređaji su opisani kao presek novih GIS tehnoloških trendova u tom poglavlju.

Baze GIS podataka zauzimaju peto poglavlje u kome su prikazani prostorni podaci koji se odnose na geometrijske osobine objekata, zatim atributski podaci koji predstavljaju osobine objekata i vremenski podaci koji pokazuju stanje i promene u prostoru kroz vreme. Osim toga, naredno poglavlje opisuje trenutno na tržištu najčešće korišćene GIS aplikacije.

Geografski informacijski modeli podataka, rasterske i vektorske datoteke (špageti i topološki model), koncept slojeva kao i formati fajlova za memorisanje su detaljno predstavljani u sedmom poglavlju. Izvori podataka u GIS-u, daljinska detekcija, senzori, rezolucija (prostorna, spektralna, vremenska) satelitske slike, aero-fotografije, digitalni model terena, kao i konverzija analognih podataka u digitalne, razmatrani su u osmom poglavlju.

Neophodna pažnja u narednom poglavlju je posvećena prikupljanju podataka, funkciji, osobinama i principima rada GPS-a, sekundarnim podacima, kao i kvalitetu podataka. Posebno poglavlje, deseto, bavi se upravljanjem GIS podacima DBMS (*Database Management System*), tipovima baza podataka, formiranjem, memorisanjem, održavanjem i pretraživanjem velikog niza podataka koji su distribuirani u jednom ili više fajlova, preko komercijalnih softverskih paketa kao što su *Microsoft Access*, *Oracle*, *FileMaker Pro*, ili *Avanquest MyDataBase*.

Razvoj GIS standarda je predstavljen primerima *Open Geospatial Consortium* (OGC), ili *International Standards Organization* (ISO) u narednom poglavlju. Navedeni su najčešći standardi objavljeni od strane OGC- *Web Map Service* (WMS), *Web Coverage Service* (WCS), *Web Feature Service* (WFS), *Web Processing Service* (WPS), *Catalogue Service for the Web* (CS-W), *Geography Markup Language* (GML). Takođe, detaljno su opisani slobodni softveri kao što

je GeoAPI (ISO u seriji 19100) koji obezbeđuje niz Java i Pajton interfejsa za GIS aplikacije koji mogu da doprinesu unapređenju neophodnih praktičnih znanja.

Užbenik sadrži primere najpopularnijih geografskih informacionih sistema sa otvorenim kodom u koje se ubrajaju: GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*), Quantum GIS (QGIS), uDig (*User-Friendly Desktop Internet GIS*), gvSIG (*Generalitat Valenciana, Sistema d'Informacio Geografica*), SAGA (*System for Automated Geoscientific Analysis*), i dr.

Na kraju udžbenika je spisak literature koja obuhvata savremene naslove knjiga i radove iz časopisa referentnih za oblast Geografskih informacionih sistema. Takođe, u literaturi je zastupljen relevantan broj veb izvora. Udžbenik se završava spiskom skraćenica i rečnikom pojmova.

Autor se zahvaljuje recenzentima, prof. dr Irini Reljin sa Elektrotehničkog fakulteta i prof. dr Verki Jovanović sa Univerziteta Singidunum u Beogradu, na podsticaju, savetima i sugestijama, koje su doprinele poboljšanju sadržaja i načinu prezentacije materijala izloženog u udžbeniku.

U Beogradu, decembra 2018.

Autor

PREDGOVOR IZMENJENOM I DOPUNJENOM IZDANJU

Drugo izdanje udžbenika izmenjeno je i dopunjeno u odnosu na prvo. Ohrabren povratnom spregom od strane studenata i eksperata na polju Geografskih informacionih sistema, autor se odlučio na izmene u pravcu detaljnijeg opisa mobilnog GIS-a, koji je u međuvremenu nastavio da se znatno razvija, kako u stručnim krugovima tako i u svakodnevnoj praksi. Ovoj dinamičnoj oblasti je posvećena nova, peta glava.

Osim mobilnog GIS-a, dodat je deo koji se odnosi na snimanje slika visoke rezolucije pomoću dronova, kao takođe aktuelnom sistemu koji se sve više koristi kod GIS-a, zahvaljujući platformi koja nije skupa i jednostavna je za rukovanje. Takođe je proširen deo koji se odnosi na tehnologije za pozicioniranje, kako u otvorenom tako i u zatvorenom prostoru. Bez tih tehnologija je danas skoro nemoguće zamisliti mobilne GIS aplikacije. Na kraju udžbenika, ne i po značaju, dati su pravci mogućeg razvoja GIS-a, primenom novih postupaka koji nalaze mesto u sklopu savremenih informacionih i komunikacionih tehnologija.

Koristim priliku da zamolim čitaoce, a posebno studente Univerziteta u Beogradu – Saobraćajnog fakulteta, kojima je udžbenik pre svega namenjen, da iznesu svoje predloge i sugestije kojima bi naredno izdanje bilo još kvalitetnije i više fokusirano na savremene oblasti iz područja geografske informacione nauke.

Autor želi da se zahvali recenzentima, prof. dr Irini Reljin sa Univerziteta u Beogradu – Elektrotehničkog fakulteta i prof. dr Verki Jovanović sa Univerziteta Singidunum u Beogradu, koji su me i ovaj put ohrabрили i podstakli na rad na drugom izdanju udžbenika iz ove propulzivne oblasti.

U Beogradu, decembra 2021.

Autor

BELEŠKA O AUTORU



Dr Andreja Samčović rođen je u Beogradu. Diplomirao je na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu na Odseku za elektroniku (1989), gde je potom i magistrirao (1995). Doktorsku disertaciju je odbranio na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu (2005). U nastavi na Saobraćajnom fakultetu je od 1991, prošavši sva zvanja od asistenta-pripravnika do redovnog profesora (2016). Angažovan je na predmetima na osnovnim akademskim studijama: Geografski informacioni sistemi, Elementi razvoja informacionog društva, kao i Multimedijske komunikacije. Na master studijama predaje Bezbednost informacija, a na doktorskim Multimedijske sisteme. Boravio je na univerzitetima u Beču (Austrija), Erlangenu, Minhenu i Magdeburgu (Nemačka), Košicama (Slovačka), Klužu (Rumunija), Oksfordu i Londonu (Engleska), Edinburgu (Škotska), Sent-Etjenu (Francuska), Palma de Majorci (Španija), Rigi (Letonija), Varšavi (Poljska), kao i na Gete institutu u Prinu (Nemačka). Držao je predavanja na letnjim školama u Grčkoj (2003) i na Kipru (2015). Autor je jedne monografije nacionalnog značaja, poglavlja u dve monografije međunarodnog značaja, dva univerzitetska udžbenika i praktikuma, preko 180 objavljenih radova u međunarodnim i nacionalnim časopisima, kao i zbornicima sa konferencija. Oblasti naučnog interesovanja obuhvataju Multimedijske komunikacije, Informacione i komunikacione tehnologije, Bezbednost informacija, Kodovanje i kompresiju multimedijskih signala. Učestvovao je i/ili rukovodio nacionalnim i međunarodnim naučno-stručnim projektima. Bio je mentor u preko 130 diplomskih, završnih i master studentskih radova.