

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



PODIPLOMSKI ŠTUDIJ
GEODEZIJE

DOKTORSKI ŠTUDIJ

Kandidat:

JOŽE TRIGLAV, univ. dipl. inž. geod.

**ANALIZA POMENA GEOLOKACIJE
KOT FUNKCIJE ČASA**

Doktorska disertacija štev.: 220

Analysis of the geolocation significance as a function of time

Doctoral thesis No.: 220

Temo doktorske disertacije je odobrila Komisija za doktorski študij na 28. seji, dne 15. septembra 2006. Za mentorja je bil imenovan izr. prof. dr. Bojan Stopar, za somentorja pa doc. dr. Dušan Petrovič.

Ljubljana, 20. januar 2012

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Komisijo za oceno ustreznosti teme doktorske disertacije v sestavi

- izr. prof. dr. Bojan Stopar,
- doc. dr. Dušan Petrovič,
- doc. dr. Miran Kuhar,
- prof. dr. Menno-Jan Kraak, Department of Geosciences, Utrecht University, Nizozemska,
- prof. dr. Tomislav Bašić, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska,

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo
na 10. redni seji, dne 24. maja 2006.

Komisijo za oceno doktorske disertacije v sestavi

- doc. dr. Mojca Kosmatin Fras,
- izr. prof. dr. Dušan Kogoj
- doc. dr. Marko Krevs, UL FF,

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo
na 23. redni seji, dne 28. septembra 2011.

Komisijo za zagovor doktorske disertacije v sestavi

- prof. dr. Goran Turk, predsednik,
- prof. dr. Bojan Stopar, mentor,
- doc. dr. Dušan Petrovič, somentor,
- izr. prof. dr. Dušan Kogoj,
- doc. dr. Mojca Kosmatin Fras,
- doc. dr. Marko Krevs, UL FF,

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo
na 26. redni seji dne, 21. 12. 2011.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **JOŽE TRIGLAV**, univ. dipl. inž. geod., izjavljam, da sem avtor doktorske disertacije z naslovom: »**ANALIZA POMENA GEOLOKACIJE KOT FUNKCIJE ČASA**«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 20. januar 2012

.....
(podpis)

ERRATA

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 528/529:659.2:004.05:(043.3)
Avtor: Jože Triglav
Mentor: prof. dr. Bojan Stopar
Somentor: doc. dr. Dušan Petrovič
Naslov: Analiza pomena geolokacije kot funkcije časa
Tip dokumenta: Doktorska disertacija
Obseg in oprema: 150 str., 32 pregl., 40 sl., 5 en.
Ključne besede: kakovost geoprostorskih podatkov, prostorsko-časovna ocenitev, vizualizacija, primernost za uporabo, povratna komunikacija

Izvleček

Ena od ključnih nalog sodobne geodetske znanosti je zagotavljanje enotne prostorske in časovne osnove geoinformacijski znanosti in njenemu širokemu razponu aplikacijskih področij. V disertaciji razvijemo možen način analize pomena geolokacije kot funkcije časa z uporabo STEM matrik prostorsko-časovnih ocenitev in INSTANT matrik indeksa prostorsko-časovnih predvidevanj. Globalna geoprostorska skupnost vlaga precejšnje napore v zagotavljanje orodij za analizo kakovosti in sistematiziranje kriterijev kakovosti geoprostorskih podatkov. Pomembnost teh aktivnosti narašča, posebej v zadnjem desetletju, ko smo priča ogromnemu splošnemu povečanju uporabe geoprostorskih podatkov, zlasti med masovnimi uporabniki. Čeprav se proizvajalci geoprostorskih podatkov trudijo definirati in predstaviti standarde kakovosti podatkov uporabnikom ter le-ti vedno bolj potrebujejo ocenitve primernosti podatkov za uporabo, je uspeh teh aktivnosti še vedno daleč od pričakovane in zahtevane ravni. Rezultat tega je, da ima zanemarjanje ali nerazumevanje kakovosti podatkov med uporabniki za posledico napačno uporabo ali tveganja. S pomočjo preprostih orodij matrik STEM in INSTANT lahko proizvajalci geoprostorskih podatkov sistematično razvrščajo in grafično predstavijo prostorsko-časovno ločljivost njihovih podatkov, uporabniki pa lahko svoje potrebe predstavijo na enak način z uporabo načel poslovnega obveščanja z Web 2.0 pristopom. V disertaciji predstavimo osnovna načela s številnimi primeri razvrščanja, na kratko pa opišemo tudi zanimive možnosti nadaljnjih raziskovalnih aktivnosti.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528/529:659.2:004.05:(043.3)
Author: Jože Triglav
Supervisor: Prof. Dr. Bojan Stopar
Co-supervisor: Assist. Prof. Dr. Dušan Petrovič
Title: Analysis of the Geolocation Significance as a Function of Time
Document type: Doctoral Dissertation
Notes: 150 p., 32 tab., 40 fig., 5 eq.
Key words: Geospatial data quality, Spatio-temporal evaluation, Visualization, Fitness for use, Communication feedback

Abstract

One of the crucial tasks of geodetic science in the modern era is to provide its unified spatial and temporal reference to geoinformation science and its wide area of application fields. In the dissertation we elaborate a possible way of analysis of the geolocation significance as a function of time and present an aid in spatio-temporal quality evaluation through the use of spatio-temporal evaluation matrices (STEM) and the index of spatio-temporal anticipations (INSTANT) matrices. The global geospatial community is investing substantial effort in providing tools for geospatial data quality information analysis and systematizing the criteria for geospatial data quality. The importance of these activities is increasing, especially in the last decade, which has witnessed an enormous expansion of geospatial data use in general and especially among mass users. Although geospatial data producers are striving to define and present data-quality standards to users and users increasingly need to assess the fitness for use of the data, the success of these activities is still far from what is expected or required. As a consequence, neglect or misunderstanding of data quality among users results in misuse or risks. With the help of the simple tools of STEM and INSTANT matrices, geospatial data producers can systematically categorize and visualize the granularity of their spatio-temporal data, and users can present their requirements in the same way using business intelligence principles and a Web 2.0 approach. In the dissertation we present the basic principles with numerous categorized examples and also briefly describe interesting potential further applied research activities.

ZAHVALA

Mentorju prof. dr. Bojanu Stoparju in somentorju doc. dr. Dušanu Petroviču: brez vajinih nasvetov, pomoči, skrbi, spodbude in zaupanja ne bi zmozel; brez vajinih pravih navigacijskih napotkov pri pripravi doktorske disertacije pa bi pri delu zašel s poti, ki vodi do cilja!

Ženi Darinki: brez tebe in tvojega nasmeha, brez tvoje stalne nesebične podpore in tvojega zaupanja vame v časih, ko sem najbolj potreboval spodbudo, te naloge ne bi nikoli končal!

Sinovoma Juretu in Blažu: brez vaju in našega trajnega medsebojnega mladostnega navduševanja nad novimi znanji in idejami se te naloge sploh nikoli ne bi lotil!

Staršema: brez njiju, ki sta mi že v mojo zibelko ljubeče položila in stalno spodbujala moje stremenje k svobodi misli in širjenju obzorij znanja, bi se že zdavnaj ustavil!

Vsej družini: brez vaše tople človeške skrbi in obilice dobre volje, brez urejenega doma in dobrega počutja v vaši sredini bi bilo to nalogo nemogoče izpeljati!

Mojim prijateljem in kolegom: brez vaših lučk in iskric, s katerimi ste mi v pravih trenutkih razsvetljevali misel, bi bila moja iskanja poti od vprašanj do odgovorov veliko težja!

Mojim učiteljem in profesorjem: brez vas, vašega navdušujočega znanja in človečnosti, bi mi ostalo marsikatero od ključnih življenjskih spoznanj skrito in nedoumljivo!

Mojim sodelavcem: brez delovnega okolja, v katerem sem lahko v vaši dobri družbi in v sodelovanju z vami v praksi uresničeval ideje, se marsičesa ne bi nikoli naučil!

Uredniškim ekipam revij Geodetski vestnik, Življenje in tehnika ter GeoInformatics: brez vas bi bil prikrajšan za veliko dobrih in živahnih debat ter bralnih in avtorskih užitkov!

Geodeziji: brez srečnega spleta naključij v prostoru in času ne bi mogel od blizu sprejemati vase vseh teh prekrasnih drobcev geodetske znanosti in jih predajati naprej v svet!

KAZALO VSEBINE

Bibliografsko – dokumentacijska stran in izvleček	V
Bibliographic – documentalistic information and abstract	VI
Zahvala	VII
Kazalo preglednic	X
Kazalo slik	XIII
Abecedno kazalo okrajšav in simbolov	XVIII
1 UVOD	1
1.1 Uvodna predstavitev poglavij disertacije	6
2 METODE	8
2.1 Oris zgodovinskega razvoja povezanosti geodezije, geolokacije in časa	13
2.1.1 Oblika in velikost Zemlje	13
2.1.2 Zemljepisna širina, zemljepisna dolžina in čas	15
2.1.3 Od okrogle do elipsoidne oblike Zemlje	17
2.1.4 Prehod na geoid in na tretjo razsežnost v geodeziji	20
2.1.5 Četrta razsežnost v geodeziji	22
2.2 Koordinatni sistemi	25
2.3 Časovni sistemi in mere	32
2.4 Kakovost geoprostorskih podatkov	35
2.5 Pregled metodologije prostorsko-časovne kakovosti	39
3 MATRIČNA PREDSTAVITEV IN KOMUNIKACIJA PROSTORSKO-ČASOVNE KAKOVOSTI GEOPROSTORSKIH PODATKOV	44
3.1 Matrike STEM	48
3.2 Matrika INSTANT	55
3.3 Matrike LoM, INUSE, LoV in LoC	58
3.4 STEM/INSTANT spletne storitve in informacije	60
3.5 Primernost razpoložljivih geoprostorskih podatkov za določena področja uporabe	61

4	REZULTATI	63
4.1	Analiza geodetskih in geolokacijskih opazovalnih orodij in metod z matrikami STEM	63
4.1.1	Terestrične geodetske metode določanja in spremljanja geolokacije	63
4.1.2	Satelitske in letalske metode določanja in spremljanja geolokacije	66
4.1.2.1	Nivo zemeljske geodetske infrastrukture – primeri	67
4.1.2.2	Nivo satelitov LEO – primer geodetskih slikovnih tehnik in daljinskega zaznavanja	72
4.1.2.2.1	InSAR in LIDAR	72
4.1.2.2.2	Satelitsko podprte meritve težnosti	74
4.1.2.2.3	Sateliti slikovnega daljinskega zaznavanja	76
4.1.2.2.4	Letalska fotogrametrija in slikovno daljinsko zaznavanje	80
4.1.2.3	Nivo satelitov MEO – primer GNSS	80
4.2	Analiza uporabniških področij z matrikami STEM	83
4.2.1	Osnovna GEOSS družbeno koristna področja uporabe (SBA)	85
4.2.2	Teme prostorskih podatkov INSPIRE – Priloge I, II, III	92
4.2.3	Primer uporabniških aplikacij GNSS	99
4.2.4	Geoinformacijsko komunikacijske tehnologije (Geo-IKT) – področje geolokacijskih merskih tehnologij in aplikacij	107
4.2.4.1	Kartiranje internetne fizične infrastrukture	108
4.2.4.2	Iskanje in razločevanje geoprostorskih vsebin	111
4.2.4.3	Lokacijsko podprte storitve	115
4.2.4.4	Znotrajstavbno geolociranje in navigacija	119
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	124
5.1	Razprava	124
5.2	Zaključki	126
6	POVZETEK	131
7	SUMMARY	134
VIRI		137

KAZALO PREGLEDNIC

Številka preglednice Table number	Stran Page
Preglednica 2.1: Napredek v točnosti vesoljskih geodetskih tehnik Table 2.1: Progress in accuracy of space geodetic techniques	25
Preglednica 2.2: Veljavne formalne definicije osnovnih enot metra, kilograma in sekunde (BIPM, 2006). Table 2.2: Current formal definitions of the base units of the metre, the kilogram and the second (BIPM, 2006).	26
Preglednica 2.3: Povezava časov UTC in TAI s časoma GPS in GLONASS (BIPM, 2011a). Table 2.3: Relations of UTC and TAI time with GPS and GLONASS time (BIPM, 2011a).	34
Preglednica 2.4: Shematski prikaz osnovnih mer kakovosti podatkov za elemente kakovosti. Table 2.4: Schematic view of basic data quality measures for quality elements.	37
Preglednica 3.1: Pomen enakoležnih matričnih polj v STEM matrikah LoN, LoS in LoI. Table 3.1: Meanings of the adjacent matrix field values of the LoN, LoS and LoI STEM matrices.	53
Preglednica 4.1: Lastnosti značilnih vrst sodobnih geodetskih merskih instrumentov za merjenje kotov in razdalj (povzeto po Staiger, 2009). Table 4.1: Characteristics of typical modern surveying instruments for angle and distance measurements (adapted from Staiger, 2009).	66
Preglednica 4.2: Izbor aktivnih satelitov daljinskega zaznavanja, urejen po abecednem vrstnem redu. Table 4.2: A selection of active remote sensing satellites, listed in alphabetical order.	77
Preglednica 4.3: Multispektralno daljinsko zaznavanje – primer Envisat (ESA, 2011) – x = osnovni namen senzorja, (x) = dopolnilni ali eksperimentalni namen senzorja. Table 4.3: Multispectral remote sensing – example Envisat (ESA, 2011) – x = primary sensor application, (x) = additional or experimental sensor application.	79
Preglednica 4.4: Nivoji GNSS. Table 4.4: GNSS levels.	81
Preglednica 4.5: Pregledni prikaz potreb po prostorsko-časovni točnosti za glavne kategorije znanstvenih uporabnikov (prirejeno po Plag, 2006). Table 4.5: Overview of spatio-temporal accuracy needs of main categories of scientific users (adapted from Plag, 2006).	85
Preglednica 4.6: Delovna področja GEOSS z glavnimi izvedbenimi nalogami Table 4.6: GEOSS working areas with the main implementation tasks.	86

Številka preglednice Table number	Stran Page
Preglednica 4.7: Osnovna družbeno koristna področja GEOSS z glavnimi izvedbenimi nalogami Table 4.7: Primary GEOSS Societal Benefit Areas with the main implementation tasks.	87
Preglednica 4.8: Prikaz potreb po prostorsko-časovni točnosti ključnih spremenljivk za opazovanje vodnega kroga in vodnih tokov v sistemu Zemlje. (GSO – geostacionarna tirnica, LEO – nizka tirnica). Table 4.8: Overview of needs for spatio-temporal accuracy of the key variables for observing the water cycle and water flows in the Earth system. (GSO – geostationary orbit, LEO – Low Earth Orbit).	90
Preglednica 4.9: Priloga I – Teme prostorskih podatkov iz členov 6(a), 8(1) in 9(a). Table 4.9: Annex I – Spatial data themes referred to in articles 6(A), 8(1) and 9(A).	93
Preglednica 4.10: Prikaz LoD stopenj za teme prostorskih podatkov iz Priloge I. Table 4.10: LoD levels for spatial data themes of Annex I.	94
Preglednica 4.11: Priloga II – Teme prostorskih podatkov iz členov 6(a), 8(1) in 9(b). Table 4.11: Annex II – Spatial data themes referred to in articles 6(A), 8(1) and 9(B).	94
Preglednica 4.12: Prikaz LoD stopenj za teme prostorskih podatkov iz Priloge II. Table 4.12: LoD levels for spatial data themes of Annex II.	95
Preglednica 4.13: Priloga III – Teme prostorskih podatkov iz členov 6(b) in 9(b). Table 4.13: Annex III – Spatial data themes referred to in articles 6(B) and 9(B).	95 – 97
Preglednica 4.14: Prikaz LoD stopenj za teme prostorskih podatkov iz Priloge III. Table 4.14: LoD levels for spatial data themes of Annex III.	98 – 99
Preglednica 4.15: Stopnje LoD za aplikacije v letalskem transportu Table 4.15: LoD levels for aviation applications	100
Preglednica 4.16: Stopnje LoD za aplikacije v cestnem transportu Table 4.16: LoD levels for road transport applications	100 – 101
Preglednica 4.17: Stopnje LoD za aplikacije v pomorskem prometu Table 4.17: LoD levels for marine transport applications	101 – 102
Preglednica 4.18: Stopnje LoD za aplikacije v železniškem transportu Table 4.18: LoD levels for rail applications	103 – 104
Preglednica 4.19: Stopnje LoD za aplikacije avtonomnih vozil Table 4.19: LoD levels for autonomous vehicle applications	104
Preglednica 4.20: Stopnje LoD za časovne aplikacije Table 4.20: LoD levels for timing applications	105

Številka preglednice Table number	Stran Page
Preglednica 4.21: Stopnje LoD za aplikacije preciznega kmetovanja Table 4.21: LoD levels for precision agriculture applications	105
Preglednica 4.22: Stopnje LoD za aplikacije v ribištvu Table 4.22: LoD levels for fisheries applications	105
Preglednica 4.23: Stopnje LoD za aplikacije proizvodnje nafte in plina Table 4.23: LoD levels for oil and gas applications	106
Preglednica 4.24: Stopnje LoD za aplikacije vozil služb nujne pomoči Table 4.24: LoD levels for emergency services vehicle applications	106
Preglednica 4.25: Stopnje LoD za znanstvene aplikacije Table 4.25: LoD levels for scientific applications	107
Preglednica 4.26: Tehnologije in pasovne širine mobilne telefonije (povzeto iz Ibrahim, 2002). Pomen kratic je podan v uvodnem delu disertacije v seznamu kratic. Table 4.26: Technologies and bandwidths of mobile telecommunication (adapted from Ibrahim, 2002). Acronym meanings are listed in the list of acronyms.	117
Preglednica 4.27: Primerjalni pregled znotrajstavnih geolokacijskih sistemov. Delno povzeto po (Manandhar in Torimoto, 2011; Locata, 2005). Table 4.27: Comparison of indoor positioning systems. Partially adapted from (Manandhar and Torimoto, 2011; Locata, 2005).	122

KAZALO SLIK

Številka slike Figure number	Stran Page
Slika 2.1: Kako obravnavamo kakovost? Figure 2.1: How do we treat quality?	12
Slika 2.2: Razmerja med kakovostjo in elementi kakovosti. Figure 2.2: Relationships between quality and quality elements.	12
Slika 2.3: Presejanje kakovosti po stopnjah ločljivosti LoD in LoT. Figure 2.3: Assessing quality by the levels of LoD and LoT granularity.	13
Slika 2.4: Eratosten je za svojo določitev obsega Zemlje uporabil isti trenutek v času – poletni solsticij – na obeh krajiščih merjenega loka in s tem izmeril centralni kot loka ter tako s preprostim računom izračunal obseg Zemlje. Figure 2.4: Eratosthenes has used the same specific moment in time – the summer solstice – on both ends of the arc to measure the central angle and calculate the circumference of the Earth.	15
Slika 2.5: Karta sveta iz knjige "Geographia" Klavdija Ptolemaja. Natisnil jo je Lienhart Holle v Ulmu leta 1482, gravure karte pa je izdelal Johannes Schnitzer (BPL, 2009). Figure 2.5: World map from Claudius Ptolemy's "Geographia" published in Ulm, 1482 by Lienhart Holle, engraved by author Johannes Schnitzer (BPL, 2009).	16
Slika 2.6: Triangulacija Francije, 1792 – 1799. Poldnevniški lok, ki je segal od Dunkerquea na severu do Barcelone na jugu, je bil izmerjen vzdolž pariškega poldnevnika. Geodetske izmere sta izvedla francoska geodeta Delambre in Méchain. Na podlagi teh meritev je bil določen metrični sistem, ki so ga najprej uvedli v Franciji in nato postopoma po vsem svetu (Vir kartografskega prikaza: Alder, 2004). Figure 2.6: The Triangulation of France, 1792 – 1799. The meridian arc stretching from Dunkerque in the north to Barcelona in the south was measured along the Paris meridian between 1792 and 1799 by French geodesists Delambre and Méchain. Based on these measurements the metric system was defined and introduced first in France and then gradually around the globe. (Map image source: Alder, 2004).	19
Slika 2.7: Prikaz razlik v močno pretiranem merilu med preseki nekaterih znanih referenčnih elipsoidov in presekom sodobnega elipsoida WGS84 (Vir slike: Wolfram, 2009). Figure 2.7: Exaggerated differences between common reference ellipsoids and WGS84 (Image source: Wolfram, 2009).	21
Slika 2.8: VLBI je sodobna vesoljska geodetska tehnika merjenja razdalj med antenami na zemeljskem površju, ki so med seboj oddaljene več tisoč kilometrov, s točnostjo nekaj milimetrov. Merjenje poteka tako, da sprejemne antene merijo čase zamika sprejema radijskih signalov s kvazarjev globoko v vesolju, ki so oddaljeni več milijard svetlobnih let. Figure 2.8: VLBI is an advanced space geodetic technique that can measure a distance of thousands of kilometers between its antennas with an accuracy of few millimeters, by receiving radio signals from deep space as far as several billion light years away.	23

Številka slike Figure number	Stran Page
Slika 2.9: Precesija in nutacija. Vrtilna os Zemlje s premikanjem po inercialnem prostoru orisuje približno plašč stožca z naklonom $23,5^\circ$ glede na pravokotnico na ekliptiko. To krožno gibanje vrtilne osi Zemlje okoli pravokotnice na ekliptiko ni popolnoma pravilno, temveč se periodično spreminja zaradi vpliva Sonca, Lune in planetov na sploščeno Zemljo, ki se vrti okoli svoje osi. (Vir slike: Beutler, 2003). Figure 2.9: Precession and nutation. The rotation axis of the Earth moves in inertial space approximately on a straight cone inclined by 23.5° regarding the pole of the ecliptic. This not fully regular circular motion of Earth's axis around the pole of the ecliptic shows short-period variations. (Image source: Beutler, 2003).	24
Slika 2.10: Dve periodični gibanji Zemlje sta pomembni v kontekstu koordinatnih sistemov, letno kroženje Zemlje okoli Sonca v ravnini ekliptike in dnevno vrtenje Zemlje okoli svoje osi. Figure 2.10: Two periodic motions of the Earth are important in reference systems – its diurnal rotation around the axis of rotation and its annual revolution around the Sun in the ecliptic plane.	27
Slika 2.11: Razporeditev 1500-tih izven-galaktičnih izvorov radijskih signalov, za katere so znani VLBI položaji za Mednarodni nebesni koordinatni sestav (angl. ICRF – International Celestial Reference Frame). Obkrožene točke so izvori, ki se upoštevajo kot stabilni na osnovi študij Centra ICRS (IERS, 2006). Figure 2.11: Sky distribution of the 1500 extragalactic radio sources whose VLBI positions are available for the International Celestial Reference Frame ICRF. The circled dots are the sources that are considered stable on the basis of the ICRS Center studies (IERS, 2006).	29
Slika 2.12: Mednarodni terestrični koordinatni sistem ITRF je določen s trenutnimi koordinatami zbirke referenčnih točk in njihovih hitrosti. Referenčne točke so večinoma merilne postaje vesoljske geodezije s pripadajočimi znamenji, razporejene po topografskem površju Zemlje (IERS, 2008). Figure 2.12: International Terrestrial Reference Frame (ITRF) consists of a set of instantaneous coordinates (and velocities) of reference points – mainly space geodetic stations and related markers – distributed on the topographic surface of the Earth (IERS, 2008).	30
Slika 2.13: Definicija terestričnega koordinatnega sistema WGS84 (NIMA, 2004). Figure 2.13: The WGS 84 Coordinate System Definition (NIMA, 2004).	31
Slika 2.14: Shematski prikaz povezave med časi. Figure 2.14: Relationships between times.	34
Slika 3.1: ISO 19113 standard – koncept kakovosti podatkov Figure 3.1: ISO 19113 Standard – Concept of data quality	44
Slika 3.2: ISO 19111 shematski primer možne sestave prostorsko – časovnega koordinatnega sistema. Figure 3.2: An ISO 19111 schematic example of a possible composition of spatio-temporal compound coordinate reference systems.	46

Številka slike Figure number	Stran Page
Slika 3.3: Shematski prikaz koncepta STEM matrik. Z uporabo pristopa s STEM in INSTANT matrikami je omogočen koncept preproste in dinamične rešitve za ocenitev ločljivosti oz. zrnivosti prostorsko-časovnih podatkov. Figure 3.3: STEM Matrix/INSTANT Matrix Flowchart. A concept of simple and dynamic solution to assess the “granularity” of spatio-temporal data is provided with implementing the approach of STEM and INSTANT matrices.	47
Slika 3.4: Shematski prikaz različnosti prostorov obravnave. Na levi strani so prikazani prostori obravnave različnih opazovalnih orodij in metod proizvajalcev geoprostorskih podatkov. Na desni strani so prikazani prostori obravnave za potrebe različnih skupin uporabnikov geoprostorskih podatkov. Figure 3.4: Schematic view of differences of universes of discourse. Left: universes of discourse of different observation tools and methods of data producers. Right: universes of discourse of different users' groups of geospatial data.	49
Slika 3.5: Nekaj tipičnih možnih situacij medsebojnega ujemanja prostorov obravnave proizvajalcev (LoS) in uporabnikov (LoN) geoprostorskih podatkov. Figure 3.5: Some typical possible situations of mutual matching of the universes of discourse between producers (LoS) and users (LoN) of geospatial data.	50
Slika 3.6: Koncept matrike STEM združuje prostorsko ločljivost, ki jo predstavlja stopnja detajla (LoD), in časovno ločljivost, ki jo predstavlja stopnja časa (LoT), v matriko 10 x 10 polj, ki določa kriterije za stopnje prostorsko-časovne ločljivosti (LoR). Figure 3.6: The concept of STEM matrix combines geospatial resolution presented as Level of Detail (LoD) and temporal resolution presented as Level of Time (LoT) into a 10 x 10 matrix representing the criteria for Level of spatio-temporal Resolution (LoR).	52
Slika 3.7: Prostorsko-časovni izbor kakovosti za določeno vrsto podatkov/izdelkov/ tehnologij z uporabo presečne matrike LoI med posameznima matrikama LoN in LoS. Primer matrike LoS predstavlja prostorsko-časovno kakovost podatkov satelita daljinskega zaznavanja z možno stopnjo detajla med 1 m in 10 m ter stopnjo časa od 1 tedna do 1 leta. Potrebe uporabnika obsegajo stopnje LoD 1 m ali večje in stopnje LoT 1 mesec ali večje. Presečna matrika LoI nato obsega podatke z LoT od 1 meseca do 1 leta in LoD od 1m do 10 m. Figure 3.7: Spatio-temporal quality selection filtering for a particular data/product/ technology using the LoI intersection matrix of the respective LoN and LoS matrices. LoS matrix example represents the data S-T quality of a remote sensing satellite with available LoD from 1m to 10 m and LoT from 1 week to 1 year. User's needs include LoD levels of 1 m or more and LoT levels of 1 month or more. LoI intersection matrix then contains information of LoT 1 month to 1 year and LoD from 1m to 10 m.	54

Številka slike Figure number	Stran Page
Slika 3.8: (a) Naključno generirana matrika N_INSTANT prostorsko-časovnih potreb s pripadajočim grafičnim paličnim diagramom. Višje vrednosti v poljih matrike pomenijo večje potrebe po posamezni prostorsko-časovni kakovosti enakoležnega LoR polja. (b) Naključno generirana matrika S_INSTANT prostorsko-časovne primernosti podatkov/izdelkov/ tehnologij s pripadajočim grafičnim paličnim diagramom. Višje vrednosti v poljih matrike pomenijo večjo količino razpoložljivih/možnih podatkov posamezne prostorsko-časovne kakovosti enakoležnega LoR polja. (c) Matrika D_INSTANT s pripadajočim grafičnim paličnim diagramom vsebujeta razlike med matrikama N_INSTANT in S_INSTANT. Pozitivne vrednosti v poljih matrike predstavljajo LoR polja, kjer potrebe po podatkih posamezne prostorsko-časovne ločljivosti presegajo razpoložljivo/možno ponudbo proizvajalcev podatkov. Negativne vrednosti v matriki predstavljajo obratno situacijo. Figure 3.8: (a) Randomly generated N_INSTANT matrix for S-T Needs with the adjacent graphic bar chart representation. Higher values in the matrix fields represent higher needs for S-T data of the adjacent LoR quality fields. (b) Randomly generated S_INSTANT matrix for S-T Suitability of Data/Product/ Measuring Technology with the adjacent graphic bar chart representation. Higher values in the matrix fields represent larger quantities of available/possible S-T data of the adjacent LoR quality fields. (c) D_INSTANT matrix of differences between N_INSTANT and S_INSTANT matrices with the adjacent graphic bar chart representation. Positive values in the matrix represent LoR fields where the user's' S-T needs are higher than the available/possible S-T data of the producers and the negative values in the matrix represent the vice-versa situation.	57-58
Slika 4.1: Faza planiranja in oblikovanja sodobnih geodetskih projektov. Figure 4.1: Planning and designing phase in modern surveying projects.	65
Slika 4.2: STEM matrika za terestrične geodetske metode določanja in spremljanja geolokacije. Figure 4.2: STEM matrix for terrestrial surveying methods for defining and monitoring of geolocation.	66
Slika 4.3: STEM matrika za VLBI. Figure 4.3: STEM matrix for VLBI.	69
Slika 4.4: STEM matrika za SLR in LLR. Figure 4.4: STEM matrix for SLR and LLR.	70
Slika 4.5: STEM matrika za globalno omrežje GNSS postaj. Figure 4.5: STEM matrix for the global GNSS network stations.	71
Slika 4.6: STEM matrika za DORIS sistem. Figure 4.6: STEM matrix for the DORIS system.	72
Slika 4.7: STEM matriki za geodetski slikovni tehniki InSAR in LIDAR – višinska ločljivost (zgoraj), horizontalna ločljivost (spodaj). Figure 4.7: STEM matrices for geodetic imaging techniques InSAR and LIDAR – vertical resolution (above) and horizontal resolution (below).	74

Številka slike Figure number	Stran Page
Slika 4.8: STEM matrika za satelite daljinskega zaznavanja državnih vesoljskih agencij in komercialnih družb. Figure 4.8: STEM matrix for the remote sensing satellites of national space agencies and commercial companies.	78
Slika 4.9: STEM matrika za letalsko fotogrametrijo in slikovno daljinsko zaznavanje. Figure 4.9: STEM matrix for aerial photogrammetry and imaging remote sensing.	80
Slika 4.10: STEM matrika za GNSS sisteme v široki uporabi. Figure 4.10: STEM matrix for general use of GNSS systems.	83
Slika 4.11: STEM matrika potreb po prostorsko-časovni točnosti za glavne kategorije znanstvenih uporabnikov. Figure 4.11: STEM matrix of spatio-temporal accuracy needs of main categories of scientific users.	85
Slika 4.12: STEM matrika ključnih spremenljivk za opazovanje vodnega kroga in vodnih tokov v sistemu Zemlje iz preglednice 4.8. Figure 4.12: STEM matrix of key variables for observing the water cycle and water flows in the Earth system from Table 4.8.	91
Slika 4.13: STEM matrika za osnovna družbeno koristna področja – glede na njihovo obsežnost in celovitost potrebe zajemajo vsa prostorsko-časovna polja matrike. Figure 4.13: STEM matrix for primary Societal Benefit Areas – due to their comprehensiveness and integrity their needs cover all spatio-temporal fields of the matrix.	91
Slika 4.14 STEM matrika za tehnike geolociranja internetne fizične infrastrukture. Figure 4.14 STEM matrix for internet physical infrastructure geolocation techniques.	111
Slika 4.15 STEM matrika za tehnike geolociranja za iskanje in razločevanje geoprostorskih vsebin. Figure 4.15 STEM matrix of geolocation techniques for searching and differentiation of geospatial contents.	115
Slika 4.16: STEM matrika za WPS tehnike geolociranja. Figure 4.16: STEM matrix for WPS geolocating techniques.	119
Slika 4.17: Princip določanja geolokacije v sistemu IMES (Manandhar in Torimoto, 2011). Figure 4.17: Seamless IMES navigation concept (Manandhar and Torimoto, 2011).	120
Slika 4.18: STEM matrika za značilne znotrajstavnne tehnike geolociranja Figure 4.18: STEM matrix for typical indoor geolocation techniques.	123

ABECEDNO KAZALO OKRAJŠAV IN SIMBOLOV

Kratika	Pomen kratice
3G	mobilno telekomunikacijsko omrežje 3. generacije
4G	mobilno telekomunikacijsko omrežje 4. generacije
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast
A-GPS	Assisted GPS
AMPS	Advanced Mobile Phone Service
BAN	Body Area Network
BCRS	Barycentric Celestial Reference System
BIM	Building Information Modeling
BIPM	Bureau International des Poids et Mesures
CAN	Campus Area Network
CDMA	Code Division Multiple Access
CEOS	Committee on Earth Observation Satellites
CHAMP	Challenging Mini-Satellite Payload for Geophysical Research and Application
CPSD	Cell Phone Sized Devices
CRS	Celestial Reference System
CTRS	Conventional Terrestrial Reference System
D	razsežnost (2D – dvorazsežnost, 3D – trirazsežnost, 4D – štirirazsežnost)
DaaS	Data-as-a-Service
D_INSTANT	INSTANT matrika razlik N_INSTANT – S_INSTANT
DGPS	Differential GPS
DMR	digitalni model reliefa
DMV	digitalni model višin
DOF	digitalni ortofoto načrt
DORIS	Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite
DSS	Decision Support Systems
E112	location-enhanced version of 112
E911	location-enhanced version of 911
EDAS	EGNOS Data Access Service
EDGE	Enhanced Data for Global Evolution
EGNOS	European Geostationary Overlay Service
EOP	Earth Orientation Parameters
EOS	Earth Observation Summit
EOTD	Enhanced Observed Time Difference
ERA	Earth Rotation Angle

Kratika	Pomen kratice
ETRS89	European Terrestrial Reference System 1989
ESA	European Space Agency
ESDI	European Spatial Data Infrastructure
ESRS	European Spatial Reference System
ETRF	European Terrestrial Reference Frame
EU	Evropska unija
EVRS	European Vertical Reference System
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FET	Future and Emerging Technologies
FIG	International Federation of Surveyors; Mednarodna zveza geodetov
FKP	Flächen Korrektur Parameter; area correction parameters
FOC	Full Operational Capability
FP7	Seventh Framework Program
GAARDIAN	GNSS Availability, Accuracy, Reliability and Integrity Assessment for timing and Navigation
GAGAN	GPS Aided Geo Augmented Navigation
GAN	Global Area Network
GBAS	Ground-Based Augmentation System
GCI	GEOSS Common Infrastructure
GCOS	Global Climate Observing System
GCRS	Geocentric Celestial Reference System
GEO	Geostationary Earth Orbit
GEO	Group on Earth Observations
Geo-IKT	geoinformacijsko komunikacijske tehnologije
GEOSS	Global Earth Observation System of Systems
GeoURL	geolokacijsko podprti URL naslovi
GeoWeb	geolokacijsko podprte spletne strani
GGIM	Global Geospatial Information Management
GGOS	Global Geodetic Observing System; globalni geodetski opazovalni sistem
GIFS	Global Interactive Forecast System
GIS	Geographic Information System
GLONASS	GLObal'naya NAVigatsionnaya Sputnikovaya Sistema; GLObal NAVigation Satellite System
GNIS	Geographic Names Information System
GNSS	Global Navigation Satellite System

Kratika	Pomen kratice
GOCE	Gravity field and Ocean Current Explorer
GPRS	General Packet Radio System
GPS	Global Positioning System
GRACE	Gravity Recovery and Climate Experiment
GSDI	Global Spatial Data Infrastructure Association
GSM	Global System for Mobile
GSO	Geosynchronous Earth Orbit
GTRS	Geocentric Terrestrial Reference System
HAN	Home Area Network
HDS	High Definition Surveying
IaaS	Infrastructure-as-a-Service
IAU	International Astronomical Union
ICG	International Committee on GNSS
ICRF	International Celestial Reference Frame
ICRS	International Celestial Reference System
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IERS	International Earth Rotation and Reference Systems Service
IGS	International GNSS Service
ILRS	International Laser Ranging Service
IMES	Indoor Messaging System
InSAR	Interferometric SAR
INSPIRE	INfrastructure for SPatial InfoRmation of Europe
INSTANT	Index of Spatio-Temporal Anticipations
INUSE	INdex of USE
IOV	In-Orbit Validation
IP	Internet Protocol
IPN	InterPlaNet
IRM	IERS Reference Meridian
IRNSS	Indian Regional Navigational Satellite System
IRP	IERS Reference Pole
ISO	International Organization for Standardization
ISO/TC 211	ISO Technical Committee 211
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
ITRS	International Terrestrial Reference System
ITU	International Telecommunication Union

Kratika	Pomen kratice
IUGG	International Union of Geodesy and Geophysics
KS	koordinatni sistem
LAAS	Local Area Augmentation System
LAN	Local Area Network
LAT	Location-Aware Technologies
LBS	Location-Based Services
LDCM	Landsat Data Continuity Mission
LEO	Low Earth Orbit
LIDAR	LIght Detection And Ranging
LLR	Lunar Laser Ranging
LoC	Level of Costs
LoD	Level of Detail
LoI	Level of Intersection
LoM	Level of Match
LoN	Level of S-T Needs
LoR	Level of S-T Resolution
LoS	Level of S-T Suitability
LoT	Level of Time
LoV	Level of Viability
MAN	Metropolitan Area Network
MEO	Medium Earth Orbit
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MSAS	Multi-functional Satellite Augmentation System
MTC	Multivariable-Time-Cube
N_INSTANT	INSTANT matrika S-T potreb
NAN	Near-me Area Network
NMT	Nordic Mobile Telephone
NSDI	National Spatial Data Infrastructure
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing (IEEE 802.16d – fixed)
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access (IEEE 802.16e – mob.)
OGC	Open Geospatial Consortium
OZN	Organizacija združenih narodov
PaaS	Platform-as-a-Service
PAN	Personal Area Network
PDC	Personal Digital Cellular

Kratica	Pomen kratice
PFS	Primary Frequency Standards
POD	Precision Orbit Determination
PSTN	Public Switched Telephone Network
PTC	Parallel Coordinate Plot-Time-Cube
QFD	Quality Function Deployment
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System
RFID	Radio Frequency Identification
RSSI	Received Signal Strength Indicator
RTT	Round-Trip Time
SaaS	Software-as-a-Service
S_INSTANT	INSTANT matrika S-T primernosti
SAR	Synthetic Aperture Radar
SBA	Societal Benefit Areas
SBAS	Satellite-Based Augmentation System
SDI	Spatial Data Infrastructure
SI	Système International d'Unités
SLR	Satellite Laser Ranging
ST	Spatio-Temporal
STC	Space-Time-Cube
STDIV	Spatio-Temporal Data Integration and Visualization
STEM	Spatio-Temporal Evaluation Matrix
TACS	Total Access Communications System
TAI	Temps Atomique International
TDMA	Time Division Multiple Access
TDOA	Time Difference of Arrival
TIGGE	THORPEX Interactive Grand Global Ensemble
TOA	Time of Arrival
TQM	Total Quality Management
TRS	Terrestrial Reference System
TTF	Time To First Fix
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UNGEGN	United Nations Group of Experts on Geographical Names
UNSDI	United Nations Spatial Data Infrastructure
UT	Universal Time
UTC	Universal Time Coordinated

Kratika	Pomen kratice
UWB	Ultra Wide Band
VLBI	Very Long Baseline Interferometry
VOC	Voice of the Customer
VRS	Virtual Reference Station
WAAS	Wide Area Augmentation System
WAN	Wide Area Network
WCDMA	Wideband CDMA
WFM	Workflow Management
WGS84	World Geodetic System 1984
Wi-Fi	WLAN izdelki in storitve na osnovi IEEE 802.11 standarda
WiPS	Wi-Fi-based Positioning Solution
WLAN	Wireless LAN
WPS	Wi-Fi Positioning System
ZDA	Združene države Amerike

»Ta stran je namenoma izpuščena.«

1 UVOD

Geodezija ni nova znanost, temveč segajo njene korenine stoletja in celo tisočletja nazaj v zgodovino, ko so v antičnih časih vzpostavljali njene temelje. Ves čas njenega razvoja kot znanosti in stroke velja, da z razvojem in združevanjem zmogljivih tehnik, orodij in pripadajočih metodologij merjenja in opazovanja Zemlje daje ključen prispevek znanosti in družbi kot celoti ter mnogoterim področjem in dejavnostim družbe. Geodezija je skozi svojo dolgo zgodovino naredila ogromen tehnološki in vsebinski preskok od čisto naravoslovne znanosti, ki je bila namenjena predvsem evidentiranju stanja površja, do današnje visoko napredne stopnje geoznanosti, ko sta njena vloga in pomen v prostoru in času sodobne družbe bistveno širša.

Geodezijo v sodobnem času definiramo kot znanost o izmeri in prikazu zemeljskega površja in njenega zunanjega težnostnega polja, vključno s časovnimi spremembami. Sodobna geodezija temelji na treh stebrih (Torge, 2001; Torge, 1996; Rummel et al., 2002):

- geometrijska oblika Zemlje kot funkcija časa,
- orientacija Zemlje v vesolju kot funkcija časa,
- zemeljsko težnostno polje kot funkcija časa.

V današnjem času so navedeni trije stebri enako pomembni za doseganje osnovnega cilja geodezije, t.j. zagotavljanja pogojev in možnosti za določanje položaja točkam v prostoru kot funkcije časa. V disertaciji je poudarek na obravnavi prvega stebra, medtem ko druga dva stebra obravnavamo le okvirno v omejenem obsegu in le v tolikšni meri, da je razumljiva njihova medsebojna povezava v celoto geodetske znanosti.

V disertaciji razlikujemo pojme položaj, koordinate, lokacija in geolokacija. Iz tega razloga je smiselno in potrebno vzpostaviti dovolj konkretno in korektno konceptualno in terminološko povezavo med:

- položajem,
- koordinatami,
- lokacijo in
- geolokacijo.

Položaj je količina, ki se nanaša na točko ali objekt in ga podajajo ali predstavijo koordinate v izbranem koordinatnem sistemu. Namesto koordinat lahko položaj podamo ali predstavimo tudi opisno. Položaj kot funkcija časa je absolutna kategorija, kajti na istem mestu se lahko v nekem trenutku nahaja samo ena točka ali en objekt.

Koordinate točke/objekta so algebrajska števila, s katerimi predstavimo/podamo/opišemo položaj, vendar le v okviru izbranega koordinatnega sistema. Ker so koordinate odvisne od koordinatnega sistema, jih obravnavamo kot relativno kategorijo.

Lokacija je položaj, ki je opremljen z ustrezno vsebino ali atributom. Lokacija točke ali objekta je količina, ki je v neki (vsebinski) relaciji z drugimi točkami ali objekti v prostoru.

Geolokacija pa je lokacija točke, objekta na Zemlji oziroma glede na Zemljo.

Geolokacijo torej obravnavamo kot lokacijo na Zemlji, ki jo opredelimo tako, da položaju (podanemu s koordinatami) dodelimo za nas zanimivo vsebino/atribut. Tako imamo položaj podan s koordinatami, ki ima dodeljene ustrezne attribute oziroma vsebino, s čimer je položaj postal lokacija, ki pa je hkrati tudi geolokacija, ker je podana glede na Zemljo.

Za določanje lokacije točke v terestričnem koordinatnem sistemu Zemlje uporabljamo pojem *geolociranje*. Geolociranje je tista naloga geodezije, ki jo večina ljudi najbolj pozna. Stoletja dolgo je bila vloga geodezije v službi geolociranja dejstev o sestavinah fizičnega prostora ter njihovega prikaza z izdelavo načrtov in kart, zato to večina ljudi še vedno razume kot glavni cilj geodezije. Tudi v današnjem času še vedno spada velik del informacij, ki jih zagotavlja geodezija, prav v domeno geolociranja. Zemlja sama ter stanja objektov na njej se v prostoru s časom spreminjajo, zato se s časom spreminja tudi geolokacija sestavin telesa Zemlje ter stanj objektov v prostoru.

Geolocirane točke predstavljajo različne fizične objekte v prostoru, bodisi samostojno ali kot skupek več med seboj fizično ali logično povezanih točk, ki v prostoru določajo obliko in lego posameznega objekta z ustrezno vsebino ali atributom. Problem geolociranja je tako določitev geolokacij točk z izmero količin, ki povezujejo merjeno terestrično točko s točkami v prostoru z znano geolokacijo. Merjene količine so opazovane smeri in koti ter opazovane razdalje med merjenimi točkami in točkami z znano geolokacijo.

Točke z znano geolokacijo so v geodeziji točke terestričnega koordinatnega sistema, realizirane v vsakokratnem koordinatnem sestavu, v katerem izvajamo meritve. Kot točke z znano geolokacijo štejemo tudi opazovane izvenzemeljske objekte, kot so zvezde ali sateliti, za katere so znane koordinate njihovega položaja in njihova identifikacija. Tudi v tem primeru lahko določamo koordinate položaja neznane točke z izmero količin, ki povezujejo to terestrično točko s temi objekti v vesolju.

Koordinatni sistem (angl. coordinate system) je dogovor oz. sredstvo za opis položaja točke v prostoru. Koordinatni sistem, ki ga za opis položaja potrebujemo, je le dogovor, definicija matematičnih, fizikalnih in geodetskih pravil in konstant, ki določa, kako se določeni položaj pretvori v obliko zapisa z ustreznim številom algebrskih števil, to je s koordinatami v koordinatnem sistemu. Koordinatni sistem ni praktično uporaben. Uporaben postane, ko ga materializiramo. Koordinatni sestav (angl. coordinate frame) je materializacija koordinatnega sistema. Povezavo med koordinatnim sistemom in sestavom zagotavljajo opazovanja. Kakovost koordinatnega sestava oziroma realizacije koordinatnega sistema je odvisna od kakovosti opazovanj, zato v geodeziji opazovanjem in različnim vplivom nanje posvečamo veliko pozornosti (Stopar, 2011).

Za materializirani koordinatni sistem (fizičnim ali navideznim objektom – točkam dodeljene koordinate oziroma geolokacija v izbranem koordinatnem sistemu) danes uporabljamo tudi pojem geoinformacijska infrastruktura. Znanstveno poslanstvo geodezije na začetku 21. stoletja je celovita vzpostavitev (realizacija) enotnega terestričnega koordinatnega sistema za geolociranje podatkov in informacij z upoštevanjem časovne komponente. Koordinatni sistem je, s praktičnega stališča, ves koordinatno (geolokacijsko) opredeljen fizični prostor. Družbeno poslanstvo geodezije današnjega časa je doseči njeno najširšo uporabo v prostorski komponenti vseh področij našega vsakdanjega življenja z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov, da bo globalni terestrični koordinatni sistem postal enotna univerzalna osnova geolociranja. Obe poslanstvi bo geodezija dosegla tako, da bo zagotovila pogoje za uporabo aplikativnih geodetskih tehnologij, med njimi globalnih navigacijskih satelitskih sistemov, v kombinaciji z geoinformacijskimi orodji in tehnikami digitalne mobilne komunikacije. Sam postopek geolociranja sestavin telesa Zemlje ter stanj objektov v prostoru namreč potrebuje sintezo in optimizacijo uporabe navedenih tehnologij in orodij.

V disertaciji izpostavljamo interdisciplinarne vidike geodezije in njenih podatkov s prikazom prednosti uporabe geodetskih teorij, konceptov, metodologij in tehnologij na področju geolociranja v podporo znanstvenim, okoljskim, gospodarskim, družbenim in zasebnim dejavnostim človeštva in posameznika. V ta namen bomo morali geodeti med drugim tudi sprejeti in obvladati nove izzive za izobraževanje na področju geodezije in geoinformatike (Magel in Triglav, 2004). Hiter razvoj elektrotehnike, računalništva in vesoljskih tehnologij v zadnjega pol stoletja ponuja tudi geodeziji nova zmogljiva orodja z močnim vplivom na pomen, natančnost, zanesljivost, obseg in cikel obnavljanja prostorskih podatkov. Globalna geodetska skupnost je izrabila to priložnost za vzpostavitev referenčnega terestričnega koordinatnega sistema. Za kakovostno, natančno in zanesljivo uporabo hitro naraščajoče količine globalnih prostorskih podatkov iz različnih virov pa ga mora zdaj z dinamičnim in interdisciplinarnim pristopom še uveljaviti kot temelj natančne prostorske geoinformacijske infrastrukture (Kouba et al., 2000). Ta temelj mora biti enostavno dostopen na

globalnem nivoju tako vsem sorodnim znanstvenim disciplinam kot tudi vsej globalni skupnosti v najširšem spektru aplikacij iz vsakdanjega življenja, kjer nastopa geolokacija.

V geodeziji apliciramo prostorsko-časovna območja z zapisom posameznih za geodezijo pomembnih vsebin in dejstev v svojih evidencah, ki so zapisane v bazah prostorskih podatkov, kot so npr. baza geodetskih točk, topografska baza, zemljiški kataster, kataster stavb, kataster gospodarske javne infrastrukture, digitalni model reliefa, register prostorskih enot in evidenca hišnih števil, ipd. Za potrebe vsakokratne aplikacije podatke teh baz na podlagi njihove geolokacije, semantičnih povezav med njimi, ipd., med seboj ustrezno povežemo, generaliziramo ter prostorsko in časovno omejimo.

Za geolokacijo kot funkcijo časa sta enako kot za časovno geografijo ključni dve entiteti, prostorsko-časovna pot in prostorsko-časovna prizma. Prostorsko-časovna pot beleži gibanje posameznika v prostoru in času. Nove lokacijsko zaznavne tehnologije (LAT), kot je kombinacija mobilnih komunikacijskih naprav in radiolokacijskega ali GNSS geolociranja, omogočajo evidentiranje poti z visoko ločljivostjo v realnem prostorsko-časovnem okolju (Kwan, 2000). Prostorsko-časovna prizma je razširitev entitete poti in je merilo zmožnosti dosega določene geolokacije v prostoru in času ob danem pogoju znanih geolokacij in trajanju fiksnih aktivnosti. Napredek v razvoju tehnologije geografskih informacijskih sistemov GIS vzpodbuja raziskave v smeri razvoja formalnih pravil za vpeljavo ključnih entitet časovne geografije v računalniške modele in algoritme, vendar z omejenim uspehom.

Doslej poskusi integriranja časovne geografije in GIS še niso dosegli stopnje, ki jo Goodchild (2002) imenuje *meritveno-podprti GIS*. Gre za softver, ki bi zagotavljal bodisi dostop do originalnih meritev ali funkcije za določitev geolokacije iz originalnih meritev. Tradicionalno so danes v uporabi *koordinatno-podprti GIS* softveri, ki omogočajo uporabo geolokacij izmerjenih objektov in s tem prevzemajo geolokacijo kot dejstvo in le z omejeno možnostjo prikaza njene kakovosti (Miller, 2005).

Ena od možnosti, da v geoinformacijske sisteme in GIS vpeljemo kategorijo kakovosti informacij o geolokaciji je, da skupaj s samimi koordinatami geolokacije zagotovimo kot vhodni podatek tudi podatek o prostorski in časovni kakovosti geolokacije. V disertaciji zato obdelamo možen pristop k problemu s sistematičnim klasificiranjem geodetskih tehnologij glede na kriterij potrebne točnosti prostorske določitve geolokacije in kriterij potrebne časovne gostote določitve geolokacije v posameznih relevantnih področjih aplikacij, ki predstavljajo ogrodje ključnih segmentov funkcioniranja družbe, gospodarstva in posameznika, zato jih je nujno upravljati varno, zanesljivo, ekonomično, natančno in s skrbjo za okolje. V disertaciji izvedemo analizo potreb posameznih relevantnih področij za družbo, gospodarstvo in posameznika po navezavi na GNSS tehnologije.

Pri tem imajo varnost, varovanje in zaščita ljudi, okolja in premoženja v sodobnem svetu vedno večji pomen, zato v disertaciji obdelamo uporabnost GNSS in aplikativnih geodetskih tehnologij na teh področjih. V tem kontekstu je potrebno omeniti posebej velik in v veliki meri še neizkoriščen potencial aplikacij večsenzorskih sistemov, npr. na področjih transporta, inženiringa in graditve, avtomobilske navigacije, osebne navigacije, navigacije v zaprtih prostorih, apliciranja logične in geometrijske topologije v trirazsežnem prostoru zgradb, ipd.

Pravila terestričnih koordinatnih sistemov se z numerično-grafičnim predstavljanjem prenašajo iz realnega v navidezni svet. S hitrim razvojem tehnologij računalniške grafike in mobilnih telekomunikacij je možno podatke in informacije o realnem svetu ali iz realnega sveta prikazati v navideznem svetu trirazsežne digitalne grafike. S kombiniranjem geolociranih podatkov in informacij letalskega ali satelitskega slikovnega daljinskega zaznavanja, digitalnega modela reliefa, GNSS, LiDAR, InSAR in drugih senzorjev je možno tak navidezni svet prikazati kot približek realnega sveta, pri čemer je kakovost tega približka odvisna zlasti od kakovosti in natančnosti uporabljenih senzorskih podatkov ter od kakovosti algoritmov t.j. geodetske metodologije za njihovo kombinirano uporabo. Navidezne svetove predstavljajo tudi digitalni modeli grajenih objektov, ki so običajno geolocirani s svojimi karakterističnimi točkami. Posebna oblika navideznega sveta globalnih razsežnosti je internet oz. svetovni splet, kjer je geolokacija določena z IP naslovi vseh uporabnikov, upravljavcev in ponudnikov storitev. Med navidezne svetove spada tudi svet digitalnih dokumentov, ki v svoji tekstovni vsebini vsebujejo besede ali številke, ki predstavljajo geolokacijo v realnem svetu, npr. ime države, kraja, ulice, hišne številke, ipd. Število navideznih svetov in njihovih vsebin je zelo veliko, a za temo disertacije so zanimivi le tisti navidezni svetovi, ki so po svoji vsebini povezani z realnim svetom. V disertaciji geolociranje obravnavamo v terestričnem koordinatnem sistemu v povezavi z GNSS globalnimi navigacijskimi satelitskimi sistemi, pri čemer je osrednji poudarek na pomenu geolokacije v opisu realnega in navideznega sveta.

Iz gornjih uvodnih ugotovitev povzamemo ključno hipotezo in cilj disertacije. Z disertacijo bomo pokazali, da je analizo pomena geolokacije kot funkcije časa mogoče izvesti na pregleden in sistematičen način z medsebojnim obojestranskim sodelovanjem proizvajalcev in uporabnikov na področju obravnave prostorske in časovne kakovosti geoprostorskih podatkov. V ta namen bomo v disertaciji razvili preprost matematično določljiv postopek razvrščanja prostorsko-časovne kakovosti geoprostorskih podatkov. Postopek bomo preizkusili na primerih geodetskih in geolokacijskih opazovalnih orodij in metod ter na primerih ključnih uporabniških področij. S tem preizkusom bomo pokazali, da je možno za potrebe analize pomena geolokacije kot funkcije časa uporabiti poenoteni matrični vizualni prikaz. V disertaciji bomo nakazali tudi nekatere dodatne možnosti razvoja uporabe matričnih vizualnih prikazov, ki so koristne za proizvajalce in uporabnike geoprostorskih podatkov.

1.1 Uvodna predstavitev poglavij disertacije

V 2. poglavju predstavimo izbor metodologije za obravnavo geolokacije kot funkcije časa. Za boljše razumevanje teme disertacije v poglavju 2.1 predstavimo oris zgodovinskega razvoja povezanosti geodezije, geolokacije in časa. Temeljno vlogo koordinatnih sistemov za določanje geolokacije v disertaciji podrobneje opišemo v poglavju 2.2 Koordinatni sistemi. V poglavju 2.3 na kratko predstavimo tudi časovne sisteme in mere.

Analize pomena geolokacije kot funkcije časa ni mogoče opraviti brez proučitve kakovosti geoprostorskih podatkov, še posebej prostorsko-časovne razsežnosti te kakovosti. Tem vprašanjem namenjamo poglavje 2.4 Kakovost geoprostorskih podatkov, kjer opišemo splošna merila kakovosti s posebnim poudarkom na kakovosti geoprostorskih podatkov, v poglavju 2.5 pa predstavimo tudi pregled metodologije prostorsko časovne kakovosti z izborom za temo disertacije pomembnih dosedanjih znanstvenih raziskav na tem področju.

V disertaciji v nadaljevanju v poglavju 3 podrobno predstavimo izvirni aktualni prispevek avtorjev na tem področju z opisom ideje o sistematičnem ocenjevanju prostorsko-časovne kakovosti geoprostorskih podatkov (Triglav et al., 2011) z uporabo preproste in dinamične rešitve na osnovi matrik STEM prostorsko-časovnih ocenitev (angl. Spatio-Temporal Evaluation Matrix), ki jih opisujemo v poglavju 3.1, in matrik INSTANT indeksa prostorsko-časovnih predvidevanj (angl. Index of Spatio-Temporal ANTicipations), ki jih opisujemo v poglavju 3.2. Kot eno od možnosti za nadaljnje raziskovanje v poglavju 3.3 predstavimo zamisel o uvedbi preproste STEM matrike ujemanja vrst podatkov s potrebami uporabnikov LoM. Nakažemo možno nadgradnjo matrik LoM s STEM matrikami INUSE faktorja oz. indeksa uporabnosti. Kot zanimivo in uporabno možnost na področju stroškovnih primerjav na kratko opišemo STEM stroškovno matriko LoC in matriko finančne izvedljivosti LoV. V poglavju 3.4 opišemo zamisel o spletni uporabi koncepta STEM/INSTANT matrik in v poglavju 3.5 podamo nekaj osnovnih navedb o primernosti razpoložljivih geoprostorskih podatkov za določena področja uporabe.

Analizi pomena geolokacije kot funkcije časa v teh slednjih aplikacijah v disertaciji v poglavju 4 Rezultati namenjamo največ prostora z uporabo enostavnega enotnega pristopa in nazorne vizualne predstavitve prostorsko-časovne kakovosti razpoložljivih metod za geolociranje na strani ponudnikov, potreb uporabnikov po prostorsko-časovni kakovosti geoprostorskih podatkov ter dinamike medsebojne skladnosti prostorsko-časovne kakovosti razpoložljivih geoprostorskih podatkov ponudnikov in geoprostorskih podatkov, ki jih potrebujejo uporabniki. Na podlagi metodologije matrik STEM, predstavljene v 3. poglavju, najprej v poglavju 4.1 izvedemo sistematično analizo primerov razpoložljivih geodetskih in geolokacijskih opazovalnih orodij in metod s pomočjo izdelave

posameznih matrik STEM za glavna razpoložljiva orodja oz. metode. Nato na enak način v poglavju 4.2 izvedemo še analizo primerov uporabniških področij. Poleg osnovnih družbeno koristnih področij in tem iz prilog direktive INSPIRE obdelamo tudi glavna področja uporabe GNSS tehnologije geolociranja. Zaradi njegove množične razširjenosti predstavljamo in obdelamo tudi področje geoinformacijsko komunikacijskih tehnologij (Geo-IKT), s poudarkom na geolokacijskih merskih tehnologijah in aplikacijah, katerih globalni razvoj in pomembnost predvsem v zadnjih dveh desetletjih izjemno napreduje, v zadnjem času predvsem na področju lokacijsko podprtih storitev in znotrajstavnega geolociranja.

V zaključnem poglavju disertacije 5 Razprava in sklepi strnjeno ponovimo bistvene dosežke disertacije, predstavimo zaključke obravnavane teme disertacije in podamo sklepne misli obravnavane teme disertacije.

2 METODE

Geolokacijo v današnjem času običajno podajamo v koordinatnem sistemu. Za določanje, spremljanje in evidentiranje sprememb geolokacije uporabljamo t.i. geodetsko metodologijo. Geolokacija je funkcija časa. Za posamezna področja aplikacij geolokacije so značilne različne ravni dinamike sprememb, ki za definiranje geolokacije kot funkcije časa od geodezije zahtevajo kakovostno ustrezno prilagojen pristop, pri čemer je geodetska metodologija opredeljena s potrebno kakovostjo vsakokratnih zahtev aplikacije oz. naloge. Pri tem je npr. razpon potrebne točnosti položaja od 0,1 mm pri spremljanju premikov in deformacij grajenega in naravnega okolja ali nekaj centimetrov v evidentiranju zemljiško lastniških stanj do nekaj metrov ali tudi več v navigaciji in lokacijsko podprtih storitvah (LBS) ter do kilometrov v meteoroloških in podobnih aplikacijah. Hkrati se geolokacija objektov in stanj ali dogajanj kot funkcija časa na posameznih področjih aplikacij spreminja različno hitro, to je z različno velikimi spremembami (Δx , Δy , Δz) njihovega položaja v določenem časovnem intervalu Δt . Tako je npr.: pri spremljanju geodinamičnih pojavov hitrost sprememb na nivoju mm/leto, hitrosti sprememb premikov grajenega okolja so praviloma velikosti do cm/mesec, pri lokacijsko podprtih storitvah pa je hitrost spremembe položaja lahko več deset metrov/sekundo.

Upoštevati je potrebno tudi različne tipe območij določevanja geolokacije. Pri tem sta za potrebe disertacije pomembna zlasti dva tipa območij:

1. zunanji – izvenstavbni, odprt prostor (angl. outdoor)
2. notranji – znotrajstavbni, zaprt prostor (angl. indoor)

Pri znotrajstavbnem tipu območij praviloma zaradi lažje orientacije v prostoru znotraj stavbe uporabljamo lokalizirane in na konstrukcijo stavb vezane dvo- ali trirazsežnostne načine določanja položaja ob določenih časih, vendar to za namene disertacije ni bistvenega pomena in tudi za take tipe območij uporabljamo enotni pojem geolokacije.

Geodetska metodologija mora zagotoviti tako raznolikim aplikacijam primerne prostorske podatke. Za prostorske podatke (angl. spatial data) v praksi uporabljamo tudi pojem geoprostorski podatki (angl. geospatial data) ali geografske informacije (angl. geographic information). Uvodoma smo pojasnili, da je konkretni prostor, ki nas v disertaciji zanima, Zemlja. Iz tega razloga bomo v nadaljevanju za naravne in grajene objekte z znano geolokacijo v prostoru Zemlje uporabljali pojem geoprostorski podatki.

V časovnem smislu skupine geoprostorskih podatkov za potrebe disertacije opredelimo po njihovem izvoru v dve sestavini:

1. Geolokacijsko-časovna sestavina fizičnega prostora – sem spadajo
 - naravni fenomeni, ki se dogajajo stalno in zvezno – npr. vrtenje Zemlje okoli svoje osi, potovanje Zemlje okoli Sonca, precesija, nutacija, plimovanje morja itd.
 - naravni fenomeni, ki nimajo znane periodičnosti in zveznosti ter fenomeni, povezani s človekovimi posegi v prostor – npr. premiki naravnega in grajenega okolja itd.
2. Geolokacijsko-časovna sestavina fizičnih oseb oz. živih bitij in njihovih aktivnosti, katerih posledica je spreminjanje položaja v času, bodisi njihovega lastnega položaja ali položaja z njimi funkcionalno povezanih objektov.

Pri tem je značilno, da imajo pri geolokacijsko-časovni sestavini fizičnega prostora ključno vlogo tako geodetske meritve same kot geodetska metodologija, medtem ko pri geolokacijsko-časovni sestavini fizičnih oseb in njihovih aktivnosti vlogo geodetskih meritev opravljajo različne lokacijsko zaznavne tehnologije LAT ob upoštevanju pravil geodetske metodologije.

Za potrebe disertacije je pomembno poznati pomen razlikovanja dolžine časovnih intervalov od zajema geoprostorskih podatkov do možnosti njihove uporabe. V splošnem velja, da je pri klasičnih geodetskih meritvah (z izjemo nekaterih tehnik GNSS meritev) časovni interval od geodetske izmere do možnosti njihove uporabe praviloma daljši, kot pri ostalih lokacijsko zaznavnih tehnologijah LAT, kjer so geoprostorski podatki praviloma razpoložljivi v realnem času. Hkrati je položajna točnost geodetskih meritev praviloma bistveno večja kot pri ostalih lokacijsko zaznavnih tehnologijah LAT. Tehnološki razvoj pa gre po eni strani hitro v smeri krajšanja časovnih intervalov pri geodetskih meritvah, po drugi strani pa v smeri povečanja položajne točnosti ostalih lokacijsko zaznavnih tehnologij LAT. Iz tega razloga je razumno pričakovati, da se bo z leti razlika glede položajne in časovne točnosti med geodetskimi meritvami in ostalimi lokacijsko zaznavnimi tehnologijami LAT vedno bolj manjšala.

Geoprostorski podatki, pridobljeni z geodetsko metodologijo, morajo ustrezati standardnemu modelu kakovosti prostorskih podatkov glede treh preglednih (kvalitativnih) elementov kakovosti o namenu, uporabi in poreklu ter petih osnovnih (kvantitativnih) elementov kakovosti o podatkovni popolnosti, logični usklajenosti, položajni točnosti, časovni točnosti in opisni točnosti. Geodezija določa in zagotavlja temeljno geoinformacijsko infrastrukturo, kot enega nujnih temeljnih gradnikov delovanja sodobne družbe in ogrožje, na katerem je vzpostavljena prostorska podatkovna infrastruktura (angl. SDI – Spatial Data Infrastructure). Tudi sicer geodezija na zelo različne načine prispeva k delovanju sodobne družbe, čeprav je ta prispevek ljudem izven geodetske stroke in znanosti pogosto neznan ali pa ga ne razumejo. To je eden od pglavitnih razlogov, da geodetska znanost in stroka za številne

družbeno pomembne naloge geodetske službe zelo težko pridobivata družbeno soglasje in potrebna sredstva za svoje delovanje v korist družbe.

Hkrati pa ima to nepoznavanje pri uporabnikih za posledico, da za svoje potrebe na določenem družbenem, gospodarskem ali zasebnem področju delovanja v svojem okolju izberejo neustrezne geoprostorske podatke, npr. bodisi prevelike ali premajhne prostorske in časovne natančnosti. Izbira neustreznih geoprostorskih podatkov ima več negativnih posledic, predvsem na strani uporabnikov geoprostorskih podatkov, iz več razlogov pa je škodljiva tudi za proizvajalce oz. ponudnike geoprostorskih podatkov. Za povečanje kakovosti in učinkovitosti uporabe geoprostorskih podatkov je potrebna sistematična analiza pomena geolokacije kot funkcije časa, ki jo lahko s pridom uporabljajo tako proizvajalci oz. ponudniki kot uporabniki geoprostorskih podatkov.

Analizo pomena geolokacije kot funkcije časa izvedemo z določitvijo enotnih indikatorjev relevantnosti za izbrana področja aplikacij. Z analizo nabora enotnih indikatorjev prikažemo povezavo med kakovostjo geolokacije in njene časovne komponente s posameznim izbranim relevantnim področjem aplikacij. Geodezija in uporabniki njenih podatkov potrebujejo sistematični pregled glede na kriterij potrebne točnosti določitve geolokacije in kriterij potrebne časovne gostote določitve geolokacije v posameznih izbranih relevantnih področjih aplikacij. To bo vodilo geodeziji pri usmerjanju znanstvenega razvoja v zagotavljanju ustreznih informacij o geolokaciji različnim relevantnim področjem aplikacij, ki bodo za potrebe vsakokratne aplikacije ustrezno povezane, generalizirane ter prostorsko in časovno omejene na prostorsko-časovno območje te aplikacije.

Področja uporabe metod sodobne geodezije analiziramo glede na kriterij potrebne točnosti določitve geolokacije in kriterij potrebne časovne gostote določitve geolokacije za namene uporabe v izbranih relevantnih aplikacijah. Uporabimo sistematični pristop v prostorsko-časovnem okolju. Ogradje tega prostorsko-časovnega okolja je dejstvo, da sta prostor in čas povezana, in tvorita $n+1$ razsežno prostorsko-časovno (angl. Spatio-Temporal, ST) območje, ki ga označimo s $ST(n+1)R$ (Hendricks et al., 2002), pri čemer je prostor določen z n razsežnostmi, čas pa z eno razsežnostjo. Vsi objekti in stanja, ki so predmet proučevanja geolokacije kot funkcije časa, so znotraj takega prostorsko-časovnega območja ST. Prostorsko-časovna območja v geodeziji so praviloma ST4D, določena so s tremi prostorskimi razsežnostmi ($n=3$) in z eno časovno razsežnostjo ($n=1$).

Tehnologije, s katerimi lahko naprave v realnem času pasivno ali aktivno določijo geolokacijo v globalnem, regionalnem ali lokalnem obsegu, imenujemo lokacijsko zaznavne tehnologije LAT (angl. location-aware technologies). Mednje spadajo tudi GNSS in radiolokacijske metode (npr. A-GPS, Wi-Fi, RFID, itd.), podprte s telekomunikacijskimi sistemi mobilnih omrežij, ter omogočajo meritve osnovnih entitet in njihovih medsebojnih razmerij v prostorski in časovni ločljivosti, ki je bila še pred

nekaj desetletji skoraj nepredstavljiva. Lokacijsko podprte storitve LBS (angl. Location-Based Services) pa omogočajo posredovanje geolokacijsko specifičnih vsebin preko mobilnih telekomunikacijskih omrežij.

Problemi, povezani z obravnavo in analizo prostorsko-časovnih entitet, so predmet geoinformacijske znanosti in širšega področja časovne geografije. Še posebej sta razvoj LAT in LBS vzpodbudila raziskovalce k načrtovanju podatkovnih baz za shranjevanje informacij o gibljivih objektih. Ker digitalne tehnologije lahko evidentirajo geolokacijo objekta le v diskretnih časovnih trenutkih, je ključni problem interpolacija geolokacije objekta v poljubnem trenutku na osnovi zabeleženih geolokacij, za kar pa v literaturi obstajajo rešitve (Sistla et al., 1998; Moreira et al., 1999; Pfoser in Jensen, 1999; Yanagisawa et al., 2003).

Problem pomena geolokacije kot funkcije časa obdelamo s pomočjo in na osnovi obravnave kakovosti geoprostorskih podatkov in sicer z osredotočenjem na elementa kakovosti položajne točnosti in časovne točnosti. Za analizo teh dveh elementov kakovosti uporabimo kriterija prostorske in časovne ločljivosti. V disertaciji za potrebe analize predlagamo uvedbo dvorazsežnega matričnega prikaza, v katerem je prostorska ločljivost za horizontalno in vertikalno komponento prostorske razsežnosti praviloma izenačena in prikazana v vrsticah matrike, časovna ločljivost pa je prikazana v stolpcih matrike.

Analizo pomena geolokacije kot funkcije časa izvedemo s pomočjo pregledne analize prostorsko-časovne ločljivosti oz. t.i. zrnivosti (angl. granularity) geoprostorskih podatkov. Prostorsko-časovno ločljivost oz. zrnivost najenostavneje razložimo, če povemo, da nas za potrebe te disertacije bolj kot odgovori na povezani splet vprašanj

kdo ali kaj? → kje? → kdaj?

zanimajo sistematično razvrščeni odgovori na povezani splet vprašanj, ki si jih za različne vrste geoprostorskih podatkov pri svojem delu postavljajo proizvajalci in uporabniki geoprostorskih podatkov

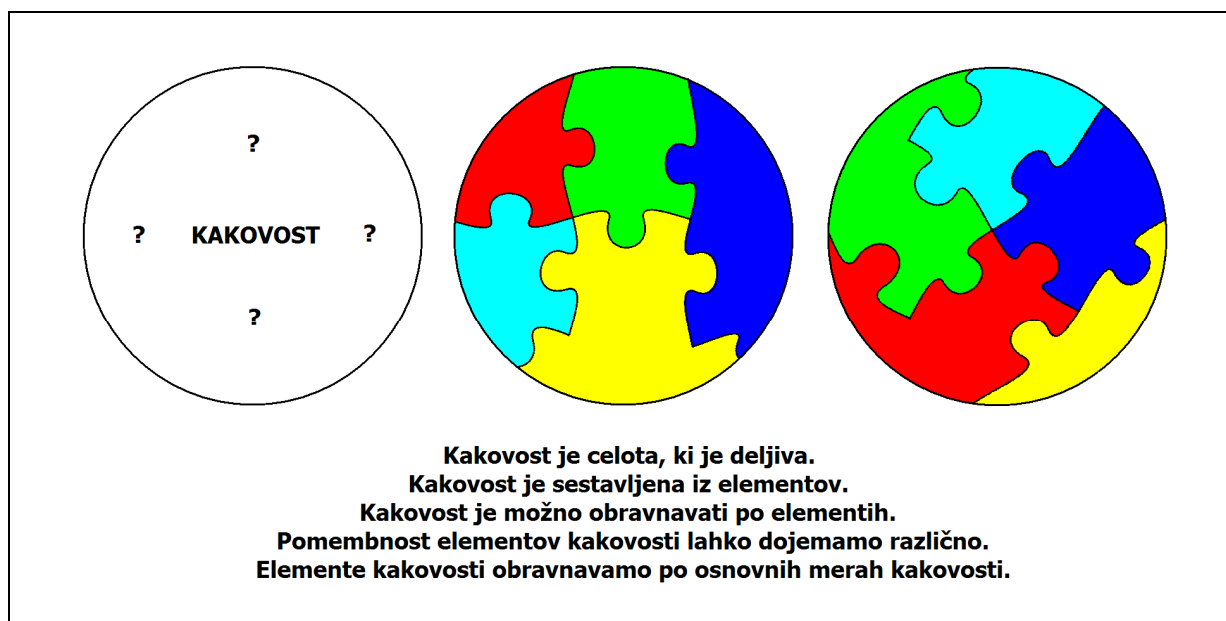
kateri podatki? → s kakšno prostorsko ločljivostjo? → s kakšno časovno ločljivostjo?

Pojem kakovosti in nekaj nazornih primerov pogostih načinov njene obravnave med proizvajalci in uporabniki geoprostorskih podatkov ponazarjamo na slikah 2.1 in 2.2, medtem ko na sliki 2.3 ponazarjamo idejo presejanja kakovosti za elementa prostorske in časovne točnosti z razvrstitvijo na različne stopnje prostorske in časovne ločljivosti.



Slika 2.1: Kako obravnavamo kakovost?

Figure 2.1: How do we treat quality?



Slika 2.2: Razmerja med kakovostjo in elementi kakovosti.

Figure 2.2: Relationships between quality and quality elements.



Slika 2.3: Presejanje kakovosti po stopnjah ločljivosti LoD in LoT.

Figure 2.3: Assessing quality by the levels of LoD and LoT granularity.

Pri tem uporabimo določene stopnje prostorske ločljivosti LoD (angl. Level of Detail) in časovne ločljivosti LoT (angl. Level of Time) geoprostorskih podatkov. Zaradi preglednosti in enostavnosti v analizi uporabimo po 10 stopenj prostorske in časovne ločljivosti v skupni matriki, kar je podrobno predstavljeno v nadaljevanju v poglavju 3.

Še prej je za razumevanje teme disertacije in za njeno postavitev v kontekst pomena ter medsebojne povezanosti geolokacije, časa in kakovosti njune določitve potreben pregled dosedanjega razvoja ter dosežkov in raziskav na tem področju, ki ga izvedemo z navezavo na izbor obstoječih razpoložljivih virov v znanstveni in strokovni literaturi. Ta pregled predstavljamo v poglavjih od 2.1 do 2.5.

2.1 Oris zgodovinskega razvoja povezanosti geodezije, geolokacije in časa

S kratko predstavitvijo zgodovinskega razvoja povezanosti geodezije, geolokacije in časa od antičnega časa do današnjih dni podamo temeljni geodetski prostorsko-časovni okvir za opis metodologije in rezultatov disertacije.

2.1.1 Oblika in velikost Zemlje

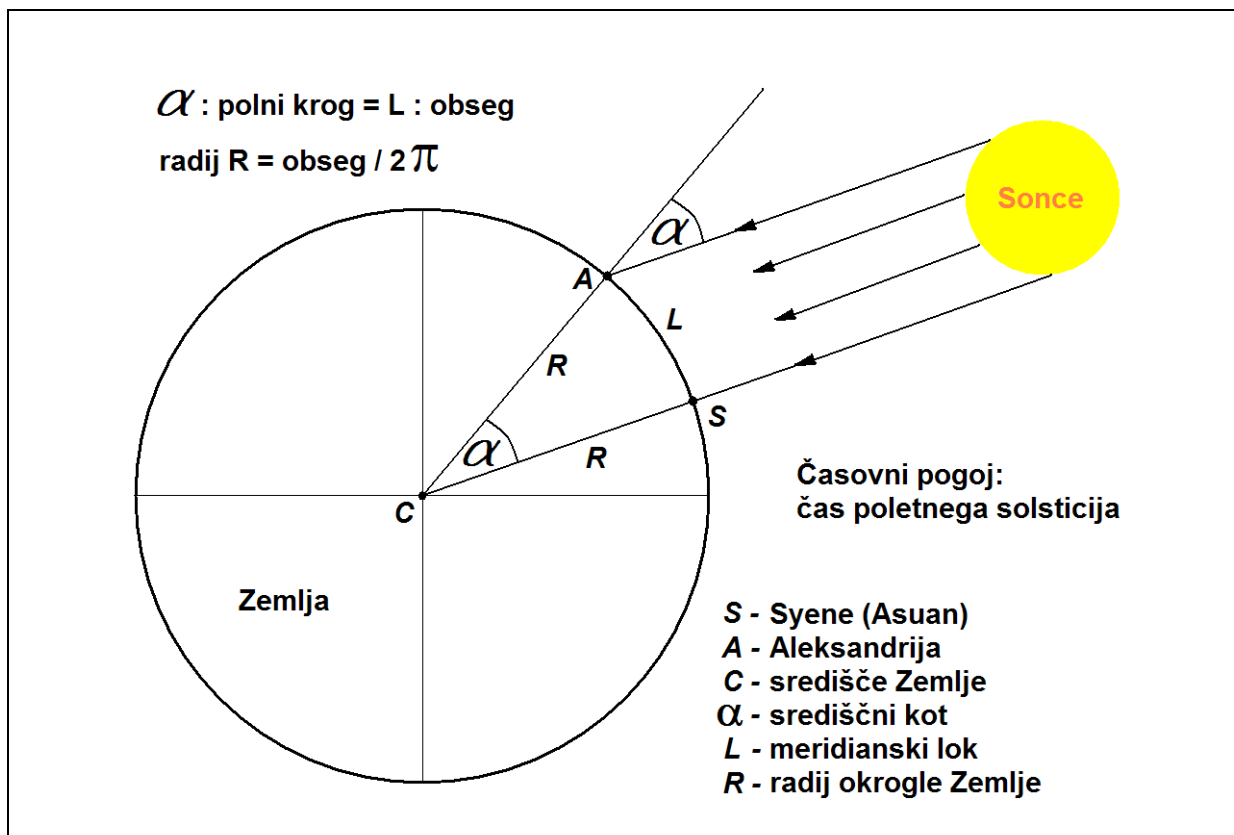
V antičnem času so se med učenjaki pojavljale različne zamisli in mnenja o obliki Zemlje, ki so vključevale oblike od plošče, valja, stebra in preko oblike kroga do krogle. Zamisel o Zemlji kot

krogli, ki je bila temeljna za nadaljnji razvoj zamisli o obliki Zemlje, je imela svoje začetke med antičnimi grškimi filozofi pitagorejske šole v 6. stoletju pr. n. š. in je opisana v delih filozofa Platona in njegovih naslednikov, vključno s filozofom Aristotelom (Thrower, 2008). V času Aristotla (384 – 322 pr. n. š.) je bila zamisel o Zemlji kot krogli že splošno sprejeta. Antični Grki so uporabljali sistem razdelitve kroga na 360 enakih delov, ki so ga prevzeli od babilonskega šestdesetiškega sistema in babilonskih astronomov. Zapisi iz svetišč antičnega mesta Uruk v poznem četrtem tisočletju pr. n. š. že vključujejo primere delitve leta na 12 mesecev po 30 dni, t.j. na 360 dni (Robson, 2004). Z opazovanjem Sonca, Lune, zvezd in vidnih planetov so poznali krožno premikanje Sonca na njegovi navidezni poti čez nebo in vedeli, da traja približno 360 dni, da preteče eno leto. Zato so celotno Sončevo navidezno krožno pot razdelili na 360 stopinj. Egipčani so glede delitve časa približno leta 1500 pr. n. š. naredili še nadaljnji korak in razdelili dan na 24 ur. Sprva se je dolžina ur spreminjala z letnimi časi, s svojim sistematičnim pristopom pa so jo kasneje grški astronomi izenačili na enotno časovno dolžino. V obdobju med leti 300 in 100 pr. n. š. so Babilonci uro razdelili na še manjše enote, uro na 60 minut in minuto na 60 sekund. Tako je na osnovi babilonskega šestdesetiškega sistema skozi stoletja antike nastala povezava med merjenjem časa, kotov in geografskih koordinat, ki se je z malenkostnimi spremembami ohranila do današnjih dni. Oblika Zemlje torej logično medsebojno povezuje merjenje geolokacije in časa že več kot dva tisoč let.

Tudi prva znanstvena metoda določitve obsega Zemlje, ki sega v tretje stoletje pr. n. š., je tesno povezana s časom. Enostavno, a genialno metodo izmere obsega Zemlje je uporabil Eratosten (276 – 195 pr. n. š.), začetnik geodezije (Torge, 2001). Pri svoji meritvi (slika 2.4) je Eratosten uporabil že v takratnih časih znan pojav v vodnjaku v kraju Asuan na reki Nil.

V Asuanu je na najdaljši dan v letu, ob poletnem solsticiju 21. junija, sonce sijalo do dna globokega vodnjaka, medtem ko se v Aleksandriji, ki je ležala približno severno od Asuana, tak pojav ni dogajal. Za razliko od Asuana so v Aleksandriji sončni žarki padali pod kotom glede na navpičnico. Iz dolžine sence palice, postavljene navpično v polkrožni posodi, je Eratosten izmeril, da znaša kot sence približno $1/50$ polnega kroga. Ta kot je enak centralnemu kotu med krajema Asuan in Aleksandrija, če bi ga lahko izmerili iz središča okrogle Zemlje. Eratosten je na podlagi takrat znane ocene razdalje med Asuanom in Aleksandrijo, ki je znašala 5000 stadijev, ocenil velikost obsega Zemlje na 252 000 stadijev. Eratosten je za izračun kot enoto dolžinske mere uporabljal stadij III, katerega dolžina znaša 158,73 m (Lelgemann, 2008). Preračunano v enote metričnega sistema da Eratostenov izračun obsega Zemlje rezultat 40 000 km, kar posledično pomeni, da je polmer Zemlje 6365 km ($= 252000/2\pi = 40100 \text{ stadijev} = 6365 \text{ km}$). Ta vrednost se le minimalno razlikuje od srednje vrednosti polmera Zemlje 6371 km, kot je določen z elipsoidom WGS 84. Eratosten je torej za določitev obsega Zemlje uporabil merjenje poldnevniškega loka, pri katerem je na obeh krajiščih tega loka za merjenje

centralnega kota uporabil isti časovni trenutek. Podobna načela merjenja se s spremembami metod geodetskih opazovanj uporabljajo tudi v današnjem času.



Slika 2.4. Eratosten je za svojo določitev obsega Zemlje uporabil isti trenutek v času – poletni solsticij – na obeh krajiščih merjenega loka in s tem izmeril centralni kot loka ter tako s preprostim računom izračunal obseg Zemlje.

Figure 2.4: Eratosthenes has used the same specific moment in time – the summer solstice – on both ends of the arc to measure the central angle and calculate the circumference of the Earth.

2.1.2 Zemljepisna širina, zemljepisna dolžina in čas

Linije zemljepisne širine in dolžine so bile znane vsaj 300 let pr. n. š., v svoj prvi atlas sveta pa jih je okoli leta 150 n. š. vrisal tudi Ptolemaj, antični učenjak na številnih znanstvenih področjih, katerega slava in vpliv pa sta v veliki meri vezani na njegovi knjigi o astronomiji in o geografiji. V astronomiji je med drugim uvedel preprost način delitve ločne stopinje na 60 minut (lat. partes minutae primae) in ločne minute naprej na 60 sekund (lat. partes minutae secundae). Tako se je sistemu določanja časa v urah, minutah in sekundah pridružil sistem določitve položaja z ločnimi stopinjami, ločnimi minutami in ločnimi sekundami. V svoji knjigi *Geographia* Ptolemaj definira geografijo kot »slikovno predstavitev celotnega sveta skupaj s pojavi, ki jih ta svet vsebuje« s kombinacijo podatkov

geolokacije in časa. Določi tudi nalogo kartografa, ki mora »izmeriti celoto v pravih razmerjih«, kar z drugimi besedami pomeni, da mora risati karte v merilu (Wilford, 2001). V kartah svojega atlasa (slika 2.5) Ptolemaj uporablja sistem mreže linij enakih geografskih širin in dolžin (vzporednikov in poldnevnikov) kot referenčne linije za geolociranje znanih dežel, obal, otokov in krajev na karti. Zemljepisna dolžina je prikazana z enotami delov ur, zemljepisna širina pa z enotami ur najdaljšega dne v letu (Brown, 1979). Gre torej za še en primer povezovanja referenčne mreže za prikaz geolociranja na karti z enotami časovnih mer.



Slika 2.5: Karta sveta iz knjige "Geographia" Klavdija Ptolemaja. Natisnil jo je Lienhart Holle v Ulmu leta 1482, gravure karte pa je izdelal Johannes Schnitzer (BPL, 2009).

Figure 2.5: World map from Claudius Ptolemy's "Geographia" published in Ulm, 1482 by Lienhart Holle, engraved by author Johannes Schnitzer (BPL, 2009).

Ekvator kot izhodišni, ničelni vzporednik za določanje geografske širine je bil takrat že znan in določen z zakoni narave, t.j. iz opazovanj navideznega gibanja Sonca in drugih nebesnih teles. Astronomi so iz astronomskih opazovanj vedeli, da Sonce med letom prečka nebesni ekvator dvakrat med obema ekstremnima točkama, kjer se na svoji letni poti obrača. Nebesni ekvator je navidezna linija, ki s svojo ravnino deli nebesno in Zemljino sfero na severno in južno polovico, Sonce pa na

svoji letni poti seka ekvator na začetku pomladi in jeseni in tako označuje spomladansko in jesensko enakonočje. Ekstremni liniji sta znani kot povratnika in ležita na zemljepisnih širinah približno 23,5 stopinj severno in južno od ekvatorja. Po drugi strani pa za izhodiščni, ničelni poldnevnik ni mogoče uporabiti takšnih naravnih osnov, da bi ga lahko pripeli na telo Zemlje. Ptolemaj se je v svojem času odločil, da bo ničelni poldnevnik postavil na zahodni rob takrat znanega sveta, tako da ta poteka skozi Srečne otoke v Atlantskem oceanu pred severozahodno obalo Afrike (današnji Kanarski otoki). Skozi stoletja se je nato ničelni poldnevnik premikal, skorajda poljubno glede na narodnost ali druge kriterije izbora kartografov, ki so izdelovali posamezne karte. Končna odločitev za izbor ničelnega – začetnega poldnevnik je bila dosežena leta 1884 s političnim soglasjem takratnih vodilnih 25 držav, ki so se strinjale, da poteka skozi Greenwich v Veliki Britaniji ničelni poldnevnik zemljepisne dolžine, svetovnega časa in časovnih pasov. Ne glede na ta dogovor so bili še tudi kasneje v uporabi drugi začetni poldnevnik.

2.1.3 Od okrogle do elipsoidne oblike Zemlje

Z geografsko širino in geografsko dolžino načela kartiranja sveta uporabljajo preprosto geometrijsko dejstvo, da je presek dveh linij točka (Brown, 1979), kar pomeni, da moramo za geolociranje točke na Zemlji poznati liniji njene geografske širine in geografske dolžine. Kakorkoli se to preprosto načelo zdi na prvi pogled, pomeni njegova uresničitev za potrebe izdelave natančne karte nekega terena velik napor, ki zahteva odhod na teren in izvedbo terenske izmere. Eden od ključnih in temeljnih ciljev v tem procesu je določanje takih referenčnih linij, njihova vzpostavitev na terenu v obliki mreže baznih linij, s katerih je mogoče kasneje ponovljivo izvajati meritve položaja točk.

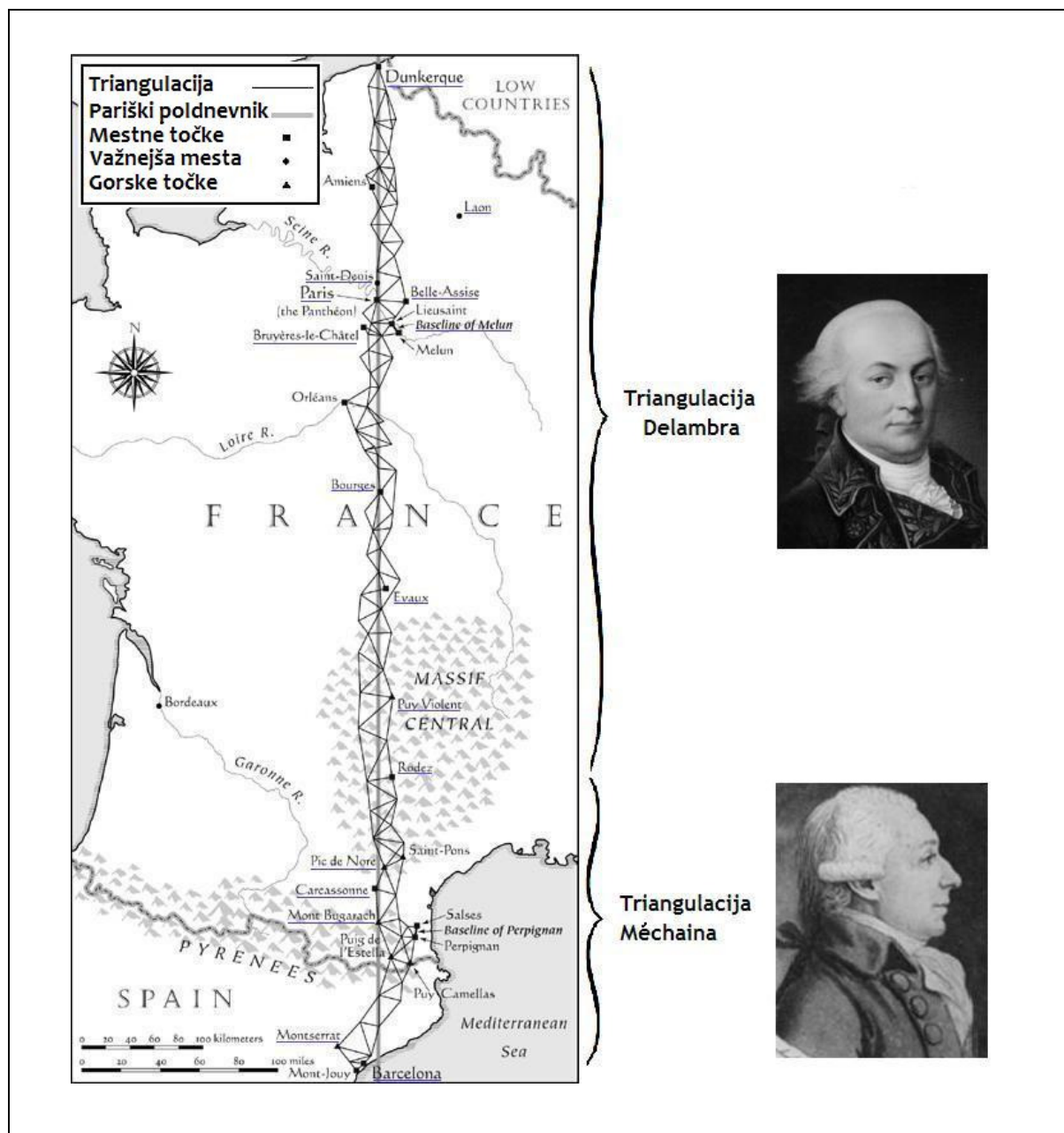
Od Ptolemajevih časov, skozi dolgo in temačno obdobje srednjega veka in vse do sredine drugega tisočletja pri obravnavi vprašanj o obliki Zemlje ni bilo nobenega napredka. Šele v obdobju znanstvene renesanse so nove ideje na področju astronomije in fizike, ki so v temeljih spremenile pogled na Zemljo in njen položaj v vesolju, začele vplivati tudi na razvoj geodezije. Nikolaj Kopernik (1473 – 1543) je predstavil svojo znanstveno utemeljeno heliocentrično kozmologijo. Teza Kopernika je imela revolucionarne in daljnosežne posledice za razvoj takratne znanosti, saj je prestavila Zemljo iz središča vesolja. Johannes Kepler (1571 – 1630) je iz astronomskih opazovanj odkril eliptično gibanje planetov okoli Sonca in izpeljal zakone gibanja planetov, Galileo Galilei (1564 – 1642) pa je začel novo dobo astronomskih opazovanj s svojo izboljšavo teleskopa in postavil temeljne zakone prostega padanja in nihala.

V drugi polovici 17. stoletja so z astronomskimi opazovanji odkrili sploščenost planeta Jupitra na polih, merjenja časov nihal pa so potrdila učinek povečanja zemeljske gravitacije od ekvatorja proti poloma. Sir Isaac Newton (1643 – 1727) je združil ta opazovanja in svoje teoretično delo na področju

gravitacije in hidrostatične v svojem znamenitem delu *Matematični principi filozofije narave* (lat. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*) iz leta 1687. Newton je ugotovil, da je gravitacija osnovna sila, ki upravlja gibanje nebesnih teles, in zasnoval gravitacijski zakon, s katerim je pojasnil gibanje planetov in Lune. Newton je kot model Zemlje predlagal rotacijski elipsoid, ki je na polih sploščen za $1/230$ zaradi vrtenja Zemlje okoli svoje osi. Za preveritev in morebitno potrditev Newtonove teze so v naslednjem stoletju izvedli številne geodetske meritve poldnevniških lokov na različnih geografskih širinah. Rezultati geodetskih meritev, ki jih je financirala francoska akademija znanosti, so končno potrdili, da sploščenost Zemlje na polih obstaja in da je dovolj velika, da jo je mogoče izmeriti.

V povezavi s temi meritvami poldnevniških lokov je posebej omembe vredno leto 1799. Takrat je francoska narodna skupščina določila, izdelala in deponirala arhivu republike v Parizu platinasto palico dolžine 1 m kot dokončni standard dolžinske mere, določen kot $1 / 10\,000\,000$ -ti del polovične dolžine poldnevnika, merjene od severnega tečaja do ekvatorja Zemlje. Določili so tudi enoto kilogram kot standardno enoto za težo. Za ugotovitev dolžine poldnevnika kot univerzalno sprejete osnove za določitev metra kot naravne enote za dolžino je takratni francoski urad za dolžine organiziral znanstveno odpravo, ki sta jo vodila dva astronoma in geodeta, Jean Baptiste Joseph Delambre in Pierre Méchain (Alder, 2004). Med letoma 1792 in 1799 sta izmerila dolžino poldnevniškega loka skozi Pariz s krajiščema loka v krajih Dunkerque na severu in Barcelona na jugu. Izmerjeni poldnevniški lok je bil osnova za izračun dolžine polovice poldnevnika od severnega tečaja do ekvatorja Zemlje (slika 2.6).

S to novo določitvijo metra kot standardne enote za dolžinske mere je Francija v času francoske revolucije vpeljala decimalni metrični sistem za dolžine in težo, kar je bil prvi korak v razvoju do današnjega mednarodnega sistema enot (angl. International System of Units). Skoraj stoletje kasneje, po sprejetju soglasne definicije metra na diplomatski konferenci o metru in po podpisu t.i. Metrske konvencije leta 1875 v Parizu, je bil izdelan bolj stabilen prototip metra iz platine in iridija, ki je bil potrjen leta 1889 na prvi Splošni konferenci o utežeh in merah. Ta originalni mednarodni prototip še danes hranijo v Mednarodnem uradu za uteži in mere BIPM (fr. Bureau International des Poids et Mesures) pod pogoji, ki so bili določeni leta 1889 (BIPM, 2006).

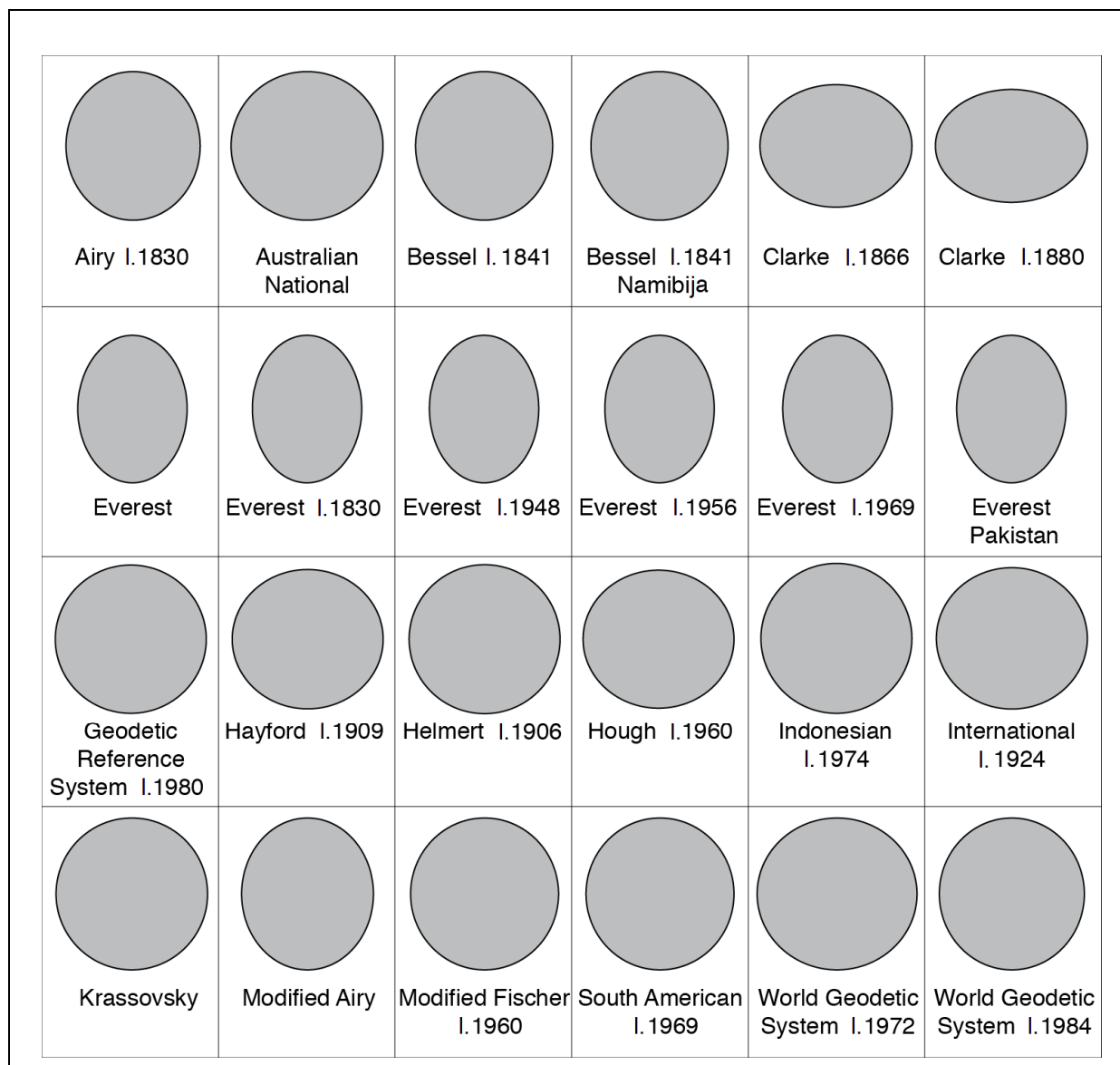


Slika 2.6: Triangulacija Francije, 1792 – 1799. Poldnevniški lok, ki je segal od Dunkerquea na severu do Barcelone na jugu, je bil izmerjen vzdolž pariškega poldnevnika. Geodetske izmere sta izvedla francoska geodeta Delambre in Méchain. Na podlagi teh meritev je bil določen metrični sistem, ki so ga najprej uvedli v Franciji in nato postopoma po vsem svetu (Vir kartografskega prikaza: Alder, 2004).

Figure 2.6: The Triangulation of France, 1792 – 1799. The meridian arc stretching from Dunkerque in the north to Barcelona in the south was measured along the Paris meridian between 1792 and 1799 by French geodesists Delambre and Méchain. Based on these measurements the metric system was defined and introduced first in France and then gradually around the globe. (Map image source: Alder, 2004).

2.1.4 Prehod na geoid in na tretjo razsežnost v geodeziji

Z razvojem geodetskih merskih instrumentov in metodologije v zgodnjem 19. stoletju je kmalu postalo jasno, da za doseganje visoke točnosti geodetskih meritev uporaba elipsoida kot oblike Zemlje ni zadostna, ker se oblika Zemlje razlikuje od elipsoida, zato so znanstveniki poskušali obliko Zemlje natančneje definirati. Leta 1832 je Carl Friedrich Gauss (1777 – 1855) kot koherenten sistem enot za fizikalne znanosti močno priporočil uporabo metričnega sistema skupaj z astronomsko določeno definicijo sekunde. Gauss je bil eden od najbolj vplivnih matematikov v zgodovini, njegovo znanstveno delovanje je segalo na številna področja, močno tudi na področje geodezije. V znanosti je dobro znana njegova dobrih 200 let stara metoda najmanjših kvadratov za upoštevanje učinkov napak v merjenjih. Gauss je prvi izvedel absolutne meritve horizontalne jakosti zemeljskega magnetnega polja, pri katerih je za merjenje dolžin, mase in časa uporabil instrumente z vrednostmi meritev, izraženih v enotah decimalnega metričnega sistema (BIPM, 2006). Razvil je svojo teorijo ploskev (Moritz in Hofmann-Wellenhof, 1993) in predstavil *geoid* kot matematično obliko Zemlje, določeno s ploskvijo enake vrednosti gravitacijskega polja. Geoid od dobro prilegajočega se elipsoida odstopa do 100 metrov (Hofmann-Wellenhof in Moritz, 2006). Znanstveni napori geodetov v 19. in zgodnjem 20. stoletju so bili osredotočeni na meritve velikih triangulacijskih verig, da bi tako določili parametre elipsoidov, ki bi se najbolje prilegali geoidu na območju meritev. Na osnovi takšnih meritev, ki so pogosto zahtevale izjemne človeške in znanstvene napore geodetov in njihovih ekip (Keay, 2000), so bili določeni številni referenčni elipsoidi, ki so predstavljali geodetsko osnovo triangulacije državnih geodetskih mrež, ki jih sestavljajo geodetske točke državnih geodetskih koordinatnih sistemov in jih v geodeziji, kartografiji in številnih geoprostorskih aplikacijah uporabljamo za geolociranje vse do današnjih dni (slika 2.7).



Slika 2.7: Prikaz razlik v močno pretiranem merilu med preseki nekaterih znanih referenčnih elipsoidov in presekom sodobnega elipsoida WGS84 (Vir slike: Wolfram, 2009).

Figure 2.7: Exaggerated differences between common reference ellipsoids and WGS84 (Image source: Wolfram, 2009).

V teh državnih geodetskih mrežah so geodeti merili in izravnavali horizontalne in vertikalne mreže ločeno, ker so višine izračunavali glede na srednji nivo morske gladine, ki so ga določali z dolgoletnimi merjenji višin plimovanja in ga obravnavajo kot ploskev, ki je blizu geoidu.

Nadaljnji razvoj geodetske metodologije je zahteval določitev skupnega matematičnega modela za izračunavanje horizontalnih in vertikalnih geodetskih mrež. Prve ideje o taki trirazsežni zasnovi geodezije so se pojavile v drugi polovici 19. stoletja, resnični zagon pa so dobile po drugi svetovni vojni, še posebej po iznajdbi elektromagnetnih razdaljemerov v 50-ih letih prejšnjega stoletja in po izstrelitvi prvega umetnega satelita Sputnik I leta 1957. Geodetska opazovanja umetnih satelitov so

začela omogočati pridobivanje podatkov za določitev geolokacije geodetskih točk v trirazsežnem sistemu (Fischer, 2005) in so pripeljala do razvoja satelitske geodezije.

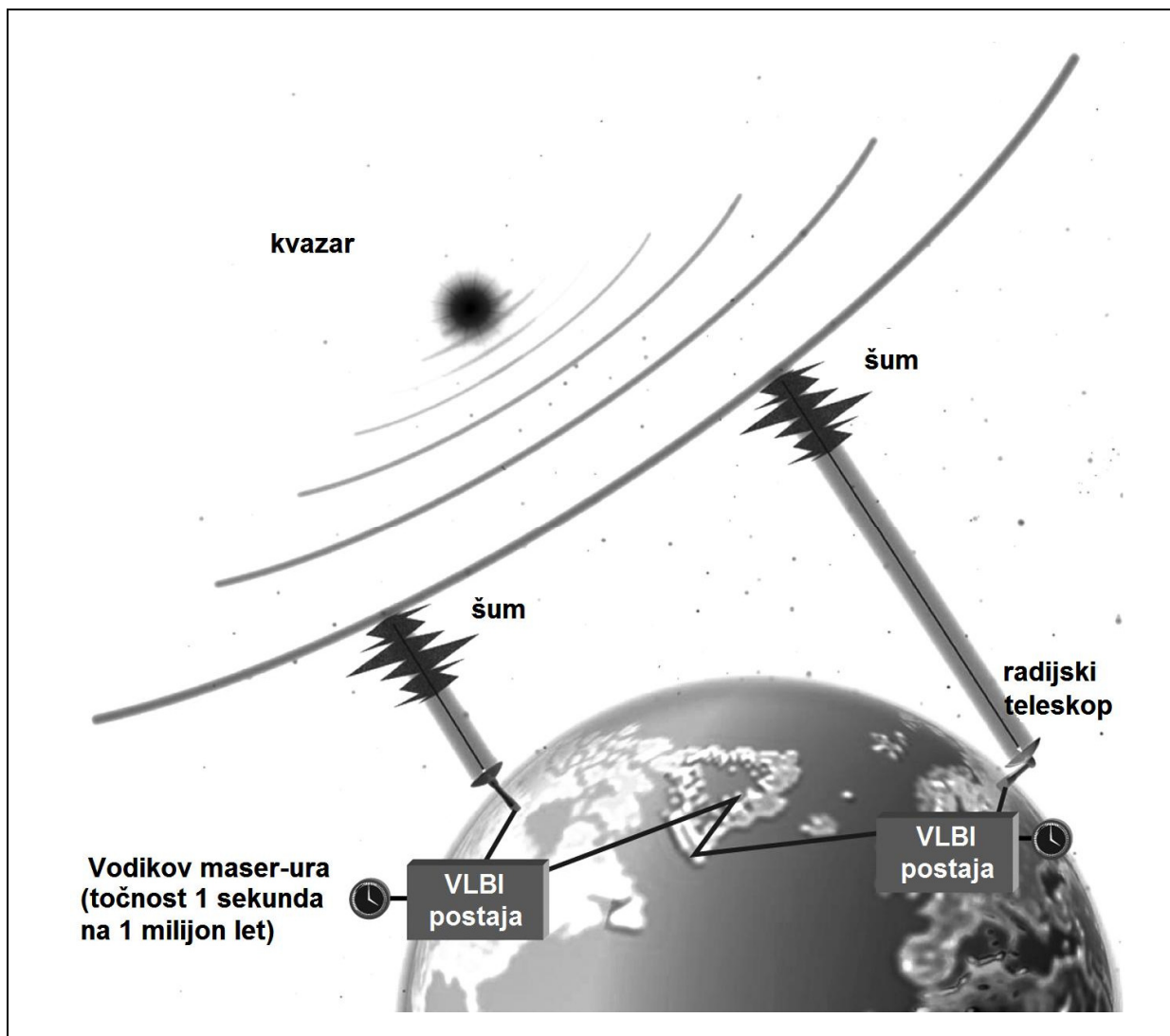
V drugi polovici prejšnjega stoletja se je uveljavila še ena nova ključna geodetska vesoljska metoda z interferometrijo zelo dolgih baznih linij – VLBI (angl. Very Long Baseline Interferometry) za interferometrična merjenja radijskih valovanj, oddanih s kvazarjev v vesolju. VLBI je omogočila realizacijo inercialnega referenčnega sistema visoke točnosti v obliki realizacije nebesnega referenčnega sestava. Razvoj vesoljske geodezije je v zadnjih desetletjih potekal v odvisnosti od merskih metod in tehničnih značilnosti tehnologije. Posamezna razvojna obdobja se med seboj prekrivajo. Na začetku je bilo optično obdobje, ki so mu sledila obdobja: dopplerske meritve, lasersko razdaljemerstvo do Lune – LLR (angl. Lunar Laser Ranging) in satelitov – SLR (angl. Satellite Laser Ranging), že omenjeni VLBI, integrirana satelitska dopplerska orbitografija in radiopozicioniranje – DORIS (angl. Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite), satelitska altimetrija, satelitsko radarsko snemanje – SAR (angl. Synthetic Aperture Radar), interferometrično radarsko snemanje – InSAR (angl. Interferometric Synthetic Aperture Radar) in obdobje GNSS meritev (Beutler, 2004).

V 80-ih letih prejšnjega stoletja so ZDA začele vzpostavljati NAVSTAR globalni položajni sistem GPS (angl. Global Positioning System), ki se je od 90-ih letih naprej po vsem svetu razvil v ključni sistem geodetskih meritev. Z uporabo GPS in drugih tehnik satelitske geodezije je postala možna določitev geometrije Zemlje z veliko stopnjo neodvisnosti od gravitacijskega polja Zemlje in vzpostavitev enotnega globalnega referenčnega sistema (NIMA, 2004). Ta razvoj omogoča geodeziji, da se osredotoči na reševanje praktične problematike transformacij obstoječih državnih horizontalnih in vertikalnih mrež geodetskih točk v globalni referenčni sistem in na vzpostavitev visoko kakovostnih povezav med geoidom in globalnim referenčnim elipsoidom. Namen vseh naštetih aktivnosti je neposredna globalna geolokacijska medopravilnost pri proizvodnji in uporabi geoprostorskih podatkov.

2.1.5 Četrta razsežnost v geodeziji

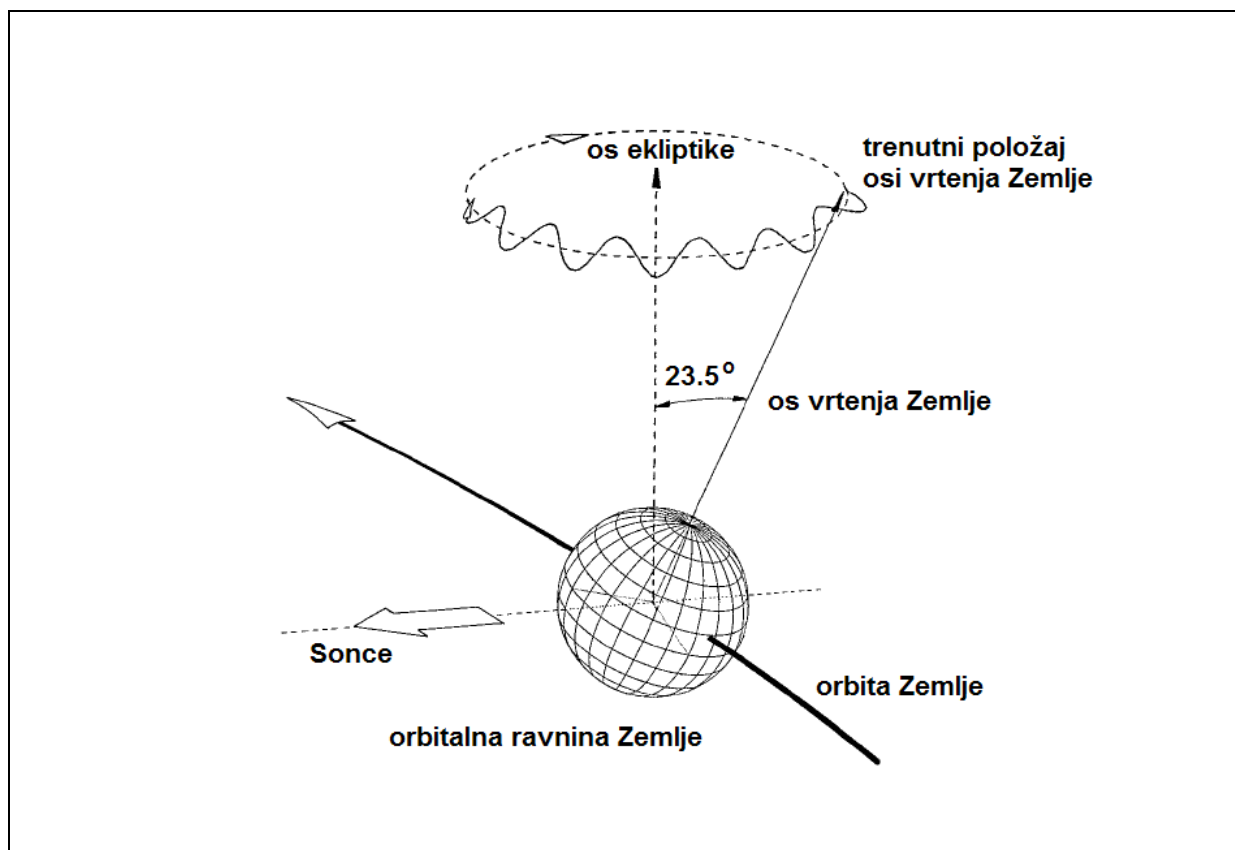
Razvoj geodetske metodologije je naredil prve korake v štirirazsežno geodezijo ob koncu 19. in v začetku 20. stoletja z odkritjem gibanja zemeljskih polov (angl. earth polar motion), merjenjem plimovanja, premikov zemeljske skorje in deformacij zaradi potresov in postglacialnega dviga površja. V drugi polovici prejšnjega stoletja je razvoj metod vesoljske geodezije (slika 2.8) omogočil njihovo znanstveno uporabo na področju geodinamike (Fischetti, 1982), ki vključuje študij notranje strukture in sestave Zemlje, deformacije zaradi gibanja tektonskih plošč, spremembe dinamike vrtenja Zemlje (slika 2.9) in zemeljskega težnostnega polja. Na ta način se je koncept razumevanja oblike Zemlje iz

trirazsežne togosti razširil v štirirazsežnost, ki vključuje tudi časovno odvisnost (Fischer, 1975; Fischer, 2005).



Slika 2.8: VLBI je sodobna vesoljska geodetska tehnika merjenja razdalj med antenami na zemeljskem površju, ki so med seboj oddaljene več tisoč kilometrov, s točnostjo nekaj milimetrov. Merjenje poteka tako, da sprejemne antene merijo čase zamika sprejema radijskih signalov s kvazarjev globoko v vesolju, ki so oddaljeni več milijard svetlobnih let.

Figure 2.8: VLBI is an advanced space geodetic technique that can measure a distance of thousands of kilometers between its antennas with an accuracy of few millimeters, by receiving radio signals from deep space as far as several billion light years away.



Slika 2.9: Precesija in nutacija. Vrtilna os Zemlje s premikanjem po inercialnem prostoru orisuje približno plašč stožca z naklonom $23,5^\circ$ glede na pravokotnico na ekliptiko. To krožno gibanje vrtilne osi Zemlje okoli pravokotnice na ekliptiko ni popolnoma pravilno, temveč se periodično spreminja zaradi vpliva Sonca, Lune in planetov na sploščeno Zemljo, ki se vrti okoli svoje osi. (Vir slike: Beutler, 2003).

Figure 2.9: Precession and nutation. The rotation axis of the Earth moves in inertial space approximately on a straight cone inclined by 23.5° regarding the pole of the ecliptic. This not fully regular circular motion of Earth's axis around the pole of the ecliptic shows short-period variations. (Image source: Beutler, 2003).

Tehnološke spremembe zadnjih desetletij, še posebej na področjih laserske tehnologije, obdelave signalov, atomskih ur, prenosa časa, razvoja informacijsko-komunikacijskih tehnologij, itd., so podpirale razvoj tehnik vesoljske geodezije in njihov izjemen napredek v točnosti merjenj, kar prikažemo v preglednici 2.1.

Preglednica 2.1: Napredek v točnosti vesoljskih geodetskih tehnik

Table 2.1: Progress in accuracy of space geodetic techniques

Leto	Vesoljska geodetska tehnika	Točnost
1960	Satelitska triangulacija (prva globalna geodetska mreža)	~10 m
1970	SLR – satelitsko lasersko razdaljemerstvo 1. generacije	~1 m
	TRANSIT (Doppler)	~ 0.5 ... 1 m
1980	SLR – satelitsko lasersko razdaljemerstvo 3. generacije	~3 – 10 cm
	VLBI – Interferometrija zelo dolgih baznih linij (Mark III)	~3 – 10 cm
1990	SLR/VLBI/GPS razvoj	~1 cm
2000	Kombinacija tehnik vesoljske geodezije	~3 mm
2010	Ciljna točnost	<1 mm

Ta razvoj nas pripelje do v uvodu podane sodobne definicije geodezije, ki je definirana kot znanost o izmeri in prikazu zemeljskega površja in njenega zunanjega težnostnega polja, vključno s časovnimi spremembami. Sodobna geodezija temelji na treh stebrih (Torge, 2001; Torge, 1996; Rummel et al., 2002):

- geometrijska oblika Zemlje kot funkcija časa,
- orientacija Zemlje v vesolju kot funkcija časa,
- zemeljsko težnostno polje kot funkcija časa.

Štirirazsežni vidik geodezije omogoča geodetom uporabo izboljšanega modeliranja njihovih opazovanj za oceno in prikaz počasnih in dolgotrajnih sprememb Zemlje in njenega gravitacijskega polja (Lambeck, 1988). Na ta način je vzpostavljen trden znanstveni temelj za druge naravoslovne in družbene znanosti, ki ga lahko uporabijo na svojih prostorsko-časovnih delovnih področjih, da bi tako prispevale k skupnemu digitalnemu modelu časovno geolociranih informacij o Zemlji. Že dosežena stopnja visoke točnosti in pričakovani nadaljnji razvoj odpirata nova raziskovalna področja in multidisciplinarne aplikacije v 21. stoletju.

2.2 Koordinatni sistemi

Geodezija mora za doseganje svojega osnovnega cilja, zagotavljanja potrebnih pogojev za določanje koordinat točk kot funkcije časa, sprejeti oz. spoštovati mednarodne znanstvene dogovore ter standarde merskih enot in fizikalnih konstant. Primer takega dogovora je določitev parametrov povezanosti med nebesnim in terestričnim koordinatnim sistemom ter način prehoda iz nebesnega v

terestrični koordinatni sestav ter zagotavljanje vzdrževanja njihove kakovosti skozi čas in njihove splošne dostopnosti.

Geolokacija kot funkcija časa je absolutna količina, ki se spreminja v času. Opisana/predstavljena je s koordinatami, ki pa so odvisne od koordinatnega sestava, v katerem je geolokacija določena in na katerega se nanaša. Vrednosti podatkov o geolokaciji in času morajo upoštevati uporabo osnovnih standardnih merskih enot. Zaradi pomembnosti izbora dobro določenih in enostavno dostopnih enot, ki so splošno sprejete za različne vrste meritev, s katerimi spremljamo sodobno kompleksno družbo, morajo biti merske enote izbrane tako, da so vsem dostopne in razumljive, da so konstantne v prostoru in času ter da jih je možno enostavno določiti z veliko točnostjo.

Mednarodni sistem enot SI (fr. *Système International d'Unités*) določa sedem osnovnih fizikalnih količin – dolžino, maso, čas, električni tok, termodinamično temperaturo, množino snovi in svetilnost in njim pripadajoče osnovne enote. Med temi osnovnimi količinami so dolžina, masa in čas ključne tudi za uporabo v geodeziji. Definicije osnovnih enot sistema SI so sprejete v kontekstu, ki ne upošteva relativnostnih učinkov. Te enote poznamo kot prave enote (BIPM, 2006). Veljavne formalne definicije treh za geodezijo ključnih osnovnih enot sistema SI navajamo v preglednici 2.2.

Preglednica 2.2: Veljavne formalne definicije osnovnih enot metra, kilograma in sekunde (BIPM, 2006).

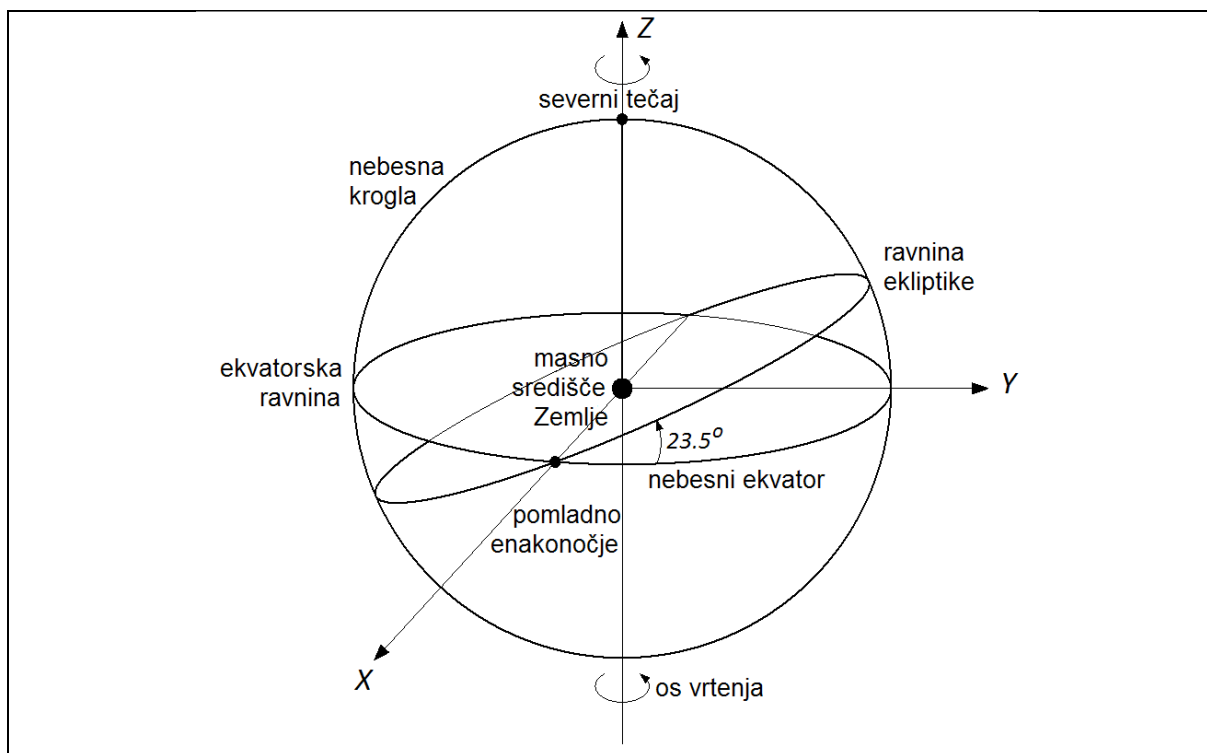
Table 2.2: Current formal definitions of the base units of the metre, the kilogram and the second (BIPM, 2006).

Fizikalna količina in njena oznaka	Ime in [oznaka] osnovne enote SI	Veljavna formalna definicija osnovne enote
Dolžina – l	meter [m]	Meter je dolžina poti, ki jo svetloba prepotuje v vakuumu v 1/299 792 458 sekunde.
Masa – m	kilogram [kg]	Kilogram je enota mase in je enak masi mednarodnega prototipa kilograma.
Čas – t	sekunda [s]	Sekunda je čas, enak trajanju 9 192 631 770 nihajev valovanja, ki ga odda atom cezija 133 pri prehodu med nivojema hiperfinega razcepa osnovnega stanja.

Čeprav so osnovne fizikalne količine po konvenciji obravnavane kot neodvisne, so njim pripadajoče osnovne enote v več primerih medsebojno odvisne. Na primer, definicija metra kot osnovne enote dolžine vključuje sekundo kot osnovno enoto časa.

Za namen te disertacije je pomemben informativni opis dveh skupin koordinatnih sistemov: nebesni koordinatni sistemi (angl. CRS – Celestial Reference System) za določanje položajev nebesnih teles v vesolju in terestrični koordinatni sistemi (angl. TRS – Terrestrial Reference System) za geolociranje točk na Zemlji. Geodezija namreč v obdobju vesoljske geodezije potrebuje obe vrsti koordinatnih sistemov.

Nebesni koordinatni sistemi se ne premikajo okoli Sonca, lahko pa se vrtijo z enako kotno hitrostjo kot Zemlja. Med nebesne koordinatne sisteme štejemo tudi koordinatne sisteme, potrebne za opis tirnic satelitov, ki se ne vrtijo skupaj z Zemljo, vendar pa krožijo okoli Sonca skupaj z Zemljo (Vaniček in Krakiwsky, 1986). Za merjenje geolokacije točk na površju Zemlje oz. povezanih s površjem Zemlje je bistveno enostavneje, če povežemo geolokacijo točk in spremembe geolokacije s časom s terestričnim koordinatnim sistemom, katerega osi so povezane z Zemljo in njeno obliko. Terestrični koordinatni sistemi so torej vezani na Zemljo in se tako vrtijo skupaj z njo in krožijo okoli Sonca skupaj z Zemljo.



Slika 2.10: Dve periodični gibanji Zemlje sta pomembni v kontekstu koordinatnih sistemov, letno kroženje Zemlje okoli Sonca v ravnini ekliptike in dnevno vrtenje Zemlje okoli svoje osi.

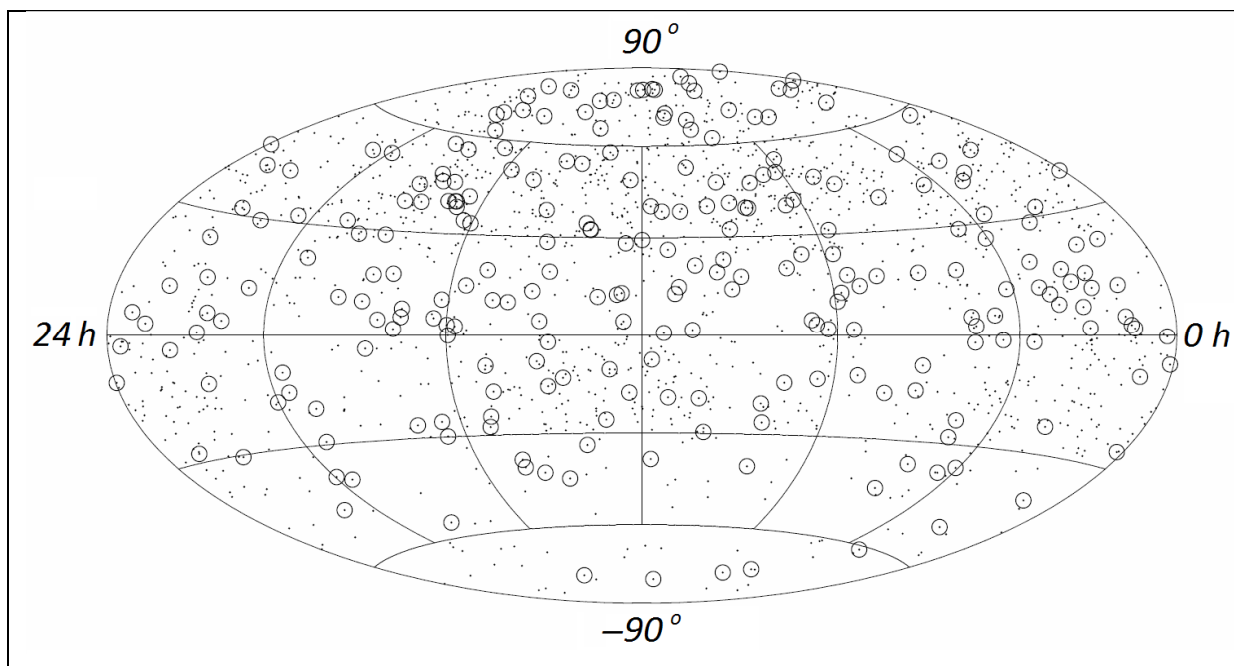
Figure 2.10: Two periodic motions of the Earth are important in reference systems – its diurnal rotation around the axis of rotation and its annual revolution around the Sun in the ecliptic plane.

Temelj za realizacijo teh dveh vrst koordinatnih sistemov je gibanje Zemlje in satelitov v vesolju. Gibanje Zemlje sestavljata dve periodični sestavini, ki sta pomembni v kontekstu koordinatnih sistemov, letno kroženje Zemlje okoli Sonca v ravnini ekliptike in dnevno vrtenje Zemlje okoli svoje osi (glej sliko 2.10). Ekvatorska ravnina je pravokotna na os vrtenja Zemlje. Preseki obeh ravnin z navidezno nebesno kroglo določajo ekliptiko in nebesni ekvator. Spomladansko enakonočje, kjer Sonce preide iz južne v severno hemisfero, je presečišče ekvatorja in ekliptike, hkrati pa določa smer osi X nebesnega koordinatnega sistema. Os vrtenja Zemlje določa os Z nebesnega koordinatnega sistema, os Y pa leži pravokotno na obe v ekvatorski ravnini. Nebesni koordinatni sistem CRS obravnavamo kot stalen v prostoru in ga potrebujemo za spremljanje in merjenje gibanja galaksij, zvezd, Sonca in planetov, Zemlje, Lune, satelitov drugih planetov in umetnih satelitov.

Nebesni koordinatni sistemi so v različnih oblikah v uporabi že tisočletja. V sodobnem času je najbolj točna realizacija nebesnega koordinatnega sistema izvedena na osnovi izven-galaktičnih izvorov radijskih signalov. Do pojava visoko natančnih tehnik vesoljske geodezije v 60-ih in 70-ih letih prejšnjega stoletja (glej preglednico 2.1) pri določitvi nebesnih koordinatnih sistemov ni bilo potrebno upoštevati deviacij od newtonske fizike v sončnem sistemu. Odtlej pa je bilo pri določitvi nebesnih koordinatnih sistemov potrebno upoštevati tudi teorijo relativnosti.

Leta 1991 je Mednarodna astronomska unija (angl. IAU – International Astronomical Union) z upoštevanjem splošne relativnosti sprejela načelne definicije za sistem prostorsko-časovnih koordinat baricentričnega nebesnega koordinatnega sistema (angl. BCRS – Barycentric Celestial Reference System) z izhodiščem v masnem središču – baricentru sončnega sistema ter za geocentrični nebesni koordinatni sistem (angl. GCRS – Geocentric Celestial Reference System) z izhodiščem v središču Zemlje. Oba sistema prostorsko-časovnih koordinat sta bila določena leta 2000 na 24. Generalni skupščini IAU (IAU, 2000; Soffel et al., 2003).

Od leta 1997 je kot idealizirani baricentrični koordinatni sistem, na katerega se nanašajo položaji nebesnih teles, sprejet Mednarodni nebesni koordinatni sistem (angl. ICRS – International Celestial Reference System). Osi sistema ICRS so določene z danimi položaji izven-galaktičnih teles, za katere velja domneva, da nimajo izmerljivih dejanskih premikov skozi čas. ICRS je kinematično nevrtljiv glede na izbor oddaljenih izven-galaktičnih teles. V praksi je ICRS realiziran z Mednarodnim nebesnim koordinatnim sestavom (angl. ICRF – International Celestial Reference Frame) (slika 2.11), ki ga tvori skupina izven-galaktičnih teles, katerih položaji in negotovosti realizirajo osi sistema ICRS in imajo določene negotovosti osi (IERS, 2006). ICRF je prav tako ime kataloga, katerega 212 določilnih izvorov radijskih signalov trenutno predstavljajo najbolj točno realizacijo ICRS (NFA, 2007).



Slika 2.11: Razporeditev 1500-tih izven-galaktičnih izvorov radijskih signalov, za katere so znani VLBI položaji za Mednarodni nebesni koordinatni sestav (angl. ICRF – International Celestial Reference Frame). Obkrožene točke so izvori, ki se upoštevajo kot stabilni na osnovi študij Centra ICRS (IERS, 2006).

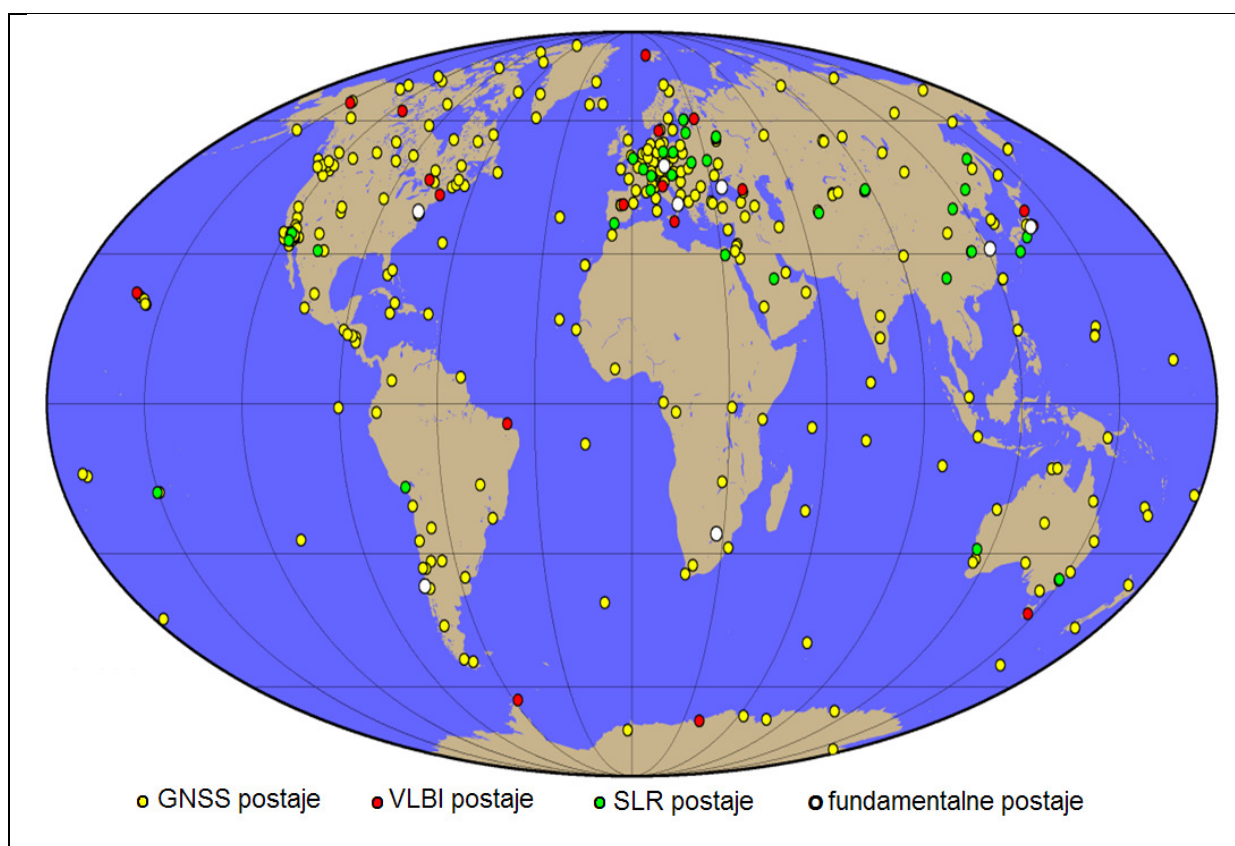
Figure 2.11: Sky distribution of the 1500 extragalactic radio sources whose VLBI positions are available for the International Celestial Reference Frame ICRF. The circled dots are the sources that are considered stable on the basis of the ICRS Center studies (IERS, 2006).

Za reševanje praktičnih problemov geodezije in drugih geoznanosti potrebujemo terestrične koordinatne sisteme najvišje dosegljive kakovosti, ki so povezani s telesom Zemlje. Mednarodna unija za geodezijo in geofiziko (angl. IUGG – International Union of Geodesy and Geophysics) je leta 1991 na Dunaju na generalni skupščini IUGG sprejela konvencionalni terestrični koordinatni sistem (angl. CTRS – Conventional Terrestrial Reference System) za potrebe analize podatkov različnih merskih tehnik in za kombiniranje rešitev posameznih tehnik, že omenjenih VLBI, SLR, LLR, GPS in DORIS.

Leta 2007 je generalna skupščina IUGG v Perugii potrdila definicijo geocentričnega terestričnega koordinatnega sistema (angl. GTRS – Geocentric Terrestrial Reference System) in mednarodnega terestričnega koordinatnega sistema (angl. ITRS – International Terrestrial Reference System) kot posebne oblike GTRS. GTRS je sistem geocentričnih prostorsko-časovnih koordinat, upoštevajoč okvir splošne relativnosti, ki se vrti skupaj z Zemljo in je povezan z GCRS s prostorsko rotacijo, ki jo določajo orientacijski parametri Zemlje (angl. EOP – Earth Orientation Parameters). GTRS je nadomestil predhodno določeni konvencionalni terestrični koordinatni sistem CTRS (NFA, 2007). Poleg tega je IUGG potrdil ITRS kot preferenčni GTRS za uporabo v znanstvene in tehnične namene

in toplo priporočil ostalim skupnostim uporabnikov, kot npr. geoinformacijski in navigacijski, da storijo enako (IUGG, 2007).

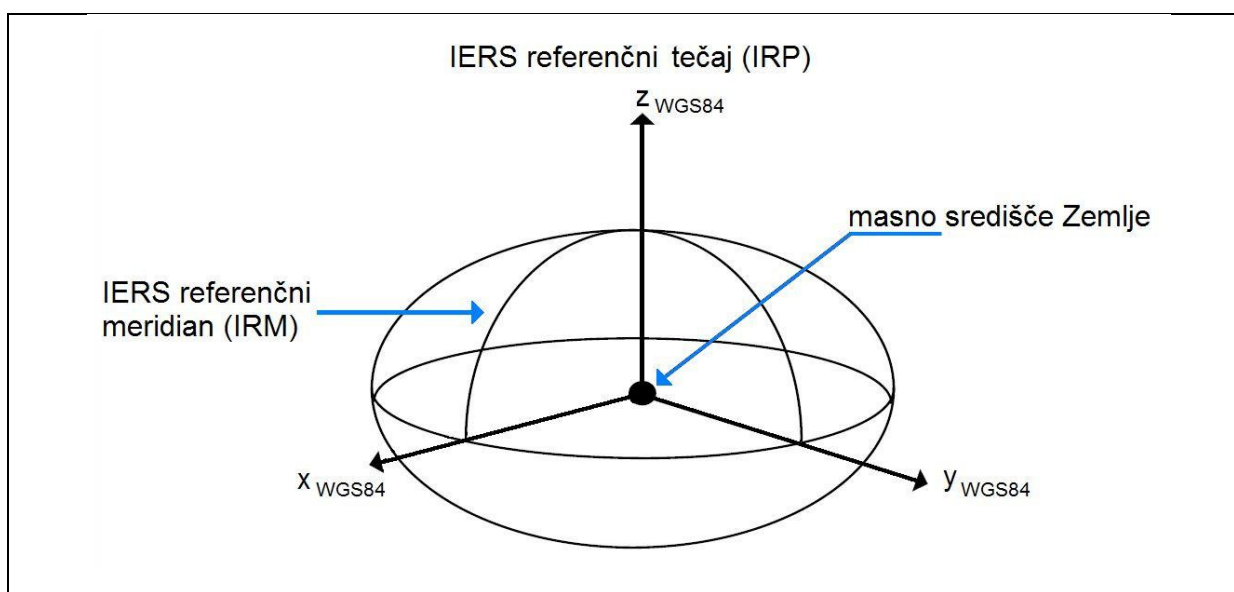
Realizacije sistema ITRS so v pristojnosti Mednarodne službe za rotacijo Zemlje in koordinatne sisteme (angl. IERS – International Earth Rotation and Reference Systems Service). ITRS je priporočen koordinatni sistem za podajanje geolokacije točk na Zemlji in je realiziran v obliki mednarodnih terestričnih koordinatnih sestavov (angl. ITRF – International Terrestrial Reference Frames) s trenutnimi koordinatami zbirke referenčnih točk in njihovih hitrosti. Referenčne točke so večinoma merilne postaje vesoljske geodezije s pripadajočimi znamenji, razporejene po površju Zemlje (IERS, 2008). ITRF zagotavlja z visoko točnostjo model za oceno trenutnih geolokacij teh referenčnih točk (slika 2.12).



Slika 2.12: Mednarodni terestrični koordinatni sistem ITRF je določen s trenutnimi koordinatami zbirke referenčnih točk in njihovih hitrosti. Referenčne točke so večinoma merilne postaje vesoljske geodezije s pripadajočimi znamenji, razporejene po topografskem površju Zemlje (IERS, 2008).

Figure 2.12: International Terrestrial Reference Frame (ITRF) consists of a set of instantaneous coordinates (and velocities) of reference points – mainly space geodetic stations and related markers – distributed on the topographic surface of the Earth (IERS, 2008).

Terestrični koordinatni sistem, ki ga je v kontekstu te disertacije potrebno omeniti, je Svetovni geodetski sistem 1984 (angl. WGS84 – World Geodetic System 1984) (slika 2.13), ki je matičen referenčni sistem satelitskega navigacijskega sistema GPS. Zadnja realizacija sistema WGS84 ima oznako WGS 84 (G1150) in je v uporabi od januarja 2002. Odstopanje WGS 84 (G1150) od terestričnega koordinatnega sestava ITRF2000 je reda velikosti 1 cm po posamezni osi, kar je bistveno boljše kot pri dosedanjih rešitvah (NGA, 2002). Geodetske aplikacije visoke natančnosti morajo upoštevati časovne učinke na geolokacijo, kot npr. gibanje tektonskih plošč Zemlje in učinke plimovanja (NIMA, 2004), zato bo sistem WGS84 v prihodnje dočakal še nadaljnje izboljšave in nove verzije realizacije.



Slika 2.13: Definicija terestričnega koordinatnega sistema WGS84 (NIMA, 2004).

Figure 2.13: The WGS 84 Coordinate System Definition (NIMA, 2004).

Zelo pomemben za območje Evrope je Evropski terestrični koordinatni sistem ETRS89 (angl. ETRS89 – European Terrestrial Reference System 1989), ki se v praksi uporablja kot evropski terestrični koordinatni sestav z imenom ETRF (angl. ETRF – European Terrestrial Reference Frame). Koordinatni sestav ETRF-YY za izbrano leto YY je sestavni del širšega mednarodnega koordinatnega sestava ITRF-YY, ki ga tvorijo referenčne točke sestava ITRF na evrazijski tektonski plošči. ETRS89 se v Evropi uporablja kot horizontalni koordinatni sistem, medtem ko se za višinski koordinatni sistem uporablja Evropski vertikalni koordinatni sistem EVRS (angl. EVRS – European Vertical Reference System). Sistema ETRS89 in EVRS skupaj tvorita Evropski prostorski koordinatni sistem ESRS (angl. ESRS – European Spatial Reference System), ki je stabilni sistem homogenih lastnosti za vse geodetske, geofizikalne, geodinamične in druge namene.

Pravila realizacije in uporabe terestričnih koordinatnih sistemov se z numerično-grafično predstavitvijo prenašajo iz realnega v navidezni svet. Z razvojem tehnologije digitalne grafike in digitalnih mobilnih telekomunikacij je možno predstaviti podatke in informacije o realnem svetu ali iz realnega sveta v navideznem svetu trirazsežne digitalne grafike, ki se s časom spreminja. S kombiniranjem geolociranih podatkov in informacij tehnik letalskega ali satelitskega daljinskega zaznavanja, digitalnega modela višin, GNSS, LiDAR, InSAR in ostalih senzorjev prostorskih podatkov je možno predstaviti takšen navidezni svet kot približek realnega sveta. Kakovost tega približka je v največji meri odvisna od kakovosti in natančnosti uporabljenih senzorskih podatkov in od kakovosti algoritmov za njihovo obdelavo, t.j. geodetske metodologije za njihovo kombinirano uporabo. Značilno je, da vse te meritve temeljijo na oddajanju in/ali sprejemanju značilnih elektromagnetnih signalov ter na določanju bodisi časa potovanja teh signalov, intenzitete signalov ali njihovih spektralnih lastnosti. Eden od glavnih načinov za doseganje ciljev predstavitve navideznega sveta je zamisel o modelu Digitalne Zemlje (angl. Digital Earth), ki bo zmožen predstaviti časovno urejeno geolocirano skupno znanje o našem planetu v sedanjem času ter skozi pretekli čas, hkrati pa bo vseboval model razvoja za dopolnjevanje v prihodnosti (Gore, 1998; Crampton, 2008; Grossner, 2008).

2.3 Časovni sistemi in mere

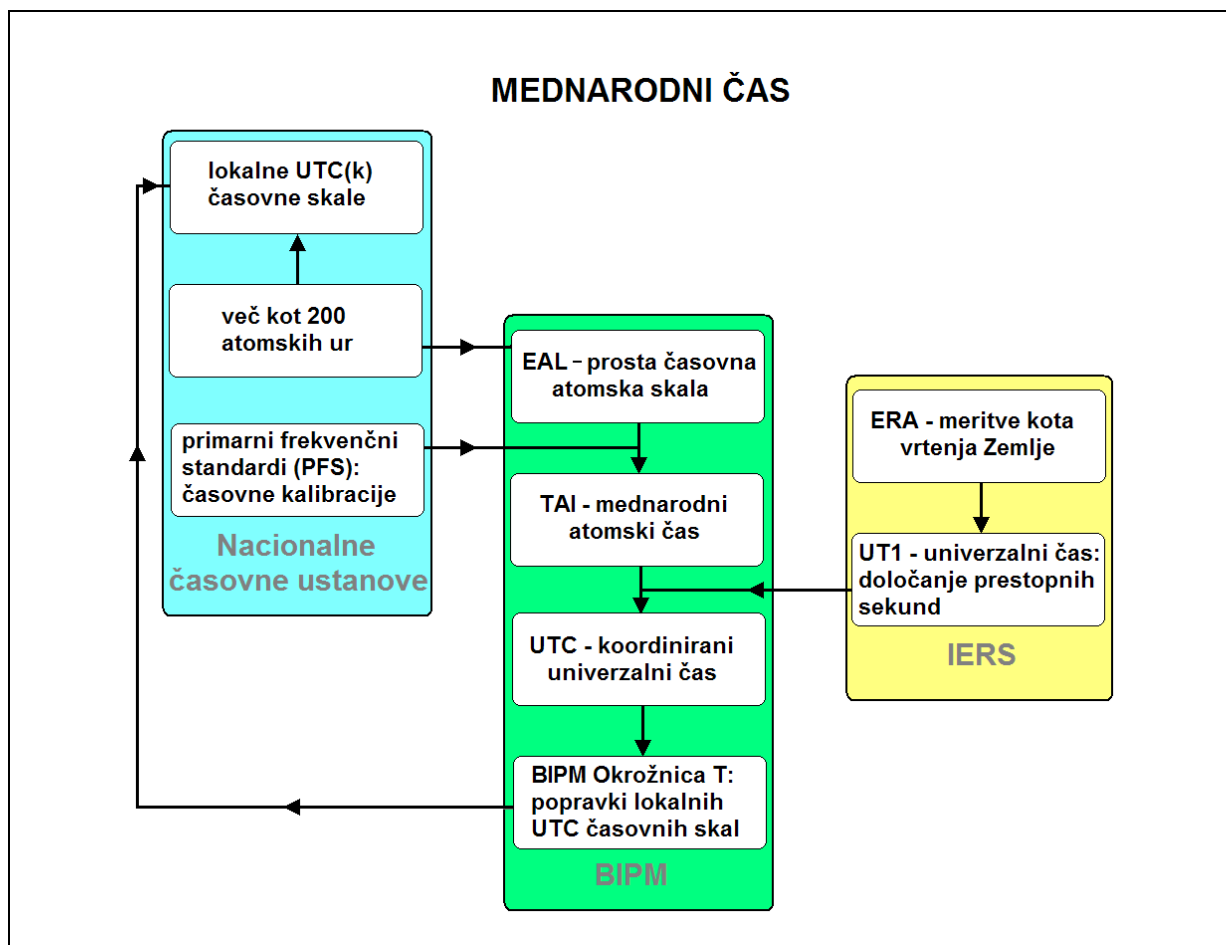
Skozi vso zgodovino človeštva se je koncept časa dopolnjeval in izpopolnjeval (Landes, 2000). Nova odkritja in tehnološki razvoj omogočata novo razumevanje časa in postopno vodita k uvajanju izpopolnjene mere časa. Zelo natančna definicija časovne enote in pravila merjenja časa so v sodobni znanosti in tehnologiji nepogrešljiva. To je še posebej res za geodezijo, pri kateri je večina merskih metod odvisna od elektromagnetnih valov in časov njihovega potovanja skozi prostor, da bi lahko izračunali položaje merjenih točk, in pri kateri je enotna mera časa potrebna za modeliranja gibanj umetnih satelitov. Merjenje časa temelji na specifičnem periodičnem naravnem pojavu, ki določa časovni sistem z opisom pojava, njegovega izhodišča in hitrost intervala poteka. Časovni sistemi se delijo na dve osnovni različni skupini, ki temeljita bodisi na vrtenju Zemlje ali na t.i. atomskem času, na osnovi katerega je definirana tudi časovna enota sekunda v okviru mednarodnega SI sistema enot (glej definicijo v preglednici 2.2). Za namene te naloge sta v nadaljevanju podana le zelo kratka opisa obeh skupin.

V zgodovini so vse časovne definicije temeljile na vrtenju Zemlje, ki zagotavlja naravno mero časa. Sčasoma so znanstveniki spoznali, da je vrtenje Zemlje kot osnova določanja časa spremenljivka z dolgimi in kratkimi variacijami, hkrati pa vsebuje nepravilnosti. Iz tega razloga geodeti vrtenje Zemlje nenehno spremljajo s svojimi meritvami, v zadnjih desetletjih predvsem s pomočjo VLBI meritev. Za vzpostavitev povezave med terestričnimi koordinatnimi sistemi in inercialnimi nebesnimi

koordinatnimi sistemi je potrebna uporaba primernih časovnih sistemov – zvezdnega in sončnega (univerzalnega) časa. V vsakdanjem življenju se iz praktičnih razlogov uporablja sončni čas. Sekunda kot enota časa je v tem sistemu določena kot $1/86\,400$ -tinka ($1 \text{ dan} = 24 \times 60 \times 60 \text{ sekund}$) srednjega sončnega dneva, ki temelji na dnevnem vrtenju Zemlje okoli svoje osi in je določen s časovnim intervalom med dvema navideznima prehodoma Sonca čez isti poldnevnik. Srednji sončni čas se imenuje univerzalni čas (angl. UT – Universal Time), če se nanaša na srednji astronomski poldnevnik v Greenwichu. UT se danes skoraj vedno nanaša na specifično časovno mero UT1, ki je v skladu z definicijo mednarodne astronomske unije IAU (angl. International Astronomical Union) (IAU, 2000), strogo proporcionalen s kotom vrtenja Zemlje ERA (angl. Earth Rotation Angle) okoli premikajoče se osi vrtenja Zemlje (Capitaine et al., 2003).

SI sekunda je neodvisna od vrtenja Zemlje in zagotavlja stalno in natančno mero časa. Za časovne definicije in merjenja so jo začeli uporabljati v drugi polovici 20. stoletja, kmalu po uvedbi prvih atomskih ur v 50-ih letih prejšnjega stoletja. Leta 1972 je bil s strani BIPM na osnovi SI sekunde uradno uveden mednarodni atomski čas TAI (fr. Temps Atomique International), kot uniformna splošno uporabna časovna skala visoke točnosti za praktično uporabo. TAI je realizacija terestričnega časa TT (angl. Terrestrial Time), t.j. koordinatnega časa geocentričnega referenčnega sistema. Realiziran je z velikim številom atomskih ur in je vedno statistična kombinacija podatkov o atomskem času $TA(k)$, ki jih zagotavlja več kot 200 sodelujočih atomskih ur v približno 50 časovnih laboratorijih po vsem svetu. Stabilnost TAI zagotavlja veliko število atomskih ur, za točnost TAI pa skrbi majhno število primarnih frekvenčnih standardov PFS (angl. primary frequency standards) v pristojnosti nekaj metroloških laboratorijev. Za izračunavanje TAI se najprej določa prosta atomska časovna skala EAL (fr. Echelle Atomique Libre) kot utežena sredina več kot 200 atomskih ur, nato pa se frekvenca EAL primerja s primarnimi frekvenčnimi standardi za izvedbo popravka frekvence EAL, kar zagotavlja točnost frekvence TAI. TAI kot uniformna časovna skala je neodvisen od vrtenja Zemlje in ni v koraku z nepravilnostmi vrtenja Zemlje (BIPM, 2011b).

Iz praktičnih razlogov je za svetovni sistem civilnega časa določena in uvedena še ena uniformna časovna skala, koordinirani univerzalni čas UTC (angl. Universal Time Coordinated) kot kombinirana časovna skala, ki uporablja SI sekundo na geoidu kot svojo osnovno enoto, a se razlikuje od časovne skale TAI za celo število sekund. TAI in UTC imata torej isto časovno enoto, SI sekundo. Zaradi ohranjanja koraka z nepravilnostmi vrtenja Zemlje je času UTC vsakih nekaj let na podlagi vsakokrat predhodno sprejetega mednarodnega dogovora dodana ena cela sekunda, tako da se vzdržuje tesna sinhroniziranost med časovnima skalama UTC in UT1 znotraj 0.9 sekunde UT1. Izbor datumov in objava dodajanja celih sekund času UTC je v pristojnosti IERS (BIPM, 2011b). Grafično prikažemo povezavo med časi na sliki 2.14.



Slika 2.14: Shematski prikaz povezave med časi.

Figure 2.14: Relationships between times.

Med časi globalnih navigacijskih satelitskih sistemov kot sta GPS in GLONASS ter med časoma TAI in UTC obstajajo povezave, ki jih mesečno objavlja BIPM (BIPM, 2011a) – glej preglednico 2.3. V tej preglednici vrednost C0 predstavlja realizacijo GPS časa, ki jo posreduje observatorij v Parizu, vrednost C1 pa predstavlja realizacijo GLONASS časa, ki jo posreduje astrogeodinamični observatorij v Borowiecu.

Preglednica 2.3: Povezava časov UTC in TAI s časoma GPS in GLONASS (BIPM, 2011a).

Table 2.3: Relations of UTC and TAI time with GPS and GLONASS time (BIPM, 2011a).

GPS	GLONASS
$[UTC - GPS \text{ čas}] = -15 \text{ s} + C0$	$[UTC - GLONASS \text{ čas}] = 0 \text{ s} + C1$
$[TAI - GPS \text{ čas}] = 19 \text{ s} + C0$	$[TAI - GLONASS \text{ čas}] = 34 \text{ s} + C1$
Globalna nenatančnost je reda velikosti 10 ns	Globalna nenatančnost je reda velikosti stotin ns

2.4 Kakovost geoprostorskih podatkov

Hkrati s širjenjem pomena in vloge geodezije naraščajo tako zahteve znanstvenikov in inženirjev, ki delujejo na širokem področju opazovanja dejstev o Zemlji, kakor tudi splošne javnosti, po povečanju točnosti in zanesljivosti ter možnosti dostopa do geodetskih podatkov, meritev, storitev in izdelkov.

Eden od koristnih nedavnih mednarodnih korakov za harmonizacijo in dvig kakovosti geoprostorskih podatkov in njihove uporabe je iniciativa Organizacije združenih narodov (Resolucija VII, 2009) za globalno geoprostorsko informacijsko upravljanje GGIM (angl. Global Geospatial Information Management), ki zahteva od Sekretariata OZN, da se v okviru ekonomskega in socialnega sveta OZN izvedejo razprave in pripravi poročilo o globalni koordinaciji upravljanja geoprostorskih informacij, vključno s proučitvijo možnosti za vzpostavitev globalnega foruma OZN za izmenjavo informacij med državami in drugimi zainteresiranimi udeleženci ter še posebej za izmenjavo dobrih praks na področjih pravnih in političnih instrumentov, modelov upravljanja, tehničnih rešitev in standardov, medoprevelnosti sistemov in podatkov ter izmenjave mehanizmov za zagotavljanje enostavne in hitre dostopnosti geoprostorskih informacij in storitev. Države članice OZN so dosegle splošno soglasje o nujni potrebi po meddržavnem posvetovalnem mehanizmu, ki bi imel vodilno vlogo pri postavitvi programa za razvoj globalnih geoprostorskih informacij in spodbujanju njihove uporabe pri reševanju ključnih globalnih izzivov tako, da bi deloval povezovalno in usklajevalno med samimi državami članicami OZN ter med državami in mednarodnimi organizacijami.

Kakovost geoprostorskih podatkov je mera razlike med podatki in realnim svetom, ki ga ti podatki predstavljajo. Večja je ta razlika, slabša je kakovost podatkov in s tem je manjša tudi dejanska vrednost teh podatkov. Neskončne kompleksnosti realnega sveta ni možno v celoti in popolnoma poustvariti s podatki (Goodchild, 2006). Geoprostorski podatki so sami po sebi nezanesljivi (Couclelis, 2003) in samo po sebi je verjetno, da bodo različni ljudje isto realnost modelirali različno (Bédard, 1987).

Pri opisovanju kakovosti podatkov je potrebno upoštevati različne razsežnosti podatkov pri različnih stopnjah podrobnosti in prav tako številne različne sestavine standardov, ki jih poznamo kot elemente kakovosti. Vzpostavitev in uporaba mednarodnih standardov kakovosti sta zelo pomembna iz več razlogov, še posebej zaradi izboljšanja kakovosti, varnosti, varovanja, zaščite okolja in gospodarne rabe naravnih virov. Standardizirani opisi osmih temeljnih načel upravljanja kakovosti, kot so navedeni v standardih ISO 9000 (ISO, 2005a) in ISO 9004 (ISO, 2000), so naslednji:

- Načelo št. 1: Osredotočenje na uporabnika
- Načelo št. 2: Vodstvo
- Načelo št. 3: Vključevanje ljudi

- Načelo št. 4: Procesni pristop
- Načelo št. 5: Sistemski pristop k upravljanju
- Načelo št. 6: Stalno izboljševanje
- Načelo št. 7: Pristop k odločanju na podlagi dejstev
- Načelo št. 8: Obojestransko koristno povezovanje

Teh osem temeljnih načel predstavlja načelne smernice za katerokoli poslovno dejavnost. Posebej za področje geoinformatike pa je Mednarodna organizacija za standardizacijo ISO (angl. International Organization for Standardization) v okviru svoje tehnične komisije TC 211 za geografske informacije in geomatiko (angl. Technical Committee TC 211 – Geographic information/Geomatics) v zadnjem desetletju vzpostavila vrsto posebnih področnih standardov serije ISO 19100, ki so namenjeni geografskim informacijam in njihovi kakovosti (ISO/TC 211, 2009; Šumrada, 2009). Ti standardi obravnavajo osnovno temo, t.j. določajo merila o tem, kako dobro predstavljajo podatki realni geografski svet. Osnovni cilj teh standardov je omogočiti izmenljivo uporabo geoprostorskih podatkovnih zbirk med različnimi podatkovnimi modeli in različnimi aplikacijami. Pomembnost zavedanja uporabnikov o tem, kje in kako lahko specifične podatkovne vsebine uporabijo v svojih aplikacijah, narašča s številom različnih podatkovnih modelov in različnih stopenj kakovosti skupin geoprostorskih podatkov. Med pomembne vidike teh standardov spada tudi zmogljivo in učinkovito globalno razširjanje geoprostorskih podatkov in tehnologij, kakor tudi globalno razširjanje dobrih praks, kar vse predstavlja prispevek h globalnemu gospodarskemu in družbenemu razvoju.

Med standardi serije ISO 19100 vzpostavljajo trenutno veljavni standardi ISO 19113 (ISO, 2005b), ISO 19114 (ISO, 2005c) in ISO 19115 (ISO, 2005d; ISO 2009b) načela za opisovanje kakovosti geoprostorskih podatkov v procesu ocenjevanja kakovosti in povzemajo kakovost z naslednjimi znanimi elementi:

- celovitost,
- logična skladnost,
- položajna točnost,
- časovna točnost,
- pomenska, tematska ali lastnostna točnost.

Elemente kakovosti z osnovnimi merami kakovosti podatkov prikažemo v preglednici 2.4.

Preglednica 2.4: Shematski prikaz osnovnih mer kakovosti podatkov za elemente kakovosti.

Table 2.4: Schematic view of basic data quality measures for quality elements.

Element kakovosti	Osnovna mera kakovosti podatkov
celovitost	prisotnost
	odsotnost
logična skladnost	načelna
	domenska
	oblikovna
	topološka
položajna točnost	absolutna
	relativna
	točnost rastrskih podatkov
časovna točnost	točnost časovne meritve
	časovna skladnost
	časovna veljavnost
tematska točnost	napake razvrščanja
	napake nekvantitativnih atributov
	točnost kvantitativnih atributov

Informacije o kakovosti geoprostorskih podatkov so vsebovane v metapodatkih, ki jih uporabniki geoprostorskih podatkov prejmejo od proizvajalcev geoprostorskih podatkov skupaj s podatki samimi.

Dnevna praksa v geoprostorski skupnosti kaže na številne in stalne napore proizvajalcev in ponudnikov geoprostorskih podatkov za izboljšanje kakovosti geoprostorskih podatkov ter napore za to, da bi omogočili uporabnikom geoprostorskih podatkov razumeti pomen in učinke kakovosti geoprostorskih podatkov na njihovo delo. Čeprav proizvajalci geoprostorskih podatkov običajno v podrobnosti poznajo lastne proizvedene podatke in njihovo kakovost, se uporabnikom geoprostorskih podatkov – z izjemo uporabnikov znotraj profesionalnih geoprostorskih skupnosti, kot npr. GEOSS, itd. – večinoma zdijo informacije o kakovosti podatkov prezapletene, zaradi česar bodisi podrobnosti o kakovosti ne razumejo ali pa jim zanje celo ni mar. Nedvomno je zato potrebno med vsemi nami izboljšati razumevanje kakovosti geoprostorskih podatkov in njenih učinkov na uporabo.

Znane so številne metodologije, ki so bile v zadnjih desetletjih razvite in uporabljene na temo, kako spremeniti zahteve in potrebe uporabnikov v potrebno kakovost. Med njimi omenimo celovito upravljanje kakovosti (angl. Total Quality Management – TQM) in upravljanje delovnih procesov

(angl. Workflow Management – WFM) (Radwan et al., 2001). To vključuje razporejanje funkcij kakovosti (angl. Quality Function Deployment – QFD) kot metodo sistemov za podporo odločanju (angl. Decision Support Systems – DSS), ki omogoča pretvorbo zahtev uporabnikov v kakovost načrtovanja izdelkov ali storitev (Akao, 1994). QFD z uporabo tehnike tržnih raziskav, ki je v poslovnih in informacijskih tehnologijah znana pod imenom VOC (angl. Voice of the Customer), podpira transformacijo uporabniških potreb v inženirske lastnosti in ustrezne testne metode za izdelek ali storitev, prav tako pa tudi proučevanje, kako predloge uporabnikov spremeniti v inovacije (Ulwick, 2002). Obširne razprave o teh pristopih so opisane v različni literaturi (npr. Burstein in Holsapple, 2008). Prav tako pa so geografski informacijski sistemi (angl. Geographic Information Systems – GIS) v literaturi opisani kot geoprostorski sistem za podporo odločanju (angl. Spatial DSS) (Pick, 2005).

V nadaljevanju bo iz poglavja 2.5 skozi kratek pregled metodologije prostorsko-časovne kakovosti razvidno, da imajo poznavalci na področju kakovosti geoprostorskih podatkov na razpolago dobre teorije in tehnike. Po drugi strani pa te teorije in tehnike niso dostopne vsem in so še daleč od stopnje, da bi bile tudi dovolj razumljive, še posebej med uporabniki geoprostorskih podatkov.

Trenutne razmere v tem pogledu niso v skladu s potrebami in pričakovanji globalne skupnosti pri doseganju kakovostnih rezultatov uporabe geoprostorskih podatkov. Obseg in učinek tega problema se bo pospešeno povečeval z novimi smermi razvoja proizvodnih načel geoprostorskih podatkov, kjer postajajo meje med proizvajalci in uporabniki geoprostorskih podatkov nejasne.

Različni spletni načini vnosa geoprostorskih podatkov, podprti z Web 2.0 tehnologijo (O'Reilly, 2005), spreminjajo procese proizvodnje in uporabe geoprostorskih podatkov, kar prinaša s seboj tako dobre kot slabe posledice. Udeleženci v procesu nastanka geoprostorskih podatkov postajajo tako proizvajalci kot uporabniki, zaradi česar je nastala tudi nova angleška skovanka *producers* (angl. producer + user = producer), ki v eni besedi združuje pojma proizvajalca in uporabnika (Bruns, 2008). S tem v zvezi so se v zadnjih nekaj letih uveljavili novi pojmi, kot so *neogeografija* (angl. *neogeography*; Turner, 2007), *volonterske geografske informacije* (angl. *VGI – volunteered geographic information*; Goodchild, 2007), *uporaba virov množic* (angl. *crowdsourcing*), *urbano zaznavanje* (angl. *urban sensing*; McLaren, 2009), in *računalništvo v oblaku* (angl. *cloud computing*) s svojimi modeli storitev in modeli uporabe v oblaku (Mell in Grance, 2009). Vsi ti pojmi hitro pridobivajo pomembno vlogo v globalni geoprostorski skupnosti, kar je razvidno tudi iz rastočega števila tovrstnih vsebin na nedavnih mednarodnih geoprostorskih simpozijih in drugih dogodkih, kjer postaja očitno, da dobivajo načela sodelovalnega načina pridobivanja geoprostorskih podatkov vedno večji vpliv na geoprostorske razvojne prakse in da bodo bistveno posegle v dosedanje načine uporabe in upravljanja podatkov v globalni geoprostorski skupnosti. V drugi polovici leta 2009 je tako prvo od uveljavljenih komercialnih podjetij na področju naprednih geoprostorskih orodij in storitev (t.j.

deCarta) že odprlo svoje proizvodne postopke za geoprostorske podatke z uporabo virov množic in s tem tudi v praksi odprlo nove poti razvoja geoprostorskih podjetij ter sodelovanja proizvajalcev in uporabnikov geoprostorskih podatkov.

Uporabniki vse bolj uporabljajo svetovni splet kot interaktivno okolje, v katerem je pridobivanje podatkov in informacij od posameznikov enako pomembno kot posredovanje podatkov in informacij posameznikom. Na področju geoprostorskih podatkov so v tem pogledu npr. značilni primeri kot Tele Atlas MultiNet (www.teleatlas.com), TomTom Map Share (www.tomtom.com/page/mapshare), Navteq Map Reporter (mapreporter.navteq.com), Nokia Maps (maps.nokia.com), Google Maps (maps.google.com), Bing Maps (www.bing.com), Wikimapia (wikimapia.org) in OpenStreetMap (www.openstreetmap.org).

Iz tega sledi, da je potreben in dobrodošel vsak napor v smeri izboljšanja sistematične komunikacije informacij o kakovosti geoprostorskih podatkov med proizvajalci in uporabniki. V disertaciji v nadaljevanju po pregledu metodologije prostorsko-časovne kakovosti podrobno predstavimo aktualni prispevek avtorjev na tem področju z opisom ideje o sistematičnem ocenjevanju prostorsko-časovne kakovosti geoprostorskih podatkov (Triglav et al., 2011) z uporabo preproste in dinamične rešitve na osnovi STEM matrik prostorsko-časovnih ocenitev (angl. Spatio-Temporal Evaluation Matrix) in INSTANT matrik indeksa prostorsko-časovnih predvidevanj (angl. INdex of Spatio-Temporal ANTicipations).

2.5 Pregled metodologije prostorsko-časovne kakovosti

Geoprostorski informacijski procesi, ki zajemajo ključna področja, kot so pridobivanje in posredovanje podatkov, geoinformacijska teorija, prostorsko-časovna statistika, obravnavajo le modele resničnosti. Zaradi tega so pogosto nenatančni in dovoljujejo več možnosti interpretacije abstraktnih prikazov in podatkov. Iz tega razloga so vprašanja kakovosti v prostorsko-časovnem preučevanju podatkov zelo pomembna za zagotavljanje praktičnih in teoretičnih rešitev, s katerimi je možno osmisлити pogosto kaotične in ogromne količine razpoložljivih geoprostorskih podatkov. Metodologijo in znanstveni napredek proučevanja prostorsko-časovne kakovosti podatkov v nadaljevanju tega poglavja opišemo s kratkim pregledom raziskovalnih področij, ki se navezujejo na temo te naloge in predstavljajo njeno raziskovalno podprto izhodišče.

V zadnjih desetletjih so na področju kakovosti geoprostorskih podatkov razvili teoretične modele in mednarodne standarde za metapodatkovne opise skupin geoprostorskih podatkov. V zvezi s kakovostjo podatkov se v zadnjih desetletjih v literaturi uporabljata zlasti dva pojma: notranja kakovost (angl. internal quality) in zunanja kakovost (angl. external quality). Notranja kakovost

temelji na predpostavki odsotnosti grobih napak v podatkih, zunanja kakovost pa podaja oceno o primernosti podatkov za potrebe uporabnikov (Devillers et al., 2007). Za zunanjo kakovost je zato značilno tudi načelo primernosti za uporabo, poleg tega je bilo o njej doseženo soglasje v mednarodnih organih za standardizacijo, kot je ISO. Pri zunanji kakovosti je kakovost točneje določena kot stopnja skladnosti med karakteristikami podatkov in eksplicitnimi in implicitnimi potrebami uporabnika za določene namene uporabe na določenem področju (Devillers et al., 2007). Hunter in sodelavci (2009) pregledno opisujejo razvoj, ki je bil narejen na področju kakovosti geoprostorskih podatkov v zadnjih dvajsetih letih in predstavijo težave, probleme in predloge pri opisovanju kakovosti in uporabnosti podatkov ter njihovo praktično uporabo med uporabniki.

Za pravilno izvedbo svojih nalog z znano in zadostno kakovostjo morajo uporabniki najti odgovor na vprašanje, kako izbrati najboljše razpoložljive podatke za določeno svojo nalogo. Geoprostorski specialisti v ta namen ponujajo številne predloge in rešitve (kot npr. Frank et al., 2004; Grum in Vasseur, 2004). Potrebni so opisi kakovosti podatkov, ki so primerni za nameravano uporabo podatkov (Stein in Van Oort, 2006). Za učinkovito pridobivanje in posredovanje geoprostorskih podatkov dobre kakovosti je potrebno kakovost vgraditi v sam proizvodni proces, namesto da se kakovost poskuša dodajati naknadno (Henriksson in Kauppinen, 2007).

Boin in Hunter (2008) se sprašujeta ali je kakovost informacij, ki so običajno opisane v metapodatkih geoprostorskih podatkov, dejansko uporabna ali pa ponudniki geoprostorskih podatkov mogoče zapravljajo svoje dragocene vire za pripravo informacij o kakovosti podatkov na načine, ki so za uporabnike slabo uporabne. Številne študije razkrivajo različne omejitve glede uporabe metapodatkov. Uporabniki podatkov pri iskanju najboljših dosegljivih geoprostorskih podatkov redko uporabljajo metapodatke (Frank, 1998) ali pa uporabijo le njihove posamezne dele (Dassonville et al., 2002). Uporabniki podatkov metapodatke dojemajo kot tehnični opis skupin geoprostorskih podatkov (Walford, 2002) in ne kot razumljivo informacijo, ki je namenjena uporabnikom geoprostorskih podatkov (Harvey, 1998).

Hunter in sodelavci (2007) na podlagi pridobljenih izkušenj zagovarjajo stališče, da je namesto določevanja uporabnosti geoprostorskih podatkov samo na podlagi njihove kakovosti ali primernosti za uporabo, za presojo o tem ali bo določen proizvod zadovoljil potrebe uporabnika bolj koristno načelo uporabnosti. Hope in Hunter (2007a) sta preizkusila učinke položajne negotovosti na geoprostorsko pogojene odločitve, v odvisnosti od načina, na katerega je bila položajna negotovost predstavljena. Ugotovila sta, da so sodelujoči uporabniki izkazali izjemno velike razlike v svojih odgovorih. Hope in Hunter (2007b) sta preizkusila tudi učinke tematske negotovosti na geoprostorsko pogojene odločitve. Rezultati so pokazali, da številni uporabniki – vključno s tistimi, ki sebe dojemajo kot izkušene uporabnike geoprostorskih procesov in informacij – nimajo intuitivnega razumevanja,

kako obravnavati negotovost pri svojem odločanju. Prav tako sta ugotovila, da vključitev informacij o negotovosti podatkov v rezultatih GIS obdelav lahko celo vodi do nerazumnih odločitev, namesto da bi podprla robustno odločanje, v celoti utemeljeno na potrebnih informacijah, čemur so le-te tudi namenjene.

Geoprostorski podatki so raznovrstni po svoji naravi in po specifičnih zahtevah za njihovo pridobivanje. Zaradi tega se med seboj razlikujejo tudi po pogostnosti proizvodnje in vzdrževanja. Uporaba takšnih raznovrstnih virov geoprostorskih podatkov opozarja na pomen upravljanja kakovosti podatkov in prehoda na nov proizvodni model (Jakobsson, 2006). Proizvodnja geoprostorskih podatkov z različnimi stopnjami zajema podrobnosti odpira nove izzive večmerilskosti (angl. multi-scale) in večločljivosti (angl. multi-resolution) kot pete razsežnosti geoprostorskih podatkov (čas je četrta razsežnost), ob čemer lahko predvidevamo, da se bodo razsežnosti geoprostorskih podatkov povečevale še naprej (Lemmens, 2009).

Obstajajo tudi številne različne definicije in interpretacije pojma prostorske zrnivosti (angl. spatial granularity), kjer znanstvena skupnost še ni dosegla širše sprejete definicije zrnivosti v geoprostorskem kontekstu. Podatkovno zrnice je najmanjši zbir podatkov, ki se lahko neodvisno upravlja, t.j. opisuje, shranjuje in priklicuje. Podatkovna zrnica se lahko upravlja kot logična zrnica in/ali fizična zrnica (NASA, 2009). Smith in Brogaard (2002) ponujata rešitev s kvantno mereotopologijo, ki temelji na teoriji delitve resničnosti na končna zrnca, razširjeni na teorijo grobo- in fino-zrnavih zgodovin. Camossi in sodelavci (2003) predlagajo formalno definicijo prostorske zrnivosti, hkrati pa Bittner in Smith (2003) zagovarjata stališče, da so delitve na podatkovna zrnca prisotne pri vseh dejavnostih poimenovanja, izpisovanja, razvrščanja, preštevanja, katalogiziranja in kartiranja kot tista spoznavna orodja, ki jih človek načrtuje in uporablja, da bi lahko izpolnjeval različne naloge zbiranja, razvrščanja in kartiranja pri svojem sodelovanju s svetom okrog sebe. Belussi in sodelavci (2008) predlagajo definicijo prostorsko-časovne zrnivosti, s katero je možno upravljati informacije o geoprostorski zrnivosti, ki se spreminja s časom. Cheng in Lu (2004) proučujeta povezljivost med geoprostorsko zrnivostjo in merilom v študiji o geoprostorski podatkovni zbirki z več nivoji zrnivosti ter ponujata obsežne nadaljnje referenčne napotke o tej problematiki.

Geoprostorski podatki postajajo del množične proizvodnje in s tem postavljajo nova vprašanja na področju proizvodnje podatkov, njihove kakovosti in primernosti za uporabo v določene namene (Gervais, 2006). Precejšnje število objavljenih znanstvenih člankov obravnava temo ovrednotenja primernosti geoprostorskih podatkov za uporabo in zmanjševanja rizika napačne uporabe geoprostorskih podatkov, pri čemer so možni različni pristopi (Bédard et al., 2004), ki jih lahko razvrstimo v dve osnovni skupini: "a priori" in "a posteriori" pristopi. Eden od "a priori" pristopov je predlog za pridobitev mnenja strokovnjaka za geomatiko in razvoj posebnih orodij za pomoč takemu

strokovnjaku v njegovi oceni (Devillers et al., 2005). Med “a posteriori” pristopi nekateri avtorji predlagajo posredovanje informacij o kakovosti geoprostorskih podatkov z uporabo različnih vrst tehnik vizualizacije (npr. Drecki, 2002; Devillers in Beard, 2006).

Na področju reševanja problemov velikih količin večspremenljivčnih prostorsko-časovnih podatkov so predmet raziskav novi pristopi k vizualizaciji, kot npr. časovna kocka z več spremenljivkami – MTC (angl. Multivariable-Time-Cube) in paralelna koordinatna izrisovalna časovna kocka – PTC (angl. Parallel Coordinate Plot-Time-Cube) v povezavi s prostorsko časovno kocko – STC (angl. Space-Time-Cube) (Li in Kraak, 2005). STC geovizualizacija ponuja več različnih možnosti in predstavlja nove izzive glede funkcionalnosti in uporabnosti v prostorsko-časovnih aplikacijah (Kraak, 2006). Prostorsko-časovno združevanje in vizualizacija podatkov – STDIV (angl. Spatio-Temporal Data Integration and Visualization) je v znanstveno-raziskovalnem smislu osredotočeno na geovizualno analitiko v času in na problematiko združevanja podatkov različnih ločljivosti (ITC, 2008).

Vizualna analitika je novejša znanstveno-raziskovalna veja za razvoj tehnologij za ustrezno združevanje zmogljivosti inteligentne avtomatske analize podatkov z zmožnostmi vizualnega dojetja in analiziranja na strani uporabnikov. Ogromna in še naprej hitro naraščajoča količina geoprostorskih podatkov predstavlja pomemben izziv in velik potencial za uspešen tehnološki razvoj, a hkrati veliko nevarnost za problem informacijske preobremenjenosti (angl. information overload). Zato ne preseneča dejstvo, da se v Evropi vzpostavlja močna skupnost znanstvenih raziskovalcev za vizualno analitiko, npr. v okviru programa VisMaster “Visual Analytics – Mastering the Information Age” (VisMaster, 2009), “European Coordination Action Project in the FET – Future and Emerging Technologies” (FET, 2009) in v okviru sedmega okvirnega programa – FP7 (angl. Seventh Framework Program) (FP7, 2009).

Levesque s sodelavci (2007) na podlagi predhodnih raziskav in proučevanja pravnih načel pojasnjuje pravne vidike dolžnosti proizvajalcev geoprostorskih podatkov do uporabnikov teh podatkov. Opredeli številne dolžnosti, ki bi morale biti obvezne za proizvajalce podatkov ali strokovnjake za geomatiko, vključno z obvezo za pazljivost in skrbnost, kakor tudi za pravilno informiranje uporabnikov. Obveznost informiranja vključuje tudi svetovanje in obveščanje, ki zahteva, da proizvajalci geoprostorskih podatkov razumejo potrebe in cilje uporabnikov ali celo njihove nameravane načine uporabe podatkov. Pomembnost obveze proizvajalcev geoprostorskih podatkov za pravilno informiranje uporabnikov je še posebej visoka v kontekstu hitro naraščajoče masovne uporabe geoprostorskih podatkov.

Pričakovano je povečano zanimanje uporabnikov za poznavanje kakovosti geoprostorskih podatkov in zahtev za njihovo izboljšanje. Ta pričakovanja lahko temeljijo na nastajajočih storitvah nadzora

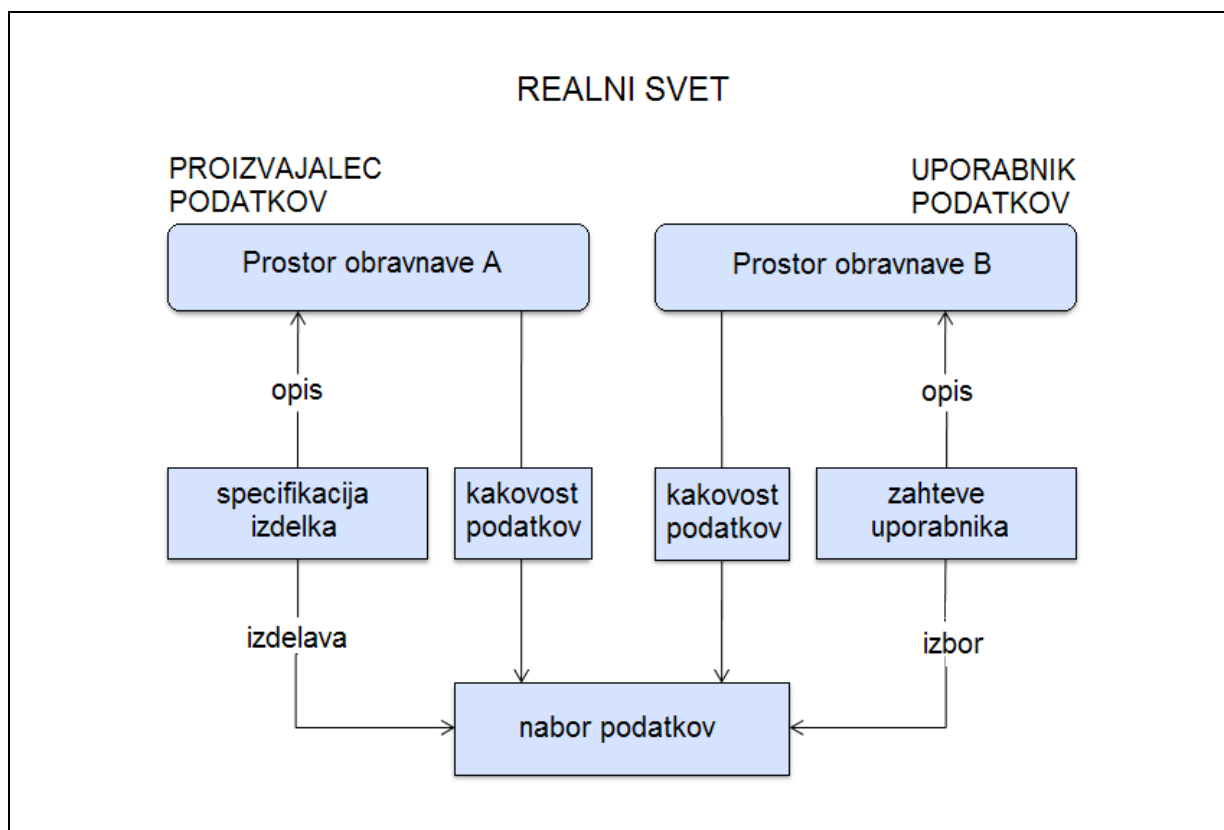
kakovosti (Gervais et al., 2006), ki uporabnikom s strani tretjih oseb zagotavljajo strokovno neodvisno mnenje o geoprostorskih podatkih. Druga možnost, ki jo imajo proizvajalci geoprostorskih podatkov, je uvedba modelov upravljanja kakovosti za preverjanje njihovih rezultatov; npr. z uporabo akreditacije kakovosti, zagotovil o kakovosti podatkov ali z izdajo certifikatov kakovosti, izdanih s strani tretjih oseb (OS, 2009). Vendar je potrebno upoštevati, da je izvajanje nadzora, akreditacije in certificiranja omejeno s pripravljenostjo proizvajalcev in uporabnikov podatkov, da krijejo stroške teh postopkov. Dodatni omejitveni dejavnik je dejstvo, da se uporaba geoprostorskih podatkov in geografskih informacij hitro seli v aplikacije na svetovnem spletu, pri katerih lahko uporabniki na dokaj lahek in prosto dostopen način, podprt z možnostmi odprtih geoprostorskih standardov, dostopajo do različnih vrst geoprostorskih podatkov iz različnih virov. Vprašanja kakovosti so v spletnem okolju zelo pomembna, in to ne samo v povezavi z geoprostorskimi podatki, temveč tudi v kontekstu uporabe podatkov v postopkih in storitvah. Za obravnavo teh vprašanj je bila imenovana posebna delovna skupina pri združenju Open Geospatial Consortium (OGC, 2009).

V zgornjih odstavkih opisana problematika ponuja le kratek vpogled v novejšo obdobje raziskav kakovosti geoprostorskih podatkov in pri tem upošteva, da so udeleženci v procesu proizvodnje geoprostorskih podatkov vedno pogostejše tako proizvajalci kot uporabniki podatkov. Vendar pa je navzlic ogromnim poslovnim stroškom zaradi slabe kakovosti podatkov (Eckerson, 2002) skupnost uporabnikov geoprostorskih podatkov šele na začetnih stopnjah večjega zavedanja o tej problematiki in spoznavanja resnosti problematike. Npr. v letu 2006 sta bili kakovost informacij in upravljanja podatkov uvrščeni med prvo deseterico trendov poslovne dejavnosti (Knightsbridge, 2006).

S to disertacijo in njeno vsebino se pridružujemo temu naraščajočemu zavedanju in predstavljamo prostorsko-časovno kakovost podatkov kot eno od pomembnih področij poslovne dejavnosti, z jasnim glavnim ciljem, da prispevamo pomembno novo znanje in ideje raziskovalnemu področju prostorsko-časovne kakovosti podatkov. Ta prispevek podrobno opisujemo v nadaljevanju disertacije.

3 MATRIČNA PREDSTAVITEV IN KOMUNIKACIJA PROSTORSKO-ČASOVNE KAKOVOSTI GEOPROSTORSKIH PODATKOV

Vzpostavitev načel za opis kakovosti geografskih podatkov, določanje sestavin za sestavo poročil o kakovosti in urejanje informacij o kakovosti podatkov so pglavitni namen standarda ISO 19113 (ISO, 2005b). Na podlagi načela o kakovosti podatkov v standardu ISO 19113 (slika 3.1) je kakovost podatkov razlika med podatkovno zbirko in med pogledi realnega ali hipotetičnega sveta, poimenovanimi kot prostor obravnave (angl. universe of discourse) in določenimi s podatkovnimi specifikacijami. Proizvajalci geoprostorskih podatkov in uporabniki teh podatkov lahko in pogosto tudi dejansko uporabljajo različne prostore obravnave, kar ima za posledico različno presojo kakovosti istih geoprostorskih podatkov. V primeru enake presoje pa se lahko pogleda proizvajalca in uporabnika na kakovost podatkov ujemata. Kot predpogoj za tako ujemanje mora biti prostor obravnave jasno strukturiran, pri čemer je vloga podatkovnih proizvodnih specifikacij ključna, vključno z »a priori« znanimi potrebami uporabnikov, kadarkoli je to le možno.



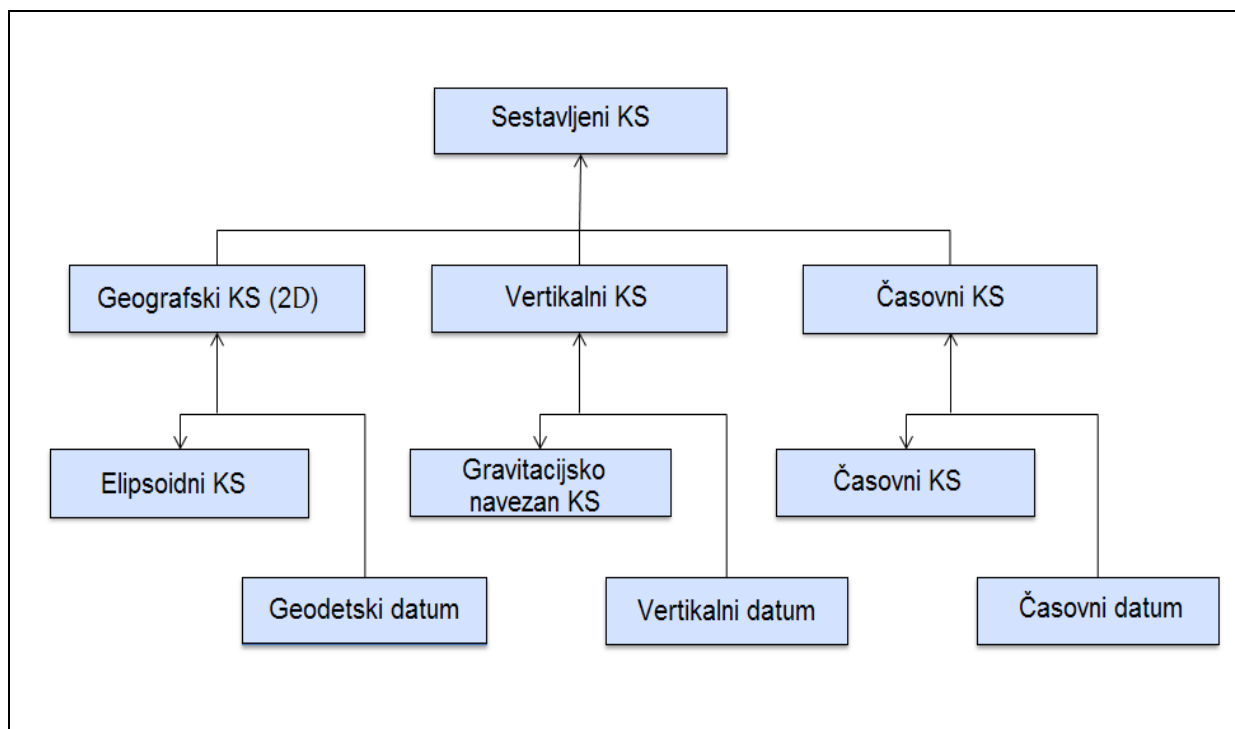
Slika 3.1: ISO 19113 standard – koncept kakovosti podatkov

Figure 3.1: ISO 19113 Standard – Concept of data quality

Obstoječi veljavni standardi ISO 19113, 19114 in 19138 teh zahtev ne izpolnjujejo v potrebni meri, zato so v okviru ISO/TC 211 v teku aktivnosti za revizijo teh standardov (ISO/TC211, 2011) v okviru

projektne ekipe novega standarda ISO 19157 za kakovost podatkov, ki bo obstoječe tri standarde do leta 2013 združil in medsebojno uskladi v novi standard. Hkrati je v pripravi tudi nov standard ISO TS 19158 o zagotovitvi kakovosti razpoložljivih podatkov, katerega sprejem je predviden do konca leta 2011. Standard ISO 19157 (Jakobsson, 2009) bo postavil dopolnjena načela kakovosti geografskih podatkov, sestavine za opis kakovosti podatkov, sestavine in vsebinsko strukturo registra mer za kakovost podatkov, splošne postopke za ocenjevanje kakovosti in načela za sestavo poročil o kakovosti podatkov. S pomočjo tega standarda bodo lahko proizvajalci podatkov opisali in ocenili, kako dobro se njihovi geoprostorski podatki ujemajo s proizvodnimi specifikacijami, uporabniki teh podatkov pa bodo lažje ocenili ali so določeni geoprostorski podatki dovolj kakovostni ali ne za njihov konkreten namen uporabe. Cilj standarda ISO 19158 (Jakobsson, 2009) je vzpostavitev postopkov, ki bodo omogočali izdelavo ali posodobitev geoprostorskih podatkov na tak način, da bo zagotovljeno izpolnjevanje zahtev kakovosti. Proces ocenjevanja kakovosti se s specifičnimi cilji lahko uporabi v različnih fazah proizvodnega cikla. Kot faze proizvodnega cikla so upoštevane specifikacija, proizvodnja, posredovanje, uporaba in posodabljanje. Uvaja pa tudi akreditacijo procesov in osebja.

Ključni problem ostaja komunikacija, še posebej načini, na katere proizvajalci geoprostorskih podatkov sporočajo uporabnikom svoje poznavanje kakovosti podatkov, in načini, s katerimi uporabniki sporočajo, kaj so sami spoznali glede kakovosti podatkov. Ena od osnovnih zahtev pri tem je, da morajo proizvajalci in uporabniki geoprostorskih podatkov organizirati te podatke v naboru skupnih in povezanih hierarhičnih konvencionalnih koordinatnih sistemov, ki vsebujejo prostorske in časovne komponente. S takim načinom organiziranja svojih podatkov bodo proizvajalci in uporabniki geoprostorskih podatkov postopoma prišli do potrebne skupne osnove, ki jim bo omogočila, da bodo presegli obstoječi »Babilon« različic koordinatnih sistemov in bistveno izboljšali komunikacijo o kakovosti geoprostorskih podatkov. Shematični primer možne sestave prostorsko-časovnega koordinatnega sistema (KS) je prikazan na sliki 3.2 in podrobneje razložen v standardu ISO 19111 (ISO, 2007; ISO, 2009a) z razvrstitvijo osnovnih tipov koordinatnih sistemov, skupaj s podtipi in navedbo omejitev, povezanih s koordinatnimi sistemi.

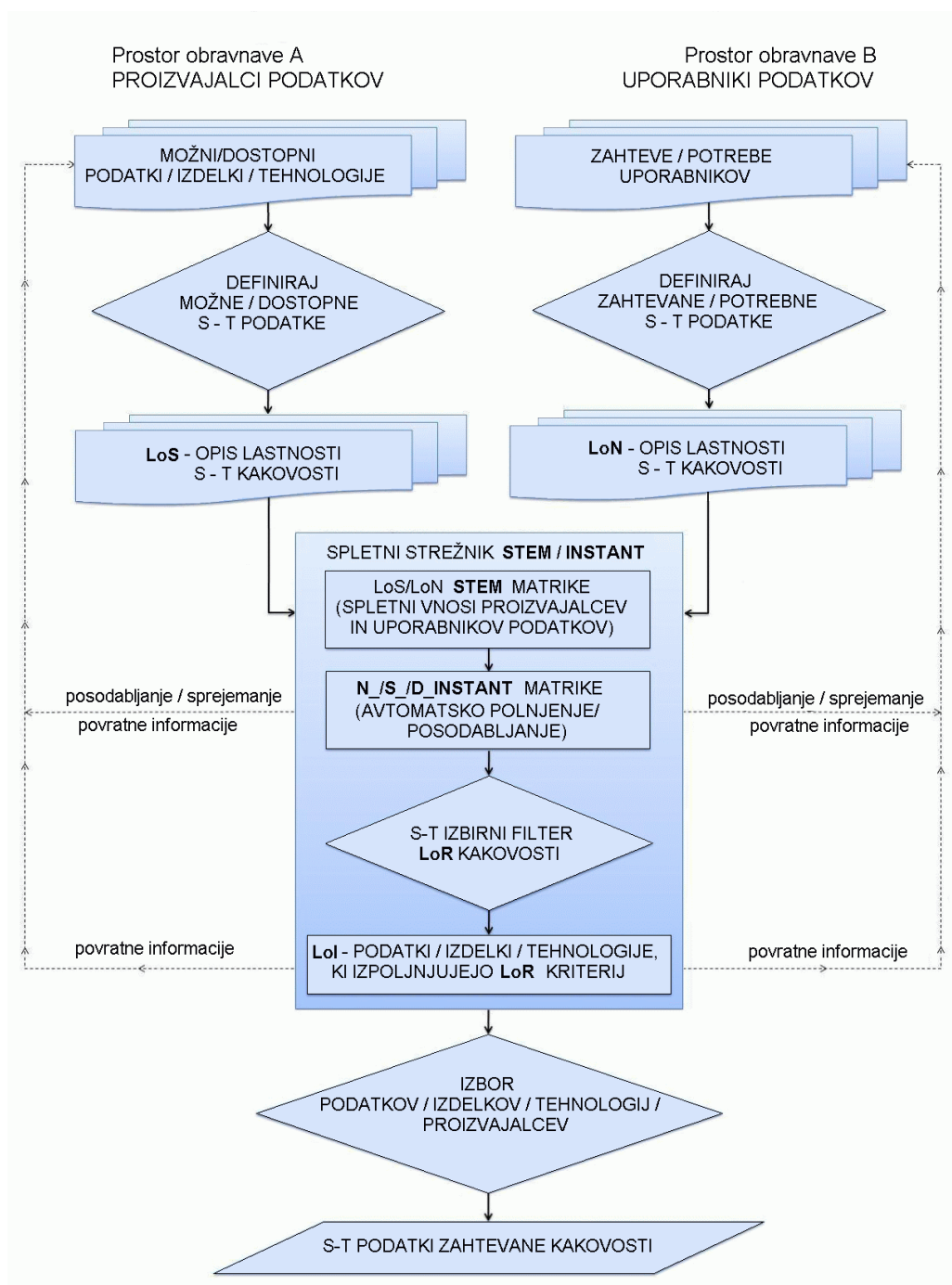


Slika 3.2: ISO 19111 shematski primer možne sestave prostorsko-časovnega koordinatnega sistema.

Figure 3.2: An ISO 19111 schematic example of a possible composition of spatio-temporal compound coordinate reference systems.

Uporaba Web 2.0 pristopa k sodelovalni izmenjavi (angl. cooperative feedback) med proizvajalci in uporabniki geoprostorskih podatkov je naravna pot izmenjave informacij o kakovosti podatkov. V okviru disertacije smo zasnovali koncept enostavne in dinamične rešitve za ocenjevanje prostorske in časovne zrnivosti geoprostorskih podatkov z uporabo STEM matrik prostorsko-časovnih ocenitev geoprostorskih podatkov (angl. Spatio-Temporal Evaluation Matrices) in INSTANT matrik prostorsko-časovnih predvidevanj (angl. INdex of Spatio-Temporal ANTicipations). Koncept prikažemo v shematskem diagramu poteka na sliki 3.3 in opišemo v nadaljevanju v poglavjih 3.1 in 3.2.

Koncept je v skladu z naslovom disertacije omejen na prostorsko-časovni vidik kakovosti geoprostorskih podatkov, vendar je opisani koncept potencialno možno v prihodnosti razširiti tako, da bo vključeval tudi ostale elemente kakovosti geoprostorskih podatkov: celovitost, logično skladnost ter pomensko, tematsko in lastnostno točnost.



Slika 3.3: Shematski prikaz koncepta STEM matrik. Z uporabo pristopa s STEM in INSTANT matrikami je omogočen koncept preproste in dinamične rešitve za ocenitev ločljivosti oz. zrnivosti prostorsko-časovnih podatkov.

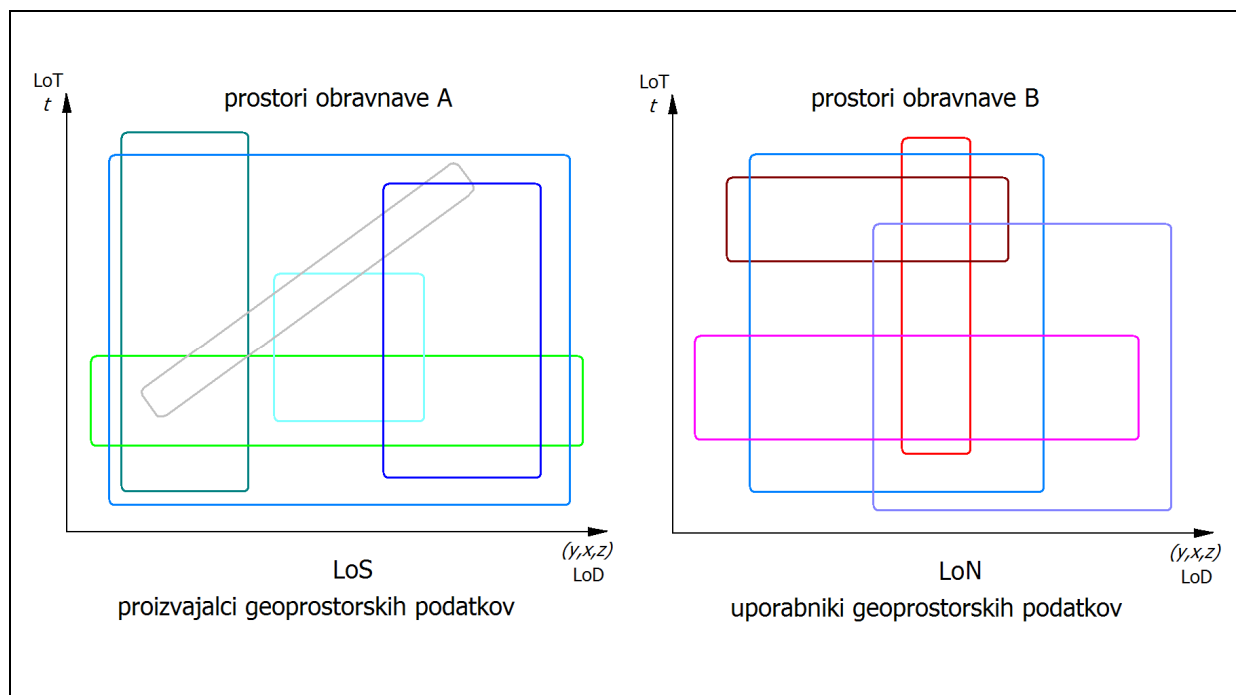
Figure 3.3: STEM Matrix/INSTANT Matrix Flowchart. A concept of simple and dynamic solution to assess the “granularity” of spatio-temporal data is provided with implementing the approach of STEM and INSTANT matrices.

3.1 Matrike STEM

Za potrebe te analize kot razpoložljive geodetske metode pridobivanja geoprostorskih podatkov predlagamo orodja moderne geodezije, ki tvorijo povezan in medsebojno dopolnjujoč se sistem, za katerega se je v geodetski znanosti in literaturi (Plag in Pearlman, 2009) uveljavilo ime Globalni geodetski opazovalni sistem – GGOS (angl. Global Geodetic Observing System). GGOS vključuje tako opazovalna orodja in metode vesoljske geodezije kot opazovalna orodja ter metode letalske in terestrične geodezije. S temi orodji geodezija v prostoru in času spremlja dinamiko in velikosti sprememb Zemlje kot planeta ter dinamiko in velikosti sprememb dejstev o živem in neživem svetu. Pri tem je potrebno poudariti, da ni namen disertacije podrobno opredeljevati ali dokazovati natančnost vsake merske metode in točnost s temi metodami pridobljenih geoprostorskih podatkov, temveč je namen disertacije predstaviti možnost enotnega okvirnega prostorsko-časovnega klasificiranja geoprostorskih podatkov in prikaz njegove uporabnosti med proizvajalci in uporabniki geoprostorskih podatkov.

Geodetska opazovalna orodja in metode imajo za cilj pridobivanje geoprostorskih podatkov za različne skupine uporabnikov. Za potrebe te analize kot pomembna področja uporabe geoprostorskih podatkov uporabimo vodilna področja družbene koristnosti SBA (angl. Societal Benefit Areas), kot jih je določila medvladna skupina za opazovanje Zemlje GEO (angl. Group on Earth Observations; GEO, 2009), dopolnjena s tremi nivoji geoprostorskih podatkov, kot jih določajo dodatki I – III evropske direktive INSPIRE (INSPIRE, 2007). Obravnavamo tudi obstoječe in predvidene uporabniške aplikacije, ki uporabljajo GNSS tehnologijo, in njihove potrebe po stopnjah položajne točnosti, kot jih v preglednicah v Dodatku A svojega poročila o zanesljivosti in ranljivosti GNSS tehnologije (RAE, 2011) navaja Britanska kraljeva akademija za inženirstvo (angl. The Royal Academy of Engineering).

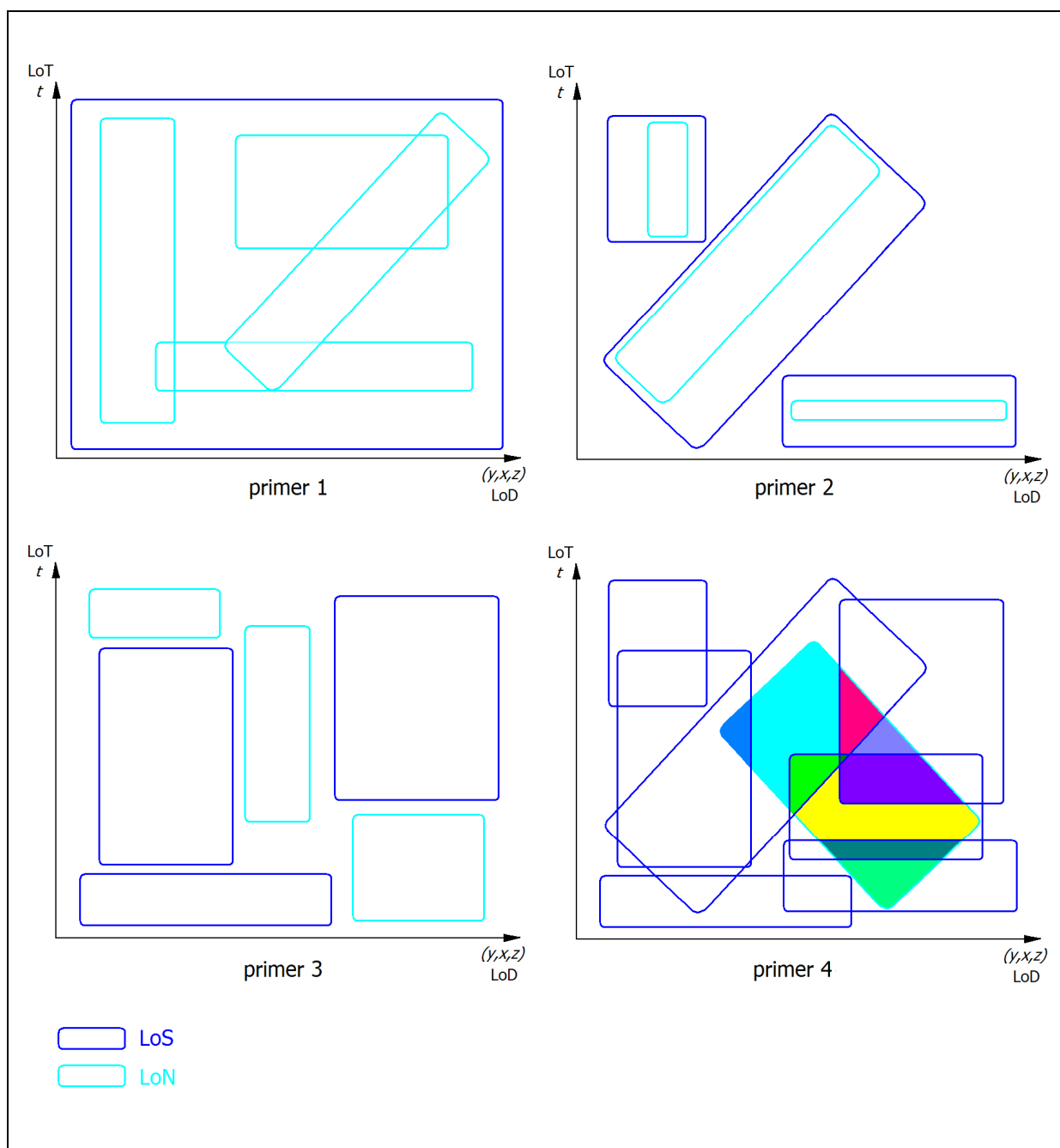
Izhodiščna zamisel je, da lahko prostorsko-časovno ločljivost oz. zrnastost geoprostorskih podatkov, orodij in merskih metod proizvajalcev ter potreb uporabnikov shematsko prikažemo z dvorazsežnimi diagrami, kjer po navpični osi prikažemo časovno zrnastost, po horizontalni osi pa prostorsko zrnastost le-teh. Pri tem izhajamo iz predpostavke, da so v poglavju 3 omenjeni prostori obravnave (angl. universe of discourse) za proizvajalce in uporabnike geoprostorskih podatkov medsebojno izhodiščno različni. Shematski prikaz različnosti prostorov obravnav prikazujemo na sliki 3.4.



Slika 3.4: Shematski prikaz različnosti prostorov obravnave. Na levi strani so prikazani prostori obravnave različnih opazovalnih orodij in metod proizvajalcev geoprostorskih podatkov. Na desni strani so prikazani prostori obravnave za potrebe različnih skupin uporabnikov geoprostorskih podatkov.

Figure 3.4: Schematic view of differences of universes of discourse. Left: universes of discourse of different observation tools and methods of data producers. Right: universes of discourse of different users' groups of geospatial data.

Prostori obravnave so pri proizvajalcih geoprostorskih podatkov odvisni od razpoložljivih opazovalnih orodij in metod, ki imajo različna območja oz. stopnje prostorsko-časovne primernosti LoS (angl. Level of spatio-temporal Suitability). Pri uporabnikih geoprostorskih podatkov pa so prostori obravnave odvisni od njihovih potreb na posameznih področjih uporabe, ki imajo svoja območja oz. stopnje prostorsko-časovnih potreb LoN (angl. Level of spatio-temporal Needs). Cilj tako proizvajalcev kot uporabnikov geoprostorskih podatkov pa je, da se njihovi prostori obravnav medsebojno čim bolj ujemajo. Pri tem lahko razločimo več tipičnih možnih situacij, od katerih so nekatere prikazane na sliki 3.5.



Slika 3.5: Nekaj tipičnih možnih situacij medsebojnega ujemanja prostorov obravnave proizvajalcev (LoS) in uporabnikov (LoN) geoprostorskih podatkov.

Figure 3.5: Some typical possible situations of mutual matching of the universes of discourse between producers (LoS) and users (LoN) of geospatial data.

1. Primer 1 – Vsaka od metod merjenja proizvede geoprostorske podatke v takem prostoru obravnave, ki je primeren za vse potrebe vseh uporabnikov – taka situacija ni možna.

2. Primer 2 – Posamezna metoda merjenja proizvede geoprostorske podatke v takem prostoru obravnave, ki v celoti pokriva potrebe posameznega področja uporabe – taka situacija je redko možna.
3. Primer 3 – Posamezna metoda merjenja proizvede geoprostorske podatke v takem prostoru obravnave, ki sploh ne pokriva nobene potrebe nobenega posameznega področja uporabe – taka situacija ni verjetna.
4. Primer 4 – Vsaka metoda merjenja proizvede geoprostorske podatke v takih prostorih obravnave, ki delno pokrivajo potrebe posameznega področja uporabe – taka situacija je realnost, ki nastopa v veliki večini primerov.

Posledica dejstva, da je za posamezna področja uporabe v veliki večini primerov potrebna uporaba geoprostorskih podatkov, pridobljenih z različnimi merskimi metodami oz. iz različnih podatkovnih virov je, da tako proizvajalci kot uporabniki geoprostorskih podatkov potrebujejo orodje, ki jim bo omogočilo enostavno in pregledno informacijo o prostorsko-časovnem ujemanju razpoložljivih geoprostorskih podatkov s prostorsko-časovnimi potrebami posameznih področij uporabe uporabnikov geoprostorskih podatkov. S primernim tovrstnim orodjem lahko hkrati izvajamo tudi analizo pomena geolokacije kot funkcije časa.

V nadaljevanju tega poglavja podrobneje predstavljamo metodologijo načina izvedbe analize pomena geolokacije kot funkcije časa z uporabo STEM matrik prostorsko-časovnih ocenitev geoprostorskih podatkov (angl. Spatio-Temporal Evaluation Matrices) in INSTANT matrik prostorsko-časovnih predvidevanj (angl. INdex of Spatio-Temporal ANTicipations). Metodologijo smo vsebinsko predstavili v letos objavljenem znanstvenem prispevku (Triglav et al., 2011).

Osnovni koncept matrike STEM uporablja kombinacijo prostorske ločljivosti, predstavljene s stopnjami detajla LoD (angl. Level of Detail) in časovne ločljivosti, predstavljene s časovnimi stopnjami LoT (angl. Level of Time) v dvorazsežni matriki razsežnosti 10 x 10, ki predstavlja kriterije za stopnje prostorsko-časovne ločljivosti LoR (angl. Level of spatio-temporal Resolution), kot prikazuje slika 3.6.

C: LoR-Stopnja prostorsko-časovne ločljivosti [LoD LoT]											
A: Prostorska ločljivost LoD – stopnja detajla		LoD-0 [50 m ali >]	LoD-1 [20 m- 50 m]	LoD-2 [10 m- 20 m]	LoD-3 [5m- 10 m]	LoD-4 [1 m- 5 m]	LoD-5 [0,5 m- 1 m]	LoD-6 [0,2 m- 0,5 m]	LoD-7 [0,1m- 0,2 m]	LoD-8 [0,01m- 0,1 m]	LoD-9 [0,001m- -0,01 m]
B: Časovna ločljivost LoT – stopnja časa	LoT-0 [10 let ali >]	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	LoT-1 [5-10 let]	01	11	21	31	41	51	61	71	81	91
	LoT-2 [2-5 let]	02	12	22	32	42	52	62	72	82	92
	LoT-3 [1-2 leti]	03	13	23	33	43	53	63	73	83	93
	LoT-4 [1 mesec-1 leto]	04	14	24	34	44	54	64	74	84	94
	LoT-5 [1 teden-1 mesec]	05	15	25	35	45	55	65	75	85	95
	LoT-6 [1 dan-1 teden]	06	16	26	36	46	56	66	76	86	96
	LoT-7 [1 ura-1 dan]	07	17	27	37	47	57	67	77	87	97
	LoT-8 [1 min.-1 ura]	08	18	28	38	48	58	68	78	88	98
	LoT-9 [1 sek.-1 min.]	09	19	29	39	49	59	69	79	89	99

Slika 3.6: Koncept matrike STEM združuje prostorsko ločljivost, ki jo predstavlja stopnja detajla (LoD), in časovno ločljivost kot časovni interval pridobivanja podatka, ki jo predstavlja stopnja časa (LoT), v matriko 10 x 10 polj, ki določa kriterije za stopnje prostorsko-časovne ločljivosti (LoR).

Figure 3.6: The concept of STEM matrix combines geospatial resolution presented as Level of Detail (LoD) and temporal resolution as data acquisition time interval presented as Level of Time (LoT) into a 10 x 10 matrix representing the criteria for Level of spatio-temporal Resolution (LoR).

Ločimo naslednje matrike STEM:

- LoR = osnovna matrika s kriteriji za stopnje prostorsko-časovne ločljivosti LoR (angl. **Level of Spatio-Temporal Resolution** [LoD × LoT])
- LoN = matrika za prikaz stopenj prostorsko-časovnih potreb posameznih področij uporabe (angl. **Level of S-T Needs of Application Fields**)
- LoS = matrika za prikaz stopenj prostorsko-časovne ustreznosti posameznih vrst geoprostorskih podatkov/izdelkov/merskih tehnologij (angl. **Level of S-T Suitability of Data/Product/Measuring Technology**)
- LoI = presečna matrika za prikaz prostorsko-časovne primernosti posameznih vrst geoprostorskih podatkov/izdelkov/merskih tehnologij za posamezna področja uporabe (angl. **Level of S-T Intersection Suitability for Application Fields**)

Osnovno preprosto matematiko, ki definira idejo matrik STEM, določa naslednja enačba:

$$\mathbf{LoI}(m,n) = \mathbf{LoN}(m,n) + \mathbf{LoS}(m,n) \quad (1)$$

Vrednosti posameznih polj matrik STEM iz enačbe (1) imajo pomen, kot je navedeno v spodnji preglednici 3.1.

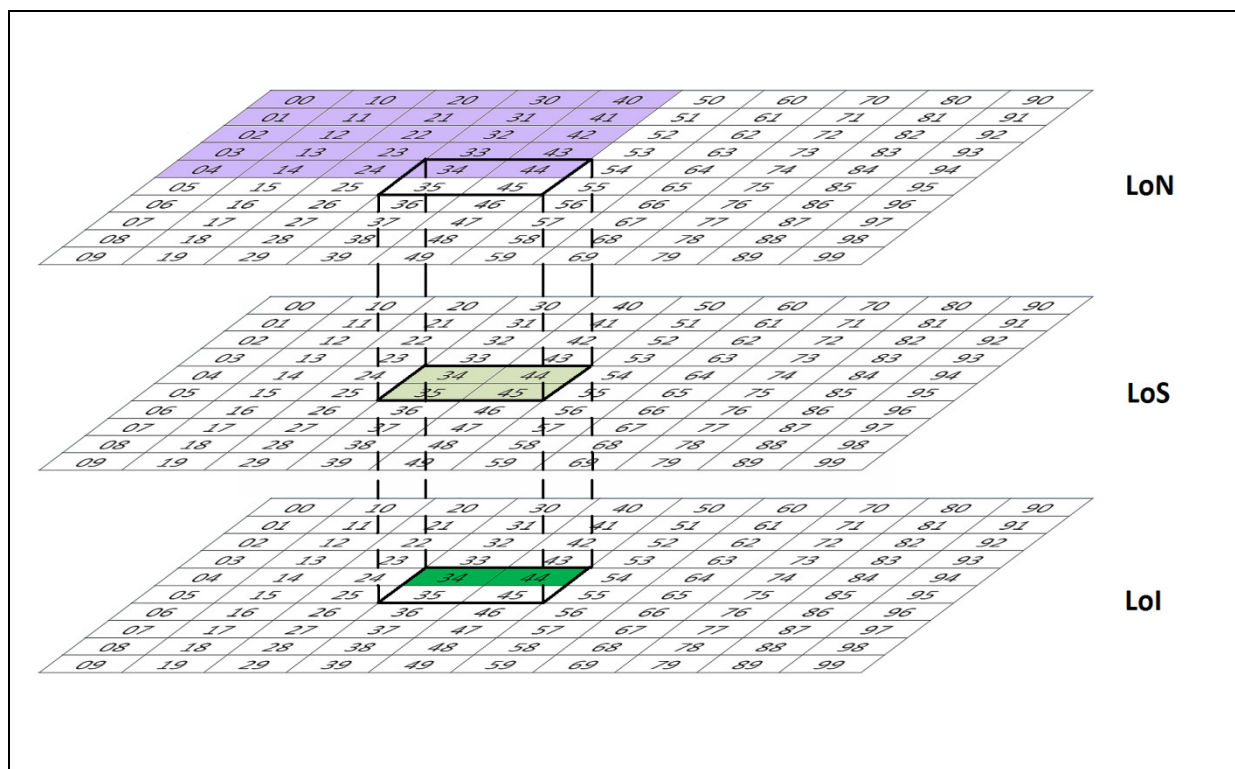
Preglednica 3.1: Pomen enakoležnih matričnih polj v STEM matrikah LoN, LoS in LoI.

Table 3.1: Meanings of the adjacent matrix field values of the LoN, LoS and LoI STEM matrices.

Polje matrike STEM	Vrednost	Pomen
LoN(m,n)	0	Po določeni LoR kakovosti za določeno področje uporabe ne obstajajo potrebe
LoN(m,n)	1	Po določeni LoR kakovosti za določeno področje uporabe obstajajo potrebe
LoS(m,n)	0	Ustrezni podatki določene LoR kakovosti ne obstajajo
LoS(m,n)	1	Ustrezni podatki določene LoR kakovosti obstajajo
LoI(m,n)	0	Ustrezni podatki določene LoR kakovosti ne obstajajo in po njih ni potreb za določeno področje uporabe
LoI(m,n)	1	Ustrezni podatki določene LoR kakovosti obstajajo, a se ne ujemajo s potrebami LoR kakovosti za določeno področje uporabe ali pa ne obstajajo in se za njih pojavljajo potrebe
LoI(m,n)	2	Ustrezni podatki določene LoR kakovosti obstajajo in se ujemajo s potrebami LoR kakovosti za določeno področje uporabe

Kot je že bilo omenjeno, lahko proizvajalci in uporabniki geoprostorskih podatkov uporabljajo različne prostore obravnave, kar ima za posledico različne ocene kakovosti istih skupin podatkov. Diagram na sliki 3.3 prikazuje povezavo med proizvajalčevim in uporabnikovim prostorom obravnave v obliki STEM matrik, ki z matriko LoS podaja informacije o prostorsko-časovni kakovosti podatkov za vsako vrsto razpoložljivih geoprostorskih podatkov proizvajalca, po drugi strani pa z matriko LoN podaja potrebe uporabnika po prostorsko-časovni kakovosti geoprostorskih podatkov za posamezna področja uporabe. S preprostim seštevanjem enakoležnih vrednosti v obeh teh matrikah dobimo presečno matriko LoI, ki pokaže, za katera polja matrike prostorsko-časovne ločljivosti LoR se podatki proizvajalca ujemajo s potrebami uporabnika.

S kombiniranjem informacij o prostorsko-časovni ločljivosti LoR s strani proizvajalcev in uporabnikov geoprostorskih podatkov s sistematičnim postopkom presečne primerjave med matrikami LoS in LoN dobimo matrike LoI kot je prikazano na sliki 3.7.



Slika 3.7: Prostorsko-časovni izbor kakovosti za določeno vrsto podatkov/izdelkov/ tehnologij z uporabo presečne matrike LoI med posameznima matrikama LoN in LoS. Primer matrike LoS predstavlja prostorsko-časovno kakovost podatkov satelita daljinskega zaznavanja z možno stopnjo detajla med 1 m in 10 m ter stopnjo časa od 1 tedna do 1 leta. Potrebe uporabnika obsegajo stopnje LoD 1 m ali večje in stopnje LoT 1 mesec ali večje. Presečna matrika LoI nato obsega podatke z LoT od 1 meseca do 1 leta in LoD od 1m do 10 m.

Figure 3.7: Spatio-temporal quality selection filtering for a particular data/product/ technology using the LoI intersection matrix of the respective LoN and LoS matrices. LoS matrix example represents the data S-T quality of a remote sensing satellite with available LoD from 1m to 10 m and LoT from 1 week to 1 year. User's needs include LoD levels of 1 m or more and LoT levels of 1 month or more. LoI intersection matrix then contains information of LoT 1 month to 1 year and LoD from 1m to 10 m.

Proizvajalci geoprostorskih podatkov vstavijo vrednosti 0 in 1 v LoS matrike za njihove razpoložljive tipe podatkov. Na enak način tudi uporabniki geoprostorskih podatkov vstavijo vrednosti 0 in 1 v LoN matrike za njihova področja uporabe. Vsako iskanje primernih razpoložljivih geoprostorskih podatkov se tako za določena področja uporabe lahko izvede na spletnem strežniku z naloženo bazo STEM matrik s primerjavo LoN matrik uporabnikov z LoS matrikami proizvajalcev. Rezultat take primerjave so matrike LoI, ki nazorno pokažejo, katere vrste geoprostorskih podatkov so primerne za uporabo na določenih področjih uporabe, in katere stopnje kriterijev prostorsko-časovne ločljivosti izpolnjujejo. V tem procesu se uporabniški nabor možnih izbir znatno skrči in sicer le na tiste vrste podatkov, ki so glede prostorsko-časovne ločljivosti zmožni izpolniti potrebe uporabnika. V povezavi s tem je tudi

pričakovanje, da se bo tako povečala verjetnost uspešne uporabe tako izbranih geoprostorskih podatkov oz. da vsaj prostorsko-časovne kakovosti ne bo mogoče kriviti za neuspeh v primerih neuspešne uporabe geoprostorskih podatkov.

Dodatna prednost uporabe STEM matrik je, da vrednosti v poljih LoN in LoS matrik avtomatsko polnijo oz. dopolnjujejo enakoležna matrična polja pripadajočih N_INSTANT in S_INSTANT matrik, ki dinamično dajejo tako proizvajalcem kot uporabnikom geoprostorskih podatkov numerično in grafično podano informacijo o trenutnih skupnih stopnjah ujemanja prostorsko-časovne kakovosti med potrebami uporabnikov in razpoložljivimi vrstami podatkov proizvajalcev geoprostorskih podatkov. Koncept INSTANT matrik je podrobneje opisan v naslednjem poglavju.

3.2 Matrika INSTANT

S konceptom INSTANT matrik definiramo naslednje tri dvorazsežne matrike velikosti 10 x 10 polj, katerih vrednosti predstavljajo nenehno posodablajoče se vrednosti, avtomatsko pridobljene iz enakoležnih polj STEM matrik LoN in LoS, za katere podatke uporabniki in proizvajalci geoprostorskih podatkov vnašajo na spletnem strežniku STEM/INSTANT:

$$\mathbf{N_INSTANT}(m,n) = \sum_{i=1}^{i=k} \mathbf{LoN}(m,n), \quad (2)$$

kjer je k trenutno število LoN matrik, ki so jih vnesli uporabniki geoprostorskih podatkov; vrednost določenega polja N_INSTANT matrike se polni avtomatsko kot stalno dopolnjujoča se vsota vrednosti 0 in 1 v enakoležnih poljih pripadajočih LoN matrik,

$$\mathbf{S_INSTANT}(m,n) = \sum_{i=1}^{i=l} \mathbf{LoS}(m,n), \quad (3)$$

kjer je l trenutno število LoS matrik, ki so jih vnesli proizvajalci geoprostorskih podatkov; vrednost določenega polja S_INSTANT matrike se polni avtomatsko kot stalno dopolnjujoča se vsota vrednosti 0 in 1 v enakoležnih poljih pripadajočih LoS matrik in

$$\mathbf{D_INSTANT}(m,n) = \mathbf{N_INSTANT}(m,n) - \mathbf{S_INSTANT}(m,n), \quad (4)$$

kjer se vrednost določenega polja D_INSTANT matrike avtomatsko polni kot razlika enakoležnih matričnih polj matrik N_INSTANT in S_INSTANT.

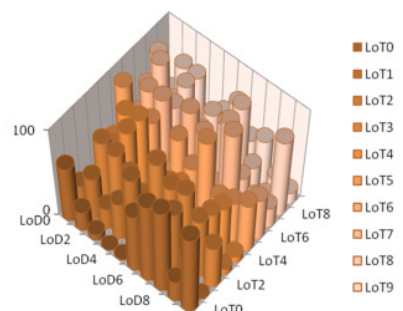
Višja je vrednost določenega LoR polja v N_INSTANT matriki, večja je med uporabniki geoprostorskih podatkov potreba po podatkih te določene LoR prostorsko-časovne kakovosti. In višja

je vrednost določenega LoR polja v S_INSTANT matriki, večja je pri proizvajalcih geoprostorskih podatkov količina vrst razpoložljivih podatkov te določene LoR prostorsko-časovne kakovosti. Z namenom še nazornejšega prikaza stanja tako proizvajalcem kot uporabnikom geoprostorskih podatkov uvedemo D_INSTANT matriko, ki v svojih matričnih poljih vsebuje stalno posodablajoče se vrednosti razlik med vsemi enakoležnimi matričnimi polji matrik N_INSTANT in S_INSTANT. Pozitivna vrednost določenega LoR matričnega polja v D_INSTANT matriki pomeni, da število področij uporabe presega količino vrst razpoložljivih podatkov te določene LoR prostorsko-časovne kakovosti. Višja je vrednost določenega LoR polja v D_INSTANT matriki, višja je v splošnem razlika med potrebami uporabnikov in razpoložljivimi vrstami podatkov te določene LoR prostorsko-časovne kakovosti. Analogna je razlaga za negativne vrednosti LoR matričnih polj v D_INSTANT matriki.

Primer grafičnega prikaza zgoraj opisanega koncepta INSTANT matrik prikažemo na slikah 3.8 a, b, c. Vrednosti v matričnih poljih N_INSTANT in S_INSTANT matrik za namene te disertacije naključno generiramo. V realnih okoliščinah se bodo vrednosti matričnih polj avtomatsko polnile in posodablale s podatki iz STEM matrik, v katere bodo proizvajalci in uporabniki geoprostorskih podatkov vnašali podatke na spletnih straneh STEM/INSTANT strežnikov.

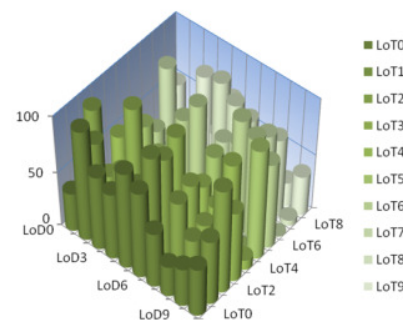
Matrike INSTANT (INdex of Spatio-Temporal ANTicipations)

LoR	LoD0	LoD1	LoD2	LoD3	LoD4	LoD5	LoD6	LoD7	LoD8	LoD9
LoT0	87	78	91	36	2	42	4	56	78	45
LoT1	96	42	87	18	84	26	9	31	1	77
LoT2	8	66	93	81	65	32	39	90	63	89
LoT3	69	15	3	87	16	56	20	60	5	6
LoT4	37	75	3	65	51	30	41	52	98	44
LoT5	97	59	1	34	68	38	13	15	34	47
LoT6	70	29	34	2	70	44	10	79	30	64
LoT7	5	10	37	34	12	77	82	69	78	52
LoT8	27	80	77	25	12	42	77	79	80	2
LoT9	23	84	67	61	57	95	49	4	52	95



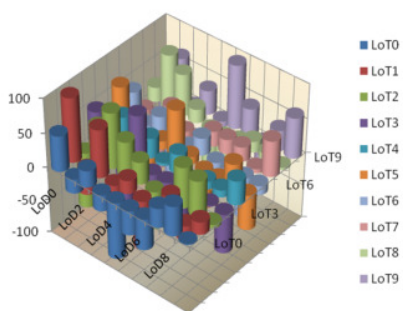
(a) Matrika N_INSTANT

LoR	LoD0	LoD1	LoD2	LoD3	LoD4	LoD5	LoD6	LoD7	LoD8	LoD9
LoT0	35	99	67	60	87	78	50	28	35	44
LoT1	2	79	17	45	65	99	8	0	23	59
LoT2	91	17	12	31	33	88	57	31	12	94
LoT3	21	33	98	12	32	98	63	35	3	64
LoT4	48	37	3	36	47	2	52	41	88	9
LoT5	38	56	37	22	0	27	69	34	0	99
LoT6	31	42	10	68	88	19	22	99	91	77
LoT7	10	89	12	59	21	55	61	48	84	0
LoT8	6	1	16	5	90	78	72	63	71	5
LoT9	49	22	71	26	65	2	9	45	22	36



(b) Matrika S_INSTANT

LoR	LoD0	LoD1	LoD2	LoD3	LoD4	LoD5	LoD6	LoD7	LoD8	LoD9
LoT0	52	-21	24	-24	-85	-36	-46	28	43	1
LoT1	94	-37	70	-27	19	-73	1	31	-22	18
LoT2	-83	49	81	50	32	-56	-18	59	51	-5
LoT3	48	-18	-95	75	-16	-42	-43	25	2	-58
LoT4	-11	38	0	29	4	28	-11	11	10	35
LoT5	59	3	-36	12	68	11	-56	-19	34	-52
LoT6	39	-13	24	-66	-18	25	-12	-20	-61	-13
LoT7	-5	-79	25	-25	-9	22	21	21	-6	52
LoT8	21	79	61	20	-78	-36	5	16	9	-3
LoT9	-26	62	-4	35	-8	93	40	-41	30	59



(c) Matrika D_INSTANT

Slika 3.8: (a) Naključno generirana matrika N_INSTANT prostorsko-časovnih potreb s pripadajočim grafičnim paličnim diagramom. Višje vrednosti v poljih matrike pomenijo večje potrebe po posamezni prostorsko-časovni kakovosti enakoležnega LoR polja.

(b) Naključno generirana matrika S_INSTANT prostorsko-časovne primernosti podatkov/izdelkov/tehnologij s pripadajočim grafičnim paličnim diagramom. Višje vrednosti v poljih matrike pomenijo se nadaljuje...

...nadaljevanje opisa slike 3.8

večjo količino razpoložljivih/možnih podatkov posamezne prostorsko-časovne kakovosti enakoležnega LoR polja.

(c) Matrika D_INSTANT s pripadajočim grafičnim paličnim diagramom vsebujeta razlike med matrikama N_INSTANT in S_INSTANT. Pozitivne vrednosti v poljih matrike predstavljajo LoR polja, kjer potrebe po podatkih posamezne prostorsko-časovne ločljivosti presegajo razpoložljivo/možno ponudbo proizvajalcev podatkov. Negativne vrednosti v matriki predstavljajo obratno situacijo.

Figure 3.8: (a) Randomly generated N_INSTANT matrix for S-T Needs with the adjacent graphic bar chart representation. Higher values in the matrix fields represent higher needs for S-T data of the adjacent LoR quality fields. (b) Randomly generated S_INSTANT matrix for S-T Suitability of Data/Product/Measuring Technology with the adjacent graphic bar chart representation. Higher values in the matrix fields represent larger quantities of available/possible S-T data of the adjacent LoR quality fields. (c) D_INSTANT matrix of differences between N_INSTANT and S_INSTANT matrices with the adjacent graphic bar chart representation. Positive values in the matrix represent LoR fields where the user's S-T needs are higher than the available/possible S-T data of the producers and the negative values in the matrix represent the vice-versa situation.

3.3 Matrike LoM, INUSE, LoV in LoC

Predlagani koncept STEM in INSTANT matrik ob smiselnem upoštevanju predlaganih pravil obravnave omogoča nadgradnjo v dodatne smeri analiz. Nekatere od teh možnih in koristnih dodatnih smeri analiz v tem poglavju zgolj nakažemo v razmislek kot možnosti za nadaljnje raziskovalno delo.

Matrika LoM

Informacije o tem, kako dobro se specifični geoprostorski podatki, izbrani na podlagi ujemanja kriterijev v LoI matriki, tudi dejansko v praksi ujemajo z njihovimi potrebami, je možno pridobiti z uvedbo preproste STEM matrike. V to matriko uporabniki v posamična LoR matrična polja s stopnjami od 0 do 9 vnesejo svojo oceno M_i dejanskega ujemanja LoM (angl. Level of Match) posameznih vrst prejetih podatkov s potrebami in pričakovanji uporabnikov. Za vsako od LoI matričnih polj se dinamično izračunavajo povprečne ocene LoM, ki se sproti posodablajo po vsaki prejeti povratni informaciji uporabnika. Povprečna ocena LoM za posamično LoM matrično polje se izračuna po enačbi

$$\text{LoM}(m,n) = \frac{\sum_{i=1}^{i=j} M_i}{j}, \quad (5)$$

kjer je j trenutno število vseh prejetih povratnih informacij uporabnikov z oceno $0 \leq M_i \leq 9$ dejanskega ujemanja posameznih LoI matričnih polj prejetih vrst podatkov s potrebami in pričakovanji uporabnikov.

Za pridobitev te ocene je s strani uporabnikov potreben stalen proces vnašanja povratnih informacij preko STEM/INSTANT spletnega strežnika. Na ta način za vsako presečno LoI matriko, v kateri matrična polja odražajo predvideno oz. možno primernost uporabe geoprostorskih podatkov določene LoR stopnje prostorsko-časovne kakovosti za določena področja uporabe, dobimo tudi pripadajočo LoM matriko, v kateri enakoležna matrična polja dinamično odražajo dejansko, v praksi s strani uporabnika preizkušeno, povprečno stopnjo primernosti določenih vrst geoprostorskih podatkov za določeno področje uporabe.

Matrika INUSE

Nadgradnja uporabe matrik LoM je možna v obliki STEM matrike faktorja oz. indeksa uporabnosti INUSE (angl. Index of USE). Podobno kot pri matrikah INSTANT tudi tu ločimo matrike proizvajalcev S_INUSE , matrike uporabnikov N_INUSE in presečno matriko Q_INUSE kvocientov matrik uporabnikov in proizvajalcev. Za posamezna področja uporabe proizvajalci v LoR matrična polja prostorsko-časovne kakovosti vnesejo predvideno oceno primernosti uporabe posameznih vrst geoprostorskih podatkov s stopnjami od 0 do 9. Na ta način se izgraja baza proizvajalskih S_INUSE matrik, kjer se v LoR poljih dinamično izračunavajo ocene primernosti kot povprečja ocen posameznih proizvajalcev. Za uporabnike podatkov so vrednosti ocen primernosti dodaten pripomoček pri izboru potrebnih podatkov za posamezno področje uporabe. Po uporabi določenih podatkov za določeno področje uporabe uporabniki vrnejo povratno informacijo o dejanski uporabnosti določenih vrst podatkov, prav tako s stopnjami od 0 do 9, ki jih vnesejo v LoR polja matrike N_INUSE . Na ta način se izgraja baza uporabniških N_INUSE matrik, kjer se v LoR poljih dinamično izračunavajo ocene uporabnosti kot povprečja ocen posameznih uporabnikov. Podobno kot pri matrikah INSTANT tudi tu lahko združimo informacije iz obeh matrik, v tem primeru tako, da v matriki Q_INUSE za vsako LoR polje povprečne ocene uporabnikov v matriki N_INUSE delimo s povprečnimi ocenami proizvajalcev v enakoležnih LoR poljih S_INUSE matrike. Tako za vsako področje uporabe posamezne vrste geoprostorskih podatkov iz medsebojnih kvocientov povprečnih ocen dobimo vpogled v ujemanje med proizvajalci in uporabniki za posamezne LoR stopnje prostorsko-časovne kakovosti. Vrednosti v vseh treh matrikah se dinamično spreminjajo in v vsakem trenutku kažejo stanje medsebojne skladnosti prostorov obravnave proizvajalcev in uporabnikov. Bližje kot so kvocienti v matriki Q_INUSE vrednosti 1, večja je medsebojna skladnost prostorov obravnave.

Matriki LoV in LoC

Druga zanimiva možnost za nadaljnje raziskovanje na podlagi STEM matrik je določanje stopnje finančne izvedljivosti za ugotavljanje razmerja med finančnimi okviri oz. zmožnostmi investitorja za določen projekt in med stroški za pridobitev geoprostorskih podatkov določene LoR stopnje prostorsko-časovne kakovosti v takem obsegu, da bi lahko določeni projekt tudi izvedli. To informacijo je možno pridobiti z uvedbo preproste STEM matrike finančne izvedljivosti LoV (angl. Level of Viability). V ta namen proizvajalci geoprostorskih podatkov v LoR matrična polja prostorsko-časovne kakovosti za svoje LoS matrike vnesejo svoj podatek o povprečni ceni proizvodnje določene vrste podatkov na površinsko enoto in s tem nastane za vsako določeno vrsto podatkov določenega proizvajalca STEM stroškovna matrika LoC (angl. Level of Costs). Uporabnik si na podlagi teh podatkov lahko enostavno izračuna informativni cenovni okvir za uporabo določene vrste podatkov za obseg svojega projekta in ga primerja s svojim razpoložljivim proračunom tako, da si izračuna LoV faktor za izbrano prostorsko-časovno kakovost določene vrste podatkov določenega proizvajalca. Vrednosti faktorjev v LoV matriki podajajo informativni kriterij finančne izvedljivosti uporabe podatkov določene LoR prostorsko-časovne kakovosti za izvedbo določenega projekta. Večji LoV faktor za določeno LoR prostorsko-časovno kakovost označuje preferenčno izbiro v finančnem pogledu. Takšen pristop bi bil npr. zelo uporaben na področju javnih naročil, saj bi omogočil proračunskim naročnikom bolj realistično oceno orientacijskih stroškov za izvedbo določenih geoprostorskih projektov. Hkrati bi bilo s tem precej olajšano delo v revizorskih postopkih in pri finančnem nadzoru s strani finančnih regulatorjev. Omejitveni faktor tega pristopa je s strani proizvajalcev varovanje njihovih cenovnih podatkov kot poslovnih skrivnosti. Ta omejitveni faktor lahko uporabniki podatkov v veliki meri zaobidejo tako, da si na podlagi zbiranja podatkov iz oddanih naročil sami vzpostavljajo STEM stroškovne matrike LoC in si izračunavajo faktorje v LoV matriki.

3.4 STEM/INSTANT spletne storitve in informacije

In kje bi lahko bila najbolj primerna "lokacija" strežnikov, s katere bi bile STEM/INSTANT spletne storitve in informacije dostopne za proizvajalce in uporabnike geoprostorskih podatkov? Prva izbira na državni ravni bi morale biti spletne strani služb, pristojnih za vzpostavitev in vzdrževanje državne infrastrukture geoprostorskih podatkov NSDI (angl. National Spatial Data Infrastructure) v posameznih državah. Od tam bi se zbrane STEM/INSTANT informacije morale v rednih časovnih intervalih avtomatsko posredovati mednarodnim službam, pristojnim za infrastrukturo geoprostorskih podatkov SDI (angl. Spatial Data Infrastructure) na regionalnem/kontinentalnem nivoju (npr. ESDI – European Spatial Data Infrastructure, INSPIRE GeoPortal www.inspire-geoportal.eu, ipd.) ali globalnem nivoju (npr. GSDI – Global Spatial Data Infrastructure Association www.gsdi.org, Geographic Information Knowledge Network www.giknet.org, UNSDI – United Nations Spatial Data Infrastructure www.ungis.org/unsdi, OGC www.opengeospatial.org, ipd.). Obstoječi registracijski

postopki, ki so že v uporabi na spletnih straneh zgoraj navedenih služb oz. organizacij, bi lahko bili dopolnjeni za potrebe zagotavljanja potrebne zanesljivosti in avtentičnosti sodelujočih proizvajalcev in uporabnikov geoprostorskih podatkov. Na ta način bi se lahko hkrati izkoristil ugled in avtoriteta teh služb v mednarodni geoprostorski skupnosti ter v največji meri zagotovila verodostojnost podatkov, posredovanih v sistem STEM/INSTANT spletnih storitev in informacij.

Na omenjenih strežnikih je smiselno na podlagi analiz STEM in INSTANT matrik tudi dinamično spremljanje razmerij, odnosov, kvocientov in indeksov med različnimi nivoji proizvodnje in uporabe geoprostorskih podatkov od ožjih lokalnih nivojev, specializiranih za majhna območja, do državnih nivojev preko regionalnih in kontinentalnih do globalnega nivoja. Takšno dinamično spremljanje bi proizvajalcem in uporabnikom podatkov kot tudi različnim drugim službam omogočalo vpogled v sprotno sliko stanja na različnih nivojih in s tem sprejemanje morebitnih potrebnih ukrepov v primerih posameznih anomalij na posameznih segmentih ponudbe in povpraševanja na področju geoprostorskih podatkov.

3.5 Primernost razpoložljivih geoprostorskih podatkov za določena področja uporabe

Uporabniki geoprostorskih podatkov se nagibajo k temu, da jih dojemajo kot preprosta dejstva, ne da bi se spraševali o njihovi kakovosti. Vprašanja o prostorski ali časovni zanesljivosti ali točnosti se jim začnejo postavljati šele, če oz. ko se znajdejo v nepredvidenih situacijah v realnih razmerah uporabe na določenem lastnem področju uporabe. Iz izkušenj vemo, da uporabniki po eni strani na začetku pogosto nekritično sprejemajo razpoložljive geoprostorske podatke ne oziraje se na njihovo kakovost, toda po drugi strani so pogosto razočarani nad rezultati svoje uporabe teh podatkov, ker so bila njihova pričakovanja višja, kot pa bi jih ti podatki dejansko lahko omogočili. To je še eden od dodatnih razlogov za potrebnost sistematičnega pregleda glede kriterijev zahtevane točnosti in zanesljivosti pri določanju geolokacije in kriterijev potrebne časovne gostote na posameznih določenih področjih uporabe. Uporabnikom mora biti omogočeno, da od začetka vedo, katere od njihovih zahtev glede kakovosti in primernosti za uporabo je možno objektivno izpolniti.

Z namenom postopne izboljšave sistematičnosti opisanega koncepta prostorsko-časovne kakovosti geoprostorskih podatkov je smiselno, da proizvajalci podatkov organizirajo in razvrstijo razpoložljive geoprostorske podatke po metodi proizvodnje, to je po uporabljeni merski tehnologiji ali po uporabljenih virih. Kot izhodišče se lahko uporabi že omenjeni globalni geodetski opazovalni sistem GGOS (Plag in Pearlman, 2009), h kateremu je potrebno dodati širok nabor različnih drugih terenskih, letalskih in vesoljskih geoprostorskih merskih tehnologij in metod ter hkrati izrabit geolokacijske zmogljivosti novejših mobilnih tehnologij, kot so npr. geolociranje z brezžičnimi omrežji Wi-Fi (angl. Wireless LAN Positioning), ultra širokopasovno znotrajstavnno geolociranje UWB (angl. Ultra Wide

Band Indoor Positioning) in radiofrekvenčno identificiranje RFID (angl. Radio-Frequency Identification).

Po drugi strani je smiselno, da tudi uporabniki geoprostorskih podatkov organizirajo posamezne vrste uporabe v seznime pomembnih področij uporabe. Kot izhodišče je primerno uporabiti devet osnovnih družbeno koristnih področij SBA (angl. Societal Benefit Areas): kmetijstvo, bioraznolikost, podnebje, naravne nesreče, ekosistemi, energija, zdravje, voda in vreme. Ta osnovna družbeno koristna področja je določila medvladna skupina za opazovanje Zemlje GEO (angl. Group on Earth Observations; GEO, 2009) za potrebe globalnega sistema sistemov za opazovanje Zemlje (angl. Global Earth Observation System of Systems; GEOSS, 2009). Teh devet področij je potrebno razširiti z dodatnimi pomembnimi področji uporabe in obdelave geoprostorskih podatkov. V ta namen lahko uporabimo štiriintrideset tem geoprostorskih podatkov, kot jih določajo priloge I – III direktive INSPIRE (INSPIRE, 2007).

Navedena družbeno koristna področja in teme geoprostorskih podatkov skupaj predstavljajo ključne segmente delujoče družbe, gospodarstva in posameznika. Zato je nujno, da se ob veliki skrbi za okolje upravljajo varno, zanesljivo, učinkovito in natančno. Ob tem je potrebno upoštevati, da imajo v sodobnem svetu varnost, varovanje in zaščita ljudi, okolja in premoženja vse večji pomen. V tem kontekstu obstaja posebej velik in večinoma še neraziskan potencial večsenzorskih aplikacij, še posebej na področjih transporta, inženirstva in gradbeništva, avtomobilske navigacije, osebne navigacije, znotrajstavnice navigacije, logične in geometrijske topologije v informacijskem prostoru stavb, itd.

Osnovne razpoložljive geoprostorske podatke in glavna področja uporabe v nadaljevanju v naslednjem 4. poglavju predstavimo s pomočjo STEM matrik glede na njihovo geoprostorsko-časovno kakovost.

4 REZULTATI

Na podlagi metodologije matrik STEM, ki smo jo predstavili v 3. poglavju, najprej v poglavju 4.1 izvedemo sistematično analizo primerov razpoložljivih geodetskih in geolokacijskih opazovalnih orodij in metod s pomočjo izdelave posameznih matrik STEM za razpoložljiva orodja oz. metode. Nato na enak način v poglavju 4.2 izvedemo še analizo primerov uporabniških področij.

4.1 Analiza geodetskih in geolokacijskih opazovalnih orodij in metod z matrikami STEM

4.1.1 Terestrične geodetske metode določanja in spremljanja geolokacije

V zadnjih treh desetletjih so se geodetske merske tehnike in geodetska merska oprema zelo spremenili. Najbolj vidna je razlika v funkcionalnosti. Vsi sodobni terestrični merski sistemi so večsenzorski, za njihovo upravljanje skrbi eden ali več mikroprocesorjev. O tem v svetovnem merilu sicer obstaja zelo obširna literatura, vendar je za potrebe te disertacije in za kratek opis terestričnih geodetskih metod določanja in spremljanja geolokacije v STEM matriki zadosten in primeren sklic na uvodno predstavitev tretje plenarne seje Delovnega tedna mednarodne zveze geodetov FIG v Eilatu, Izrael leta 2009. V njej je predsednik 5. komisije FIG Staiger (2009) predstavil t.i. *umetnost geodetskega merjenja* skozi stoletja in značilnosti sprememb v tem času.

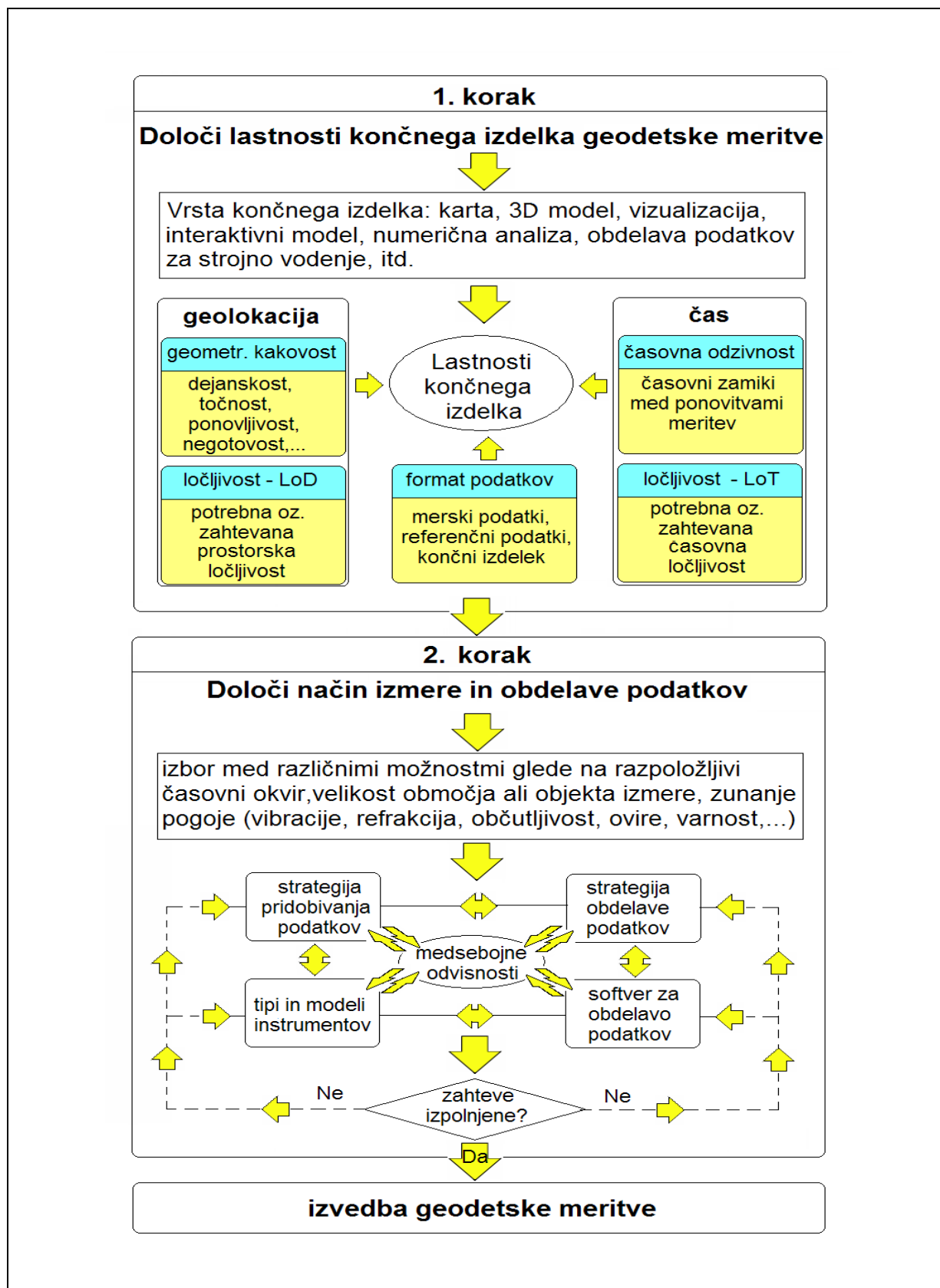
V preteklih stoletjih je delo geodeta zahtevalo veliko matematičnega znanja, preciznih risarskih in ročnih spretnosti, fizične robustnosti in dober vid. Geodetsko delo je sestavljalo nekaj merskih metod in za vsako od njih je obstajal specializiran geodetski instrument. Izvajanje geodetskih meritev je potekalo po predpisanih pravilih, ki jih je bilo potrebno strogo spoštovati za dosego dobrih rezultatov in za njihovo zanesljivo kontrolo. Kakovost geodetskega dela in dosegljiva točnost geodetskih meritev sta bila najbolj odvisna od izvajalca meritev in njegove merske opreme ter upoštevanja predpisanih postopkov dela, ki je med drugim omogočalo odpravo grobih napak geodeta in sistematičnih napak geodetske opreme. Geodet pa je vedno moral upoštevati tudi vplive okoliščin, v katerih so bile meritve opravljene, na pridobljene vrednosti opazovanj.

S postopno modernizacijo geodetske opreme proti koncu 20. stoletja so se dotlej uveljavljene zahteve po sposobnostih geodeta zaradi vedno bolj zmogljivih geodetskih instrumentov začele zmanjševati, hkrati pa se meritve s sodobno tehnologijo izvajajo bistveno hitreje kot nekoč. Vendar je ta podoba kljub geodetskim instrumentom, ki omogočajo hitre, enostavne in natančne meritve, varljiva in ne upošteva omejitev fizičnega okolja in merske opreme. Ta učinkovitost vodi do napačnega prepričanja,

da zunanje in neodvisne kontrole geodetskega dela in rezultatov niso več potrebne. Zaradi tega varljivega občutka v sodobnem času geodetske meritve pogosto niso izvedene dovolj skrbno in izvajalec geodetskih meritev je zmotno prepričan, da je njegov instrument brez vseh napak in da ne potrebuje posebej skrbnega ravnanja ali spoštovanja preizkušenih geodetskih pravil. Brezčasna pravila za geodetske meritve, ki sta jih oblikovala v 21 bistvenih načel, sta dobro definirala ter jih predstavila na Delovnem tednu FIG v Hong Kongu Byrne in Kelly (2007). Iz teh načel sledi jasna zahteva, da mora geodet obvladovati celoten merski proces, in ugotovitev, da so pravila geodetskega dela brezčasna ter niso neposredno povezana s specifičnimi koraki tehnološkega razvoja. Vsak geodet si mora to splošno pravilo prevesti v specifične ukrepe v odvisnosti od vsakokratne geodetske meritve, obvladovanje celotnega merskega procesa pa med drugim vsebuje:

- izbiro optimalne metode za pridobitev in analizo podatkov,
- obvladovanje pridobivanja in analize podatkov, ki pomeni
 - o načrtovanje pravilne strategije za pridobitev in analizo podatkov,
 - o preizkus geodetske opreme in podatkov (opazovanj) in
 - o preizkus in potrditev celotnega sistema in končnih rezultatov.

Shematski prikaz faze planiranja in oblikovanja sodobnih geodetskih projektov prikazujemo na sliki 4.1. Lastnosti značilnih vrst sodobnih geodetskih merskih instrumentov za merjenje kotov in razdalj prikazujemo v preglednici 4.1.



Slika 4.1: Faza planiranja in oblikovanja sodobnih geodetskih projektov.

Figure 4.1: Planning and designing phase in modern surveying projects.

Preglednica 4.1: Lastnosti značilnih vrst sodobnih geodetskih merskih instrumentov za merjenje kotov in razdalj (povzeto po Staiger, 2009).

Table 4.1: Characteristics of typical modern surveying instruments for angle and distance measurements (adapted from Staiger, 2009).

Kriterij	Elektronski tahimeter	Laserski sledilnik	Laserski radar	Laserski skener
Uporaba tarče?	Da/ne	Da	Ne	Ne
Doseg	2 – 5000 m	0.4 – 80 m	1 – 50 m	1 – 500 m
Točnost	> 0.5 mm	> 0.05 mm	> 0.05 mm	> –1 – 20 mm
Frekvenca	0.2 – 10 Hz	0.5 – 2 kHz	1 – 0.05 Hz	>1–500 kHz
Določitev razdalje	fazna/pulzna	interferenčna/ abs. meritev razdalj	spremenljiva frekvenca	fazna/pulzna
Uporabnost	raznovidna	industrijske meritve	industrijske meritve	raznovidna

Na podlagi podatkov iz preglednice 4.1 izdelamo STEM matriko za terestrične geodetske metode določanja in spremljanja geolokacije, ki jo prikažemo na sliki 4.2.

LoR	LoD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Slika 4.2: STEM matrika za terestrične geodetske metode določanja geolokacije.

Figure 4.2: STEM matrix for terrestrial surveying methods for defining of geolocation.

4.1.2 Satelitske in letalske metode določanja in spremljanja geolokacije

Letalske in satelitske metode določanja in spremljanja geolokacije bomo na kratko opisali na primerih nekaterih tehnologij globalnega geodetskega opazovalnega sistema GGOS (angl. Global Geodetic Observing System). Le-ta je načrtovan tako, da združuje raznovidne skupine senzorjev v enoten globalni opazovalni sistem s ciljem zanesljivega zagotavljanja kakovostnih storitev in podatkov

uporabnikom v znanstvenih dejavnostih in ostalim širšim družbenim uporabniškim skupinam. GGOS tvori pet glavnih nivojev instrumentov in objektov, ki bodisi aktivno izvajajo opazovanja ali so pasivno opazovani ali omogočajo oboje (Rothacher et al., 2009):

1. nivo: zemeljska geodetska infrastruktura,
2. nivo: satelitske misije v nizki zemeljski orbiti LEO (angl. Low Earth Orbit),
3. nivo: satelitske misije v srednji zemeljski orbiti MEO (angl. Medium Earth Orbit), npr. sateliti GNSS,
4. nivo: lunarne in planetarne misije in geodetska infrastruktura na planetih in
5. nivo: izvenzgalaktični objekti – kvazarji.

Teh pet nivojev instrumentov in objektov je med seboj kompleksno povezanih v združeni geodetski opazovalni sistem s številnimi vrstami opazovanj, ne glede na to ali so aktivni ali pasivni, sprejemniki ali oddajniki ali oboje. V današnjem času so njihove glavne vrste opazovanj naslednje (Rothacher et al., 2009):

- mikrovalovna opazovanja GNSS satelitov s tal in z LEO satelitov,
- lasersko merjenje razdalj do LEO satelitov, namenskih satelitov za merjenje razdalj, GNSS satelitov in Lune,
- mikrovalovno opazovanje izvenzgalaktičnih objektov – kvazarjev s tehnologijo VLBI,
- merjenje pospeškov, gradientov težnosti, orientacije satelitov ipd. z instrumentalno opremo na LEO satelitih,
- radarska in optična opazovanja zemeljskega površja (kopnega, morskega, ledeniškega, ledu na tečajih ipd.) s satelitov daljinskega zaznavanja,
- merjenje razdalj med sateliti (K-pas, optično, interferometrično ipd.)
- absolutna in relativna merjenja težnosti,
- merjenja z merilniki plimovanja.

Enostavnejše različice sistema GGOS so za izdelavo kart, spremljanje letnih časov ter za zanesljivo in točno navigacijo po zemeljski obli obstajale tudi v zgodovini človeštva. Pred vesoljsko dobo je človeštvo tako poznalo tri nivoje GGOS – observatorije (1. nivo), Sonce, Luno in planete (4. nivo) ter »fiksne« zvezde in kvazarje (5. nivo). V prihodnosti se bodo seveda razvile nove globalne merske tehnike in tehnologije opazovanja Zemlje, ki bodo vključene v sistem GGOS.

4.1.2.1 Nivo zemeljske geodetske infrastrukture – primeri

Zemeljska geodetska infrastruktura predstavlja prvi in temeljni nivo sistema GGOS ter sestoji iz naslednjih globalnih terestričnih omrežij geodetskih talnih postaj t.i. točkovne geodezije za opazovanje Zemlje in za določevanje koordinatnega sestava:

- VLBI radijski teleskopi,

- SLR in LLR postaje,
- GNSS postaje,
- DORIS postaje,
- postaje superprevodnih gravimetrov in absolutnih gravimetrov,
- merilne postaje plimovanja in
- geodetske postaje za merjenje časa.

Veliko število teh postaj je opremljeno z več instrumenti hkrati. Taka kolokacija instrumentov je zelo pomembna za usklajenost in točnost sistema GGOS. Vsaka od tehnologij ima namreč svoje prednosti in pomanjkljivosti, s pomočjo njihove kolokacije pa je možno bolje izrabiti prednosti in omiliti pomanjkljivosti posameznih tehnologij ter združiti njihove zmogljivosti na način, kot da bi jih ponujal en sam skupni instrument. V nadaljevanju prve štiri vrste teh omrežij geodetskih talnih postaj na kratko opišemo in razvrstimo s pomočjo STEM matrik.

Omrežje postaj VLBI

Globalni sistem VLBI (angl. Very Long Baseline Interferometry) (Plag et al., 2009; Rothacher et al., 2009) uporablja omrežje radijskih anten s premerom od 20 do 30 m, s katerimi se izvajajo merjenja radijskih signalov z izvenzgalaktičnih nebesnih teles – kvazarjev, ki tvorijo 5. nivo sistema GGOS. Kvazarji so tako oddaljeni od Zemlje, da njihovih prečnih premikov ni mogoče izmeriti z nobenim obstoječim merskim sistemom, zato jih v vesoljski geodeziji obravnavamo kot fiksne točke v vesolju.

VLBI postaja z uporabo vodikovih maserjev z veliko časovno natančnostjo sprejema in digitalno beleži radijske signale s kvazarjev. Isti radijski signal sprejemajo in beležijo tudi druge VLBI postaje, razporejene po zemeljski obli. Radijski signal do različnih VLBI postaj opravi poti različnih dolžin in do njih potuje različno dolgo. Dolžina poti signala do prve in druge VLBI postaje se razlikuje za vrednost razdalje $c \cdot \tau$, pri čemer je c hitrost svetlobe in τ časovna razlika med časoma prispetja radijskega signala na prvo in drugo VLBI postajo. Razdalja $c \cdot \tau$ je odvisna od dolžine baznih linij med VLBI postajami in od orientacije baznih linij glede na smer radijskega signala s kvazarja. Časovna razlika med časoma prispetja radijskega signala na dve VLBI postaji je določena z natančnostjo, ki z uporabo namenske opreme omogoča določitev razlike dolžin na nekaj milimetrov. Globalno omrežje VLBI tvori 40 postaj. Značilni način merjenja vključuje 8 postaj, ki merijo signale s približno 60 kvazarjev po večkrat v obdobju 24 ur. Meritve se izvajajo s prekrivanjem omrežij izbranih VLBI postaj v posameznih obdobjih merjenja in s hkratnim vključevanjem do 20 postaj v merjenja. S pomočjo izmerjenih časovnih razlik med časi prispetij radijskega signala na posamezne VLBI postaje se določajo geolokacije postaj z natančnostmi pod 1 cm. Z opazovanji v večletnem obdobju pa se določajo relativne hitrosti premikov posameznih postaj skozi čas. STEM matriko za VLBI prikažemo na sliki 4.3.

LoR	LoD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Slika 4.3: STEM matrika za VLBI.

Figure 4.3: STEM matrix for VLBI.

Omrežje postaj SLR in LLR

Globalni sistem laserskega merjenja razdalj do satelitov SLR (angl. Satellite Laser Ranging) in laserskega merjenja razdalj do Lune LLR (angl. Lunar Laser Ranging) (Plag et al., 2009; Rothacher et al., 2009) uporablja zelo kratke laserske impulze in hitro elektroniko za merjenje časov potovanja laserskih impulzov do satelitov, opremljenih s posebnimi retroreflektorji oz. do retroreflektorjev, nameščenih na Luni, kar ga povezuje z 2., 3. in 4. nivojem sistema GGOS. Dosežena natančnost izmerjenih razdalj je nekaj milimetrov. Sistem sestavlja približno 40 SLR postaj in 2 LLR postaji. S postajami dnevno merijo razdalje do približno 30 satelitov, katerih tirnice so na višinah od 400 do 22 000 kilometrov, in do 4 retroreflektorjev na Luni. Te meritve so uporabne predvsem za geodetske, geofizikalne in lunarne raziskovalne aktivnosti. Mednarodna služba za lasersko razdaljemerstvo ILRS (angl. International Laser Ranging Service) zagotavlja tedenske rezultate za geolokacijo SLR in LLR postaj ter tudi parametre zemeljske orientacije EOP (angl. Earth Orientation Parameters) za spremljanje stanja koordinatnega sestava ITRF, hkrati pa edina prispeva definicijo časovno spremenljivega gibanja izhodišča ITRF glede na masno središče in v kombinaciji z VLBI tudi njegovo merilo. Rezultati merjenj SLR in LLR sistema se uporabljajo tudi za ocenitev statičnih in časovno spremenljivih sestavin zemeljskega težnostnega polja, za točne efemeride satelitov v postopkih natančnega določevanja njihovih tirnic POD (angl. Precision Orbit Determination) ter za druge operative in znanstvene naloge. SLR je tudi ključna kalibracijska tehnika za GNSS tehnike. STEM matriko za SLR in LLR prikažemo na sliki 4.4.

LoR	LoD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Slika 4.4: STEM matrika za SLR in LLR.

Figure 4.4: STEM matrix for SLR and LLR.

Omrežje postaj GNSS

Sistemi GNSS so bili in so uporabljeni predvsem za navigacijo, ki je v svoji osnovi postopek v realnem času. Uporabljajo pa se tudi v geodetske znanstvene in strokovne namene, kjer je potrebna visoka natančnost in točnost določitve geolokacije. V ta namen je vzpostavljeno globalno omrežje, ki ga koordinira mednarodna GNSS služba IGS (angl. International GNSS Service) dobro stabiliziranih in trajno delujočih GNSS postaj, ki v znanstvene namene lahko dnevno določajo naslednje informacije (Plag et al., 2009; Rothacher et al., 2009):

- geocentrični položaji GNSS satelitov za celoten dan (točni na nekaj cm),
- popravki ur GNSS satelitov (točni na nekaj deset pikosekund),
- srednje dnevne koordinate GNSS stalnih/referenčnih postaj (točni na nekaj mm),
- dnevne ocene lege polarne osi Zemlje na zemeljskem površju (točni na nekaj mm),
- dnevna ocena dolžine dneva (točna na nekaj mikrosekund),
- troposferski zenitni časovni zamiki za vse GNSS sprejemne postaje za oceno količine vodne pare nad postajo (z veliko časovno ločljivostjo),
- globalni model/karta stanja ionosfere (na vsaki dve uri),
- prenos časa in frekvence med časovnimi laboratoriji (točnost boljša od nanosekunde).

Takšen katalog informacij od začetka leta 1994 dnevno določa in objavlja Mednarodna GNSS služba IGS. IGS zagotavlja tudi podatke o koordinatah IGS postaj, ki jih skupaj s podatki drugih tehnik vesoljske geodezije VLBI, SLR/LLR in DORIS uporablja Mednarodna služba za rotacijo Zemlje in koordinatne sisteme IERS (angl. International Earth Rotation and Reference Systems Service) za realizacijo sistema ITRF. Veliko število IGS postaj široki javnosti omogoča enostaven dostop do sistema ITRF in s tem omrežje daleč presega svoj zgolj znanstveni okvir.

Parametre vrtenja Zemlje, ki jih prav tako določa in objavlja IGS, uporablja IERS za določanje uradnih transformacijskih parametrov med nebesnim ICRF in terestričnim ITRF koordinatnim sestavom. Iz gornjih navedb je razvidno, da daje omrežje postaj GNSS v pristojnosti službe IGS ključen prispevek k vesoljski geodeziji in z ITRF vzdržuje temeljne pogoje za številne aplikacije na vseh področjih geodezije in za široko področje drugih zemeljskih znanosti. STEM matriko za globalno omrežje GNSS postaj prikažemo na sliki 4.5.

LoR	LoD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Slika 4.5: STEM matrika za globalno omrežje GNSS postaj.

Figure 4.5: STEM matrix for the global GNSS network stations.

V zadnjih letih vzbuja precej zanimanja tudi potencial znanstvene uporabnosti GNSS signalov za merjenja razpršenosti (angl. scatterometry) in odbojnosti (angl. reflectometry) signalov od morske površine (Plag et al., 2009). S pomočjo merjenja odbojnosti so GNSS signali uporabni za satelitsko višinomerstvo morske gladine s točnostjo določevanja višine morske gladine na približno 5 cm, s pomočjo merjenja razpršenosti pa so GNSS signali uporabni za določanje parametrov razburkanosti morske površine in na podlagi tega za določitev hitrosti in smeri vetra. Z razvojem tovrstnih merskih tehnologij in merskih instrumentov na satelitih bo možno merjenje površinske topografije na kopnem in na oceanih z veliko prostorsko in časovno ločljivostjo, hkrati pa bo omogočeno dolgoročno spremljanje procesov npr. spreminjanja oceanske topografije ali vzpostavitev sistemov za zgodnje opozarjanje pred pojavi cunamijev. Ker gre zaenkrat predvsem za potencial uporabnosti, zanj nismo izdelali STEM matrike. GNSS je v zadnjem desetletju dosegel izjemno razširjenost splošne uporabe, zato je še enkrat posebej omenjen v poglavju 4.1.2.3 Nivo satelitov MEO – primer GNSS.

Omrežje postaj DORIS

Globalni sistem DORIS (angl. Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite) je bil razvit za potrebe natančne določitve tirnic višinomerskih satelitskih misij in posledično za geodetsko geolociranje talnih postaj (Plag et al., 2009; Rothacher et al., 2009). Določitev natančnega položaja satelita v vesolju je ključni pogoj za kakovostno satelitsko podprto določitev geolokacije in

tudi za t.i. satelitsko altimetrijo. Sateliti z nameščeno anteno sistema DORIS sprejemajo signale iz omrežja 56 terestričnih postaj. Zaradi Dopplerjevega efekta, ki je posledica medsebojnega gibanja sprejemnika na satelitu in oddajnika na tleh, je frekvenca sprejetega signala različna od frekvence oddanega signala. Ko se satelit približuje oddajniku, je frekvenca signala, ki jo sprejmejo instrumenti sistema DORIS na satelitu, višja od oddane frekvence. Ko se satelit oddaljuje od oddajnika, pa je frekvenca nižja. Ko sta prejeta in oddana frekvenca enaki, je satelit najbližje oddajniku na tleh. Na ta način se z iteracijami določi postopoma vse bolj točna tirnica satelita, s srednjim pogreškom radialne komponente tirnice od približno 10 cm s triurno serijo podatkov do 2.5 cm z enomesečno serijo podatkov meritev in s ciljem postopnega približevanja vrednosti 1 cm. Ko je položaj satelita v vesolju natančno določen, je sistem DORIS uporaben za geolociranje oddajnikov na zemeljskem površju in za številne naloge s področja geofizike in geodezije, kot so spremljanje premikov tektonskih plošč, spremembe pritiskov na zemeljsko površje, premikanje težišča Zemlje, premikanje polov Zemlje, določanje geolokacij ITRF točk ipd. STEM matriko za DORIS sistem prikažemo na sliki 4.6.

LoR	LoD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Slika 4.6: STEM matrika za DORIS sistem.

Figure 4.6: STEM matrix for the DORIS system..

4.1.2.2 Nivo satelitov LEO – primer geodetskih slikovnih tehnik in daljinskega zaznavanja

Drugi nivo sistema GGOS tvorijo sateliti na nizkih tirnicah LEO (angl. Low Earth Orbiters). Za potrebe disertacije bodo na kratko obravnavani le nekateri primeri satelitov s senzorji geodetskih slikovnih tehnik in daljinskega zaznavanja.

4.1.2.2.1 InSAR in LIDAR

Značilni geodetski slikovni tehniki sta interferometrično radarsko snemanje InSAR (angl. Interferometric Synthetic Aperture Radar) (Triglav, 1999a, Triglav, 2000 in Triglav, 2006) in lasersko skeniranje LIDAR (angl. LIght Detection And Ranging) (Triglav, 1996 in Triglav, 2004b), za kateri je

značilna hitra časovna odzivnost in časovna ločljivost. Tehnika LIDAR je uporabna za snemanja s satelitov, letal in helikopterjev, v zadnjem času pa se zelo širi uporaba te tehnike, prilagojene za zelo precizna laserska snemanja s tal (angl. HDS – high definition surveying) (Triglav, 2011b).

Satelitski projekti, ki temeljijo na tehnikah radarjev s sintetično zaslonko SAR (angl. Synthetic Aperture Radar) in interferometrične SAR (InSAR), imajo velik potencial za revolucionarno izboljšavo spremljanja in merjenja deformacij zemeljskega površja. V nasprotju s konvencionalnimi tehnikami določanja položaja, SAR in InSAR omogočata informacijo o deformacijah do velikosti območij do nekaj sto kilometrov. Številne satelitske misije so uporabile tehniko radarske interferometrije za topografska merjenja zemeljskega površja in za ugotavljanje sprememb površja, med njimi ameriška SRTM misija, evropski ERS-1 in ERS-2, japonski JERS-1 in ALOS ter kanadski Radarsat (Plag et al., 2009). Te misije so zbrale pomembne količine podatkov o topografiji zemeljskega površja in njegovih spremembah.

Rezultati njihovih snemanj so topografske karte in topografski trirazsežni (3D) modeli velikih območij zemeljskega površja, odkritja dviganja površja na območjih dotlej domnevno spečih vulkanov, merjenja medseizmičnih, koseizmičnih in postseizmičnih deformacij zemeljskega površja v primerih velikih potresov, snemanja plazovitih območij, merjenja posedanja površja na območjih črpanja nafte in vode ipd. Velik potencial navedene slikovne tehnike bo lahko dosegel potrebno točnost in bo bolje uporabljen le z združevanjem geodetskih točkovnih in slikovnih tehnik, ki bo omogočilo zanesljivo uporabo in potrebno točnost rezultatov v skupnem enotnem koordinatnem sestavu. Šele tako bo možno realno zagotoviti nepopačene vrednosti deformacij zemeljskega površja v vrednostih pod 1 cm na območjih lokalnih (vulkani, posedanja) in globalnih geoprostorskih razsežnosti (veliki potresi, ledeniško izostatično prilagajanje površja) v časovnem razponu od nekaj sekund (koseizmični premiki) do nekaj let (izostatično prilagajanje površja).

V primerih kritičnih situacij, ki zahtevajo hitre in natančne meritve lokalno omejenih območij zemeljskega površja, je možno InSAR meritve dopolnjevati z letalskimi LIDAR meritvami. LIDAR slikovna tehnika temelji na instrumentu, ki oddaja svetlobo proti objektom merjenja. Oddana svetloba se zaradi odboja od objekta merjenja spremeni. Nekaj od te oddane svetlobe se odbije nazaj do instrumenta, ki jo analizira. Sprememba lastnosti svetlobe omogoča določitev nekaterih lastnosti objekta, čas potovanja svetlobnega signala od instrumenta do objekta in nazaj pa določa razdaljo do objekta. Prvi rezultat merjenja so t.i. oblaki točk, ki vsebujejo ogromno število posnetih točk s koordinatami (y,x,z). Najpogosteje se uporablja za izdelavo digitalnih modelov reliefa (DMR) ali digitalnih modelov višin (DMV).

LoR	LoD-V									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

LoR	LoD-H									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Slika 4.7: STEM matriki za geodetski slikovni tehniki InSAR in LIDAR – višinska ločljivost (zgoraj), horizontalna ločljivost (spodaj).

Figure 4.7: STEM matrices for geodetic imaging techniques InSAR and LIDAR – vertical resolution (above) and horizontal resolution (below).

Običajna časovna ločljivost InSAR misij je nekaj dni ali več, običajna geoprostorska ločljivost pa od nekaj cm za višine in od 1 m do nekaj sto m v horizontalni smeri. Običajna časovna ločljivost LIDAR merjenj je od nekaj ur do nekaj dni za letalski LIDAR, običajna geoprostorska ločljivost pa od nekaj cm za višine in od 1 m do nekaj m v horizontalni smeri za letalski LIDAR in od 5 m za satelitski LIDAR (Yu et al., 2010). STEM matriko za geodetski slikovni tehniki InSAR in LIDAR prikažemo na sliki 4.7 in sicer v zgornjem delu slike za višinsko ločljivost (LoD-V) in v spodnjem delu slike za horizontalno ločljivost (LoD-H).

4.1.2.2.2 Satelitsko podprte meritve težnosti

Med satelite z nizko orbito LEO spadajo tudi sateliti za meritve težnosti. Sem spadajo sateliti CHAMP (angl. Challenging Mini-Satellite Payload for Geophysical Research and Application), GRACE (angl. Gravity Recovery and Climate Experiment) in GOCE (angl. Gravity field and Ocean Current Explorer). Za geodezijo in geodinamiko je izvajanje satelitskih merjenj težnosti izjemno pomembno.

Zemeljsko težnostno polje je tako časovno kot geoprostorsko spremenljivo in je odvisno od razporeditve mas na zemeljskem površju in pod njim. Poznavanje lastnosti zemeljskega težnostnega polja se bo s pomočjo uporabe vesoljskih GPS sprejemnikov, pospeškomerov in težnostnih gradietrov na teh satelitih bistveno povečalo. Ta merjenja so ključna za področje altimetrije, ker je za navezovanje topografije morskega površja na geoid potrebno poznati čim bolj točne podatke o geoidu.

Znanstveni podatki satelitov GRACE (Triglav, 2002b in Triglav, 2004a) so podlaga za izračun globalnih modelov zemeljskega težnostnega polja in za njihovo spreminjanje skozi čas. GRACE je prvi satelitski sistem v zgodovini satelitskih raziskav, katerega ključne meritve niso izvedene s pomočjo odboja elektromagnetnih valov od Zemljinega površja. Namesto tega mikrovalovni razdaljmeri na satelitih dvojčkih natančno merijo spremembe v hitrosti in razdalji med obema satelitoma.

Meritve zemeljskega težnostnega polja s sistemom GRACE potekajo na inovativen način. Razporeditev Zemljinih mas ni homogena, prav tako ne njeno težnostno polje. Gostota mas v Zemlji je spremenljiva. Te razlike v gostoti in razporeditvi mas težnostno različno privlačijo satelite. Ko satelita GRACE 16-krat na dan obkrožita Zemljo, merita malenkostne spremembe v zemeljski težnosti. Območja močnejše jakosti težnosti najprej vplivajo na sprednji satelit tako, da rahlo povečajo razdaljo do zasledovalnega satelita. Na zasledovalni satelit to območje rahlo močnejše jakosti težnosti še ne začne vplivati. Prvi satelit zaradi povečane težnosti rahlo pospeši, dokler ne pride mimo tega območja, ko začne sila težnosti delovati v nasprotno smer, zaradi česar prvi satelit zmanjša svojo hitrost. Medtem pa gre tudi zasledovalni satelit po enaki poti na enak način (Triglav, 2002b). Iz teh stalnih meritev njune medsebojne razdalje se določujejo spremembe velikosti težnosti.

Izboljšanje modela težnostnega polja Zemlje je za geodetsko znanost ključni pomen na naslednjih področjih (NRC, 1997 in 2010):

- izboljšanje kakovosti koordinatnih sestavov,
- bolj točni izračuni tirnic geodetskih satelitov (vključno z altimetričnimi in interferometričnimi projekti) brez vplivov preostankov geografsko koreliranih orbitalnih napak,
- bolj točna določitev ekvipotencialne ploskve Zemlje (geoida) za določevanje višin,
- navezava, izravnava in datumska korekcija velike količine regionalnih terestričnih, pomorskih in letalskih gravimetričnih merskih podatkov.

Satelitska merjenja gravitacije zaenkrat samostojno omogočajo geoprostorsko ločljivost modela težnostnega polja Zemlje dobrih 300 km (GRACE), 100 km (GOCE) in v kombinaciji s terestričnimi meritvami ločljivost do 10 km, zato je v STEM matriki ni smiselno prikazovati.

4.1.2.2.3 Sateliti slikovnega daljinskega zaznavanja

Med satelite z nizko tirnico LEO spadajo tudi sateliti slikovnega daljinskega zaznavanja. Ti sateliti imajo praviloma vgrajenih po več raznovrstnih senzorjev, ki omogočajo zbiranje različnih slikovnih in fizikalnih podatkov o Zemlji. Obdobje vesoljskega daljinskega zaznavanja je začel satelit Landsat 1 leta 1972. Sateliti serije Landsat odtlej s posnetki srednje geoprostorske ločljivosti neprekinjeno snemajo zemeljsko površje. Zadnji satelit Landsat 7 je bil lansiran v vesolje leta 1999 in posname po 250 posnetkov zemeljskega površja dnevno, leta 2012 pa ga bo predvidoma dopolnil satelit LDCM (angl. Landsat Data Continuity Mission) s po 400 posnetki dnevno in tako zagotovil neprekinjeno nadaljevanje zbiranja slikovnih podatkov o Zemlji, ki teče že 39 let. Posnetki satelitov Landsat so javnosti prosto dostopni in predstavljajo edinstven vir podatkov za strokovnjake v kmetijstvu, geologiji, gozdarstvu, regionalnem planiranju, kartografiji in raziskovanju globalnih sprememb (LDCM, 2011).

Sateliti Landsat so omenjeni posebej zaradi svoje izjemnosti v neprekinjenem spremljanju sprememb v pokritosti in rabi površja Zemlje, ki imajo posledice v vremenskih in podnebnih spremembah, funkcijah in zmogljivostih ekosistemov, upravljanju naravnih virov in ogljičnih izpustov, zdravju narave in človeštva ter na drugih področjih globalne družbe in gospodarstva. Cela vrsta drugih satelitov prav tako opravlja svoje določene naloge daljinskega zaznavanja. Za potrebe disertacije predstavljamo geoprostorsko in časovno ločljivost v STEM matriki le za majhen izbor iz množice satelitov daljinskega zaznavanja, ki so v orbiti (CEOS, 2011).

V preglednici 4.2 najprej prikažemo izbor še aktivnih satelitov daljinskega zaznavanja z navedbo geoprostorske ločljivosti njihovih instrumentov in časovne ločljivosti, ki jo prevzamemo iz podatkov o ciklu ponovljivosti njihovih tirnic nad istim položajem na Zemlji in pri tem ne upoštevamo morebitnih različnih možnosti znotrajpasovnega in izvenpasovnega usmerjanja instrumentov satelitov na iste položaje na Zemlji. Drugih podrobnosti o lastnostih posameznih instrumentov, kot so njihova spektralna ali radiometrijska ločljivost ipd., v preglednici ne navajamo, ker količina teh podatkov enostavno daleč presega obseg in namen te disertacije.

Kot vir podatkov za navedeno preglednico smo uporabili zadnjo različico Priročnika za opazovanje Zemlje (CEOS, 2011). Navedeni priročnik letno v spletni obliki uradno izdaja Evropska vesoljska agencija ESA za potrebe komisije za satelite za opazovanje Zemlje CEOS (angl. Committee on Earth Observation Satellites) in vsebuje celovit pregled z osnovnimi podatki o instrumentih, zmogljivostih in aplikacijah obstoječih in načrtovanih satelitov za opazovanje Zemlje, ki so v upravljanju vseh (več kot 30-ih) civilnih vesoljskih agencij po svetu.

Navedena uradna spletna podatkovna baza je tudi osnova za koordinacijo CEOS na področju globalne optimizacije razvoja satelitskega opazovanja Zemlje. Za stanje z datumom oktober 2010 podatkovna baza vsebuje podrobnosti o 216 satelitih za opazovanje Zemlje in njihovih 775 instrumentih. V navedeno podatkovno bazo niso zajeti sateliti zasebnih družb na področju komercialne ponudbe posnetkov in storitev slikovnega daljinskega zaznavanja.

V preglednici 4.2 niso zajeti sateliti daljinskega zaznavanja komercialnih družb, ki so se uveljavili na trgu v zadnjem dobrem desetletju. Gre za satelite kot so Ikonos, Geoeye, QuickBird, OrbView ameriških družb, za izraelske satelite Eros, ipd. Ti sateliti ponujajo posnetke geoprostorske ločljivosti od 0.5 m do 1 m pankromatsko ter od 2 do 4 m barvno, njihova časovna ločljivost pa je od najmanj 2 dni do 16 dni (OSC, 2011). V sliki 4.8 v STEM matriki poleg podatkov za satelite iz preglednice 4.2 prikažemo tudi podatke za te komercialne satelite. Vsakemu od satelitov oz. vsakemu v satelit vgrajenemu instrumentu sicer pripada lastna STEM matrika, vendar zaradi omejitev obsega disertacije namesto posamičnih STEM matrik prikažemo le skupno STEM matriko satelitov daljinskega zaznavanja.

Preglednica 4.2: Izbor aktivnih satelitov daljinskega zaznavanja, urejen po abecednem vrstnem redu.

Table 4.2: A selection of active remote sensing satellites, listed in alphabetical order.

Satelit	Geoprostorska ločljivost [m]	Časovna ločljivost [dni]
ALOS	2.5	46
CBERS-3	5 / 10 / 20 / 64	26
Cosmo SkyMED 1 – 4	1 / 15 / 30 / 100	16
ERS-2	30	35
Formosat2	2 / 8	1
IRS Cartosat-1	2.5	5
IRS Cartosat-2	0.8	5
Kompsat2	1 / 4	28
Landsat 7	15 / 30 / 60	35
NigeriaSat-2	2.5 / 5 / 32	4
Pleiades 1	0.7	26
Radarsat-1	8 / 30 / 50 / 100	24
Radarsat-2	2 / 8 / 26 / 60 / 100	24
RapidEye	6.5	1
Resourcesat	5.8 / 23.5 / 55	26
Resourcesat-2	5.8 / 23.5 / 55	26
Resurs DK1	1 / 3	17
Spot 5	2.5 / 5 / 10	26
TanDEM-X	4 / 6 / 16	11
Terra (ASTER)	15 / 30 / 90	16
Terra, Aqua (MODIS)	250 / 500 / 1000	16
TerraSAR-X	1 / 3 / 16	11
THEOS	2 / 15	26

		LoD									
LoR	LoT	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		0									
		1									
		2									
		3									
		4									
		5									
		6									
		7									
		8									
		9									

Slika 4.8: STEM matrika za satelite daljinskega zaznavanja državnih vesoljskih agencij in komercialnih družb.

Figure 4.8: STEM matrix for the remote sensing satellites of national space agencies and commercial companies.

Iz prikazanega izbora satelitov je razvidno, da sateliti daljinskega zaznavanja zavzemajo predvsem zgornje in levo območje v STEM matriki, kjer ležijo matrična polja manjše geoprostorske in časovne ločljivosti. V matriki STEM je upoštevana dosegljivost satelitskih posnetkov za obdobje več let ali celo desetletij (npr. Landsat, Spot).

V preglednici 4.3 zgolj kot primer, ki ponazarja možno pestrost instrumentov na posameznem satelitu daljinskega zaznavanja in s tem možnih aplikacij, navajamo pregled senzorskih instrumentov evropskega satelita Envisat.

Preglednica 4.3: Multispektralno daljinsko zaznavanje – primer Envisat (ESA, 2011) –

x = osnovni namen senzorja, (x) = dopolnilni ali eksperimentalni namen senzorja.

Table 4.3: Multispectral remote sensing – example Envisat (ESA, 2011) –

x = primary sensor application, (x) = additional or experimental sensor application.

ENVISAT	ASAR	GOMOS	RA-2	MERIS	MIPAS	MWR	LR	SCIA	AATSR	DORIS
Atmosfera										
Oblaki				x	x			x	x	
Vodna para		x		x	x	x			x	
Sevanja		(x)		x	(x)	x		(x)	x	
Temperatura in tlak		x		x	x			x		
Sledenje plinov		x			x			x		
Aerosoli		x		x	x			x	x	
Turbulence		x								
Kopne površine										
Temperatura površja						(x)			(x)	
Značilnosti vegetacije	x			x					x	
Kmetijstvo in gozdarstvo	x			(x)					(x)	
Višine površja	x		x				x		x	x
Geologija in topografija	x		(x)						x	
Hidrološki parametri	x		(x)	x		(x)			x	
Poplave	x									
Požari									x	
Oceanske površine										
Barva oceana				x						
Temperatura površine									x	
Topografija gladine morij			x				x			x
Motnost morja				x						
Značilnosti valov	x		x							
Nizki vetrovi	x		x							
Lastnosti tokov	x		x							
Morski geoid			x							
Globalno kroženje			x						x	
Obalni pas	x			x					(x)	
Obalna dinamika	x			x						
Naftni madeži	x									
Naravni sloj	x									
Ladijski promet	x									
Ledene površine										
Kartiranje morskega ledu	x		x	x		(x)				
Gibanje morskega ledu	x		x	x						
Procesi morskega ledu	x									
Ladijsko usmerjanje	x									
Temperatura									x	
Snežna odeja	x			x					x	
Topografija	x		x				x			x
Dinamika ledenih ploskev	x		x	x		(x)				

4.1.2.2.4 Letalska fotogrametrija in slikovno daljinsko zaznavanje

Podatke satelitskih merjenj in snemanj dopolnjujejo podatki letalske fotogrametrije in slikovnega daljinskega zaznavanja. Le ti so v primerjavi s satelitskimi podatki zaradi pogojev snemanja praviloma bolj lokalizirani na manjša območja in obsegajo posamezne regije ali države. Odlikuje pa jih bistveno večja geoprostorska ločljivost in hkrati praviloma manjša časovna ločljivost kot pri satelitskih posnetkih, zato predstavljajo pomembno dopolnitev satelitskih podatkov v sistemu GGOS. Z razvojem digitalnih snemalnih tehnologij tudi v letalski fotogrametriji in slikovnem daljinskem zaznavanju vodilno vlogo prevzema uporaba digitalnih snemalnih kamer visokih ločljivosti, kar omogoča hitrejšo in natančnejšo obdelavo snemalnih podatkov in s tem predvsem večjo časovno ločljivost oz. hitrejšo pot do končnih izdelkov v obliki npr. digitalnih 3D modelov ali digitalnih ortofoto načrtov (DOF). Na sliki 4.9 prikažemo STEM matriko za letalsko fotogrametrijo in slikovno daljinsko zaznavanje.

LoR	LoD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Slika 4.9: STEM matrika za letalsko fotogrametrijo in slikovno daljinsko zaznavanje.

Figure 4.9: STEM matrix for aerial photogrammetry and imaging remote sensing.

Tudi tu je v STEM matriki upoštevana dosegljivost izdelkov in posnetkov za obdobje več let in desetletij (npr. ciklična aerosnemanja).

4.1.2.3 Nivo satelitov MEO – primer GNSS

Sateliti GNSS so nameščeni na t.i. srednjih zemeljskih tirnicah MEO (angl. Medium Earth Orbit) na višinah okoli 20 000 km in Zemljo obkrožijo približno dvakrat na dan. Sistemi GNSS so nasledniki t.i. Dopplerskih sistemov. Trenutno število aktivnih GNSS satelitov že presega število 50 in postopoma narašča.

Sistemi GNSS so:

- ameriški GPS,
- ruski GLONASS,
- evropski Galileo,
- kitajski Compass/BeiDou-2.

GNSS sistemi imajo lahko več nivojev infrastrukture, kot prikažemo v preglednici 4.4.

Preglednica 4.4: Nivoji GNSS.

Table 4.4: GNSS levels.

Nivo	Ime
Globalni navigacijski satelitski sistem GNSS	GPS (ZDA)
	GLONASS (Rusija)
	Galileo (EU)
	Compass/BeiDou-2 (Kitajska)
Regionalni navigacijski satelitski sistem	IRNSS (Indija)
	BeiDou-1 (Kitajska)
Regionalni satelitski dopolnilni sistemi SBAS	EGNOS (EU), EDAS (EU)
	WAAS (ZDA)
	MSAS (Japonska), QZSS (Japonska)
	GAGAN (Indija)
Kopenski dopolnilni sistemi GBAS	LAAS (ZDA)
	DGPS (ZDA)
	VRS/FKP (lokalni, državni)

Doslej daleč najbolj množično uporabljeni sistem GPS (Triglav, 1996) z razvojem globalnih satelitskih navigacijskih sistemov drugih držav postaja del precej širše družine sistema GNSS. Ruski sistem GLONASS s 26 delujočimi in 21 uporabnimi sateliti je že zelo blizu svoje polne konfiguracije. Če decembra 2010 ne bi prišlo do nesreče pri izstrelitvi treh novih satelitov, bi bila polna konfiguracija že dosežena, tako pa bo na to treba počakati do druge polovice leta 2011, ko Rusija napoveduje polno operativno zmogljivost (angl. FOC – Full Operational Capability) sistema GLONASS.

Tudi kitajski sistem Compass/BeiDou-2 hitro napreduje in ima od julija 2011 v orbiti že devet satelitov (BeiDou, 2011), od katerih so jih samo v letu 2010 v orbito izstrelili pet. Regionalni sistem z 12 sateliti za vzhodno Azijo in Tihi ocean namerava Kitajska vzpostaviti v letu 2012, celovito vzpostavitev globalnega sistema pa naj bi zagotovila do leta 2020.

Evropski Galileo (Triglav, 2002a) bo po dolgem (predvsem politično pogojenem) capljanju in omahovanju z vzpostavljanjem sistema 30 navigacijskih satelitov nadaljeval v drugi polovici leta 2011 z izstrelitvijo serije satelitov IOV (angl. In-Orbit Validation). Izstrelitev prvih dveh takšnih satelitov je napovedana za jesen 2011. Prav tako se uspešno vzpostavlja potrebno omrežje nadzornega sistema postaj na tleh v Italiji, Nemčiji, na Švedskem in v Francoski Gvajani. Do leta 2015 je predvidena vzpostavitev sistema z 18 sateliti s celotnim vzpostavljenim nadzornim sistemom na tleh, polna vzpostavitev sistema z vsemi sateliti pa je okvirno predvidena do leta 2020. Od leta 2015 bo sistem Galileo zagotavljal začetne odprte storitve, regulirane javne storitve in storitve zaščite in reševanja. Izvajajo se tudi potrebne aktivnosti za delovanje evropskega dopolnilnega sistema EGNOS (angl. European Geostationary Overlay Service; Triglav, 1999) in EDAS (angl. EGNOS Data Access Service; Blasi, 2011). EGNOS deluje na način odprtih storitev od leta 2009, od marca 2011 pa zagotavlja varnostne storitve za civilno letalstvo.

Poleg tega se vzpostavljajo dopolnilni regionalni sistemi. Japonska je septembra 2010 že izstrelila satelit Michibiki, prvega od satelitov svojega dopolnilnega kvazi-zenitnega satelitskega sistema QZSS (angl. Quasi-Zenith Satellite System), katerega polna vzpostavitev je predvidena za leto 2013. Indija razvija svoj avtonomni regionalni satelitski navigacijski sistem IRNSS (angl. Indian Regional Navigational Satellite System), ki ga bo sestavljalo sedem satelitov – trije v geostacionarni in štirje v geosinhroni orbiti. Indija načrtuje izstrelitev prvega satelita v prvi polovici prihodnjega leta. Maja 2011 pa je Indija izstrelila tudi dopolnilni navigacijski satelit sistema GAGAN (angl. GPS Aided Geo Augmented Navigation) (ISRO, 2011).

V obdobju naslednjih 10 let torej lahko pričakujemo, da bo sistem GNSS sestavljalo več kot 120 aktivnih satelitov globalnih in regionalnih satelitskih navigacijskih sistemov. S tem se v ospredje vse bolj postavlja trd oreh vprašanj o medsebojni skladnosti in medopravilnosti posameznih podsistemov GNSS. To predstavlja velik problem tako fizikalne narave kot meddržavnega sodelovanja, ki ga v za to pristojnih mednarodnih organizacijah vedno pogosteje obravnavajo, npr. na Zvezi za mednarodne komunikacije (angl. ITU – International Telecommunication Union), ki podeljuje radijske frekvence, ali na Mednarodni komisiji za GNSS (angl. ICG – International Committee on GNSS), ki vključuje vse pomembne dejavnike na tem področju.

Dejstvo je, da vsak nov signal, ki se prenaša v določenem pasovnem območju, brez upoštevanja natančnih pravil skladnosti pomeni predvsem povečan šum ter nove težave pri razločevanju in uporabi signalov. Razvojne prednosti, ki bi jih moralo ponujati večje število dostopnih signalov, se tako lahko spremenijo v razvojno coklo. Radiofrekvenčni spekter je namreč dragocena dobrina omejenega obsega, zato bo potrebno veliko modrosti mednarodne politike, znanosti in gospodarstva, da bodo spoznali nujnost dobronamernega sodelovanja in dogovarjanja, ki morata preseči golo pehanje za

doseganje konkurenčnih prednosti posameznih sistemov, ki se bolj ali manj skrito očem javnosti odvija v ozadju razvoja tehnologije GNSS, kar posledično negativno vpliva na ranljivost GNSS sistemov (Triglav, 2011a).

STEM matriko za GNSS sisteme v široki uporabi prikažemo na sliki 4.10.

LoR	LoD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										

Slika 4.10: STEM matrika za GNSS sisteme v široki uporabi.

Figure 4.10: STEM matrix for general use of GNSS systems.

4.2. Analiza uporabniških področij z matrikami STEM

Uporabniških področij je toliko, da jih vseh ni mogoče zajeti in predstaviti v tej disertaciji, saj njihov obseg trenutno zdaleč presega namen in prostorske omejitve te disertacije, hkrati pa število uporabniških področij nenehno narašča. Iz tega razloga v nadaljevanju predstavljamo predvsem izbore tistih uporabniških področij globalnega pomena in razširjenosti, katerim posebno pozornost v svojih programih in aktivnostih namenjajo nekatere pomembne mednarodne znanstvene in strokovne organizacije ter združenja, ki so zadolžene za spremljanje in usmerjanje področij proizvodnje in uporabe geoprostorskih podatkov in storitev.

Najpomembnejša v globalnem smislu so uporabniška področja, ki jih je kot takšna določil vrh srečanja za opazovanje Zemlje EOS II v Tokiu na Japonskem leta 2004, potrdili pa so jih v obliki načrta implementacije na srečanju EOS III leta 2005 v Bruslju. V obsežnem okvirnem dokumentu tega srečanja so podrobno temeljito opisali izhodišča, tehnološke in vsebinske pogoje ter stanje in cilje za devet osnovnih družbeno koristnih področij opazovanja Zemlje, pri čemer so močno poudarili pomembnost usklajenega izvajanja globalnih opazovanj Zemlje (GEOSS, 2005).

Osnovna družbeno koristna področja medsebojno povezujejo številni skupno potrebni in uporabljeni podatki, informacije in storitve, zato je potrebno združevanje le teh ter povezano modeliranje in

analize. Geodetska opazovanja v sodobnem času s svojim širokim naborom vesoljskih, letalskih in terestričnih tehnologij prispevajo ključna spoznanja o našem dinamičnem planetu in njegovih celinah, o njegovi atmosferi, oceanih, ledenem pokrovu in vodnih površinah. Geodetska opazovanja z veliko natančnostjo beležijo procese globalnih sprememb in predstavljajo osnovo za številne študije družbeno koristnih področij in za podporo številnim raziskavam na širšem področju geoznanosti. V splošnem velja, da je za uporabniška področja, kjer je zahtevana večja položajna točnost, časovna ločljivost določena z daljšimi intervali. Plag (2006) je znanstvene uporabniške kategorije uporabnikov geodetskih podatkov razdelil v štiri razrede.

Za uporabnike prve kategorije, ki potrebujejo geolociranje v realnem času, so pričakovane zahteve po točnosti položaja precej pod 10 cm in se približujejo vrednosti 1 cm.

Za uporabnike druge kategorije, ki potrebujejo geolociranje čim bližje realnemu času z največ dnevnim intervalom, so zahteve po točnosti položaja blizu vrednosti 1 cm.

V tretji kategoriji so uporabniki, ki potrebujejo geolociranje z mesečnim ali kvartalnim intervalom in imajo zahteve po točnosti položaja v rangu nekaj milimetrov.

V četrti kategoriji so uporabniki s potrebami po spremljanju stanja v letnem ali večletnem časovnem intervalu, pri katerih so zahteve po točnosti položaja v velikosti 1 mm/leto ali boljše.

Pregledno navedene štiri kategorije prikažemo v preglednici 4.5 in v sliki 4.11 s prikazom v obliki STEM matrike.

Preglednica 4.5: Pregledni prikaz potreb po prostorsko-časovni točnosti za glavne kategorije znanstvenih uporabnikov (prirejeno po Plag, 2006).

Table 4.5: Overview of spatio-temporal accuracy needs of main categories of scientific users (adapted from Plag, 2006).

Kategorija uporabnikov	Časovna zakasnitev	Časovna ločljivost	Položajna točnost
1	v realnem času	sekunda do minuta	< 10 cm
2	v urah do dnevih	do 1 dan	< 5 mm
3	v tednih do mesecih	mesec do tromesečje	2 – 3 mm
4	več mesecev	medletno do večletno	≤ 1 mm/leto

LoR	LoD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Slika 4.11: STEM matrika potreb po prostorsko-časovni točnosti za glavne kategorije znanstvenih uporabnikov.

Figure 4.11: STEM matrix of spatio-temporal accuracy needs of main categories of scientific users.

Osnovna družbeno koristna področja v nadaljevanju predstavimo v poglavju 4.2.1.

4.2.1 Osnovna GEOSS družbeno koristna področja uporabe (SBA)

Globalni sistem sistemov za opazovanje Zemlje GEOSS (angl. Global Earth Observation System of Systems) vključuje obravnavo devetih osnovnih družbeno koristnih področij uporabe SBA (angl. Societal Benefit Areas), ki so v nadaljevanju na kratko povzeta iz delovnega načrta Skupine za opazovanja Zemlje GEO (angl. Group on Earth Observations) za obdobje 2009 – 2011 (GEO, 2010) in desetletnega načrta implementacije GEOSS za obdobje 2005 – 2014 (GEOSS, 2005). Za začetek v preglednici 4.6 navajamo delovna področja GEOSS z glavnimi izvedbenimi nalogami, v preglednici

4.7 pa osnovna družbeno koristna področja GEOSS z glavnimi izvedbenimi nalogami. V tej preglednici navedena osnovna družbeno koristna področja GEOSS nato še na kratko opišemo.

Preglednica 4.6: Delovna področja GEOSS z glavnimi izvedbenimi nalogami

Table 4.6: GEOSS working areas with the main implementation tasks.

Delovna področja GEOSS	Glavne izvedbene naloge
Arhitektura	AR-09-01: GEOSS skupna infrastruktura (GCI)
	AR-09-02: Medopravilni sistemi za GEOSS
	AR-09-03: Zavzemanje za trajne opazovalne sisteme
	AR-09-04: Omrežja za razširjanje in distribucijo
	AR-06-11: Zaščita radijskih frekvenc
Upravljanje podatkov	DA-06-01: GEOSS načela za izmenjavo podatkov
	DA-09-01: Upravljanje podatkov
	DA-09-02: Združevanje in analiza podatkov
	DA-09-03: Globalne podatkovne zbirke
Vzpostavljanje zmogljivosti	CB-09-01: Mobilizacija virov
	CB-09-02: Vzpostavitev posamičnih zmogljivosti za opazovanje Zemlje
	CB-09-03: Vzpostavitev institucionalnih zmogljivosti za uporabo opazovanja Zemlje
	CB-09-04: Potrebe po vzpostavitvi zmogljivosti in ocena nepokritosti
	CB-09-05: Razvoj infrastrukture in prenos tehnologij
	CB-10-01: Vzpostavitev zmogljivosti s povečevanjem dosega in poznavanja
Znanost in tehnologija	ST-09-01: Kataliziranje financiranja raziskav in razvoja za GEOSS
	ST-09-02: Promoviranje poznavanja in prednosti GEO
Vključevanje uporabnikov	US-09-01: Vključevanje uporabnikov
	US-09-02: Socio-ekonomski kazalniki
	US-09-03: Medsektorski proizvodi in storitve

Preglednica 4.7: Osnovna družbeno koristna področja GEOSS z glavnimi izvedbenimi nalogami

Table 4.7: Primary GEOSS Societal Benefit Areas with the main implementation tasks.

Osnovna družbeno koristna področja GEOSS	Glavne izvedbene naloge
Nesreče	DI-06-09: Uporaba satelitov za obvladovanje nesreč
	DI-09-01: Sistematično spremljanje za oceno tveganja geonevarnosti
	DI-09-02: Upravljanje večkratnih tveganj in regionalne aplikacije
	DI-09-03: Opozorilni sistemi pred nesrečami
Zdravje	HE-09-01: Informacijski sistemi za zdravje
	HE-09-02: Opazovalni in napovedovalni sistemi za zdravje
	HE-09-03: Celoviti projekti za zdravje
Energija	EN-07-01: Upravljanje energetskih virov
	EN-07-02: Spremljanje okoljskih vplivov energije
	EN-07-03: Planiranje energetskih politik
Podnebje	CL-06-01: Podnebni zapisi za oceno spremenljivosti in sprememb
	CL-09-01: Okoljske informacije za sprejemanje odločitev
	CL-09-02: Pospeševanje uporabe GCOS
	CL-09-03: Globalni sistem za opazovanje in analizo ogljika
Vode	WA-06-02: Suše , poplave in upravljanje vodnih virov
	WA-06-07: Vzpostavitev zmogljivosti za upravljanje vodnih virov
	WA-08-01: Povezani produkti za upravljanje vodnih virov
Vreme	WE-06-03: TIGGE in razvoj GIFS
	WE-09-01: Vzpostavljanje zmogljivosti za zahtevnejše napovedovanje vremena
Ekosistemi	EC-09-01: Omrežje za opazovanje in spremljanje ekosistemov
	EC-09-02: Ranljivost ekosistemov za globalne spremembe
Kmetijstvo	AG-06-02: Uporaba podatkov v ribištvi in kmetijstvu
	AG-07-03: Globalno spremljanje kmetijstva
Bioraznolikost	BI-07-01: Razvoj omrežja za opazovanje bioraznolikosti

Nesreče naravnega in človeškega izvora povzročajo izgubo življenj in imetja ter imajo še vrsto drugih škodljivih posledic za ljudi in okolje. Škodljive posledice je možno zmanjšati z opazovanji naravnih in antropogenih pojavov na Zemlji, kot so gozdni požari, poplave, vulkanski izbruhi, potresi, cunamiji, zemeljski plazovi, ekstremni vremenski pojavi, onesnaženja okolja, ipd. GEOSS bo omogočil hitrejše posredovanje informacij z boljšo koordinacijo sistemov za spremljanje, napovedovanje, oceno tveganj, zgodnje opozarjanje ter odpravo posledic nesreč na lokalni, državni, regionalni in globalni ravni.

Na področju zdravja, kot naslednjim med osnovnimi družbeno koristnimi področji GEOSS, je pomembno predvsem razumevanje okoljskih dejavnikov, ki vplivajo na zdravje in dobro počutje ljudi. Opazovanje Zemlje za potrebe zdravja vključuje področja onesnaženja zraka, vode, morja in zemlje, tanjšanja ozonskega zaščitnega sloja v stratosferi, organske onesnaževalce, odlagališča odpadkov, spremljanje vremensko odvisnih bolezni ipd. Cilj GEOSS je izboljšanje pretoka potrebnih okoljskih podatkov in statistik v zdravstveni službi, z osredotočenjem na preventivne dejavnosti in stalno globalno izboljševanje človeškega zdravja.

Na področju energije je potrebno izboljšati upravljanje energetskih virov, kjer bo GEOSS pripomogel s podporo okoljsko odgovornemu energetskemu upravljanju, boljšemu ujemanju energetske ponudbe in povpraševanja, zmanjševanju tveganj pri energetski infrastrukturi, točnejšemu pregledu toplogrednih plinov in onesnaževalcev in boljšemu razumevanju potencialov obnovljivih energij.

Naslednje pomembno družbeno koristno področje je podnebje, kjer človeštvo potrebuje boljše znanstveno razumevanje podnebne spremenljivosti in sprememb, podprto z zadostnimi in zanesljivimi opazovanji, da bi lahko ocenili, napovedali in ublažili njihove vplive. Podnebje namreč vpliva na vseh ostalih osem osnovnih družbeno koristnih območij. GEOSS bo povečal zmogljivosti modeliranja podnebnega sistema Zemlje ter prispeval k točnejšim napovedim podnebnih sprememb in omogočal trajnostni razvoj s čim manj nevarnimi nihanjem podnebnega sistema.

Proučevanje družbeno koristnega področja voda se v okviru GEOSS osredotoča na izboljšanje upravljanja vodnih virov s pomočjo boljšega razumevanja vodnega cikla. V obravnavo so vključene padavine, vlažnost tal, pretoki rek, višine gladin jezer, snežna odeja, led in ledeniki, izparevanje in transpiracija, podtalnica ter kakovost in uporaba voda. GEOSS bo združil opazovanja, napovedi in sisteme za podporo odločanju ter vzpostavil boljšo povezanost s področjem podnebja in drugimi podatki. Omrežja in avtomatizacija zbiranja podatkov bodo združeni, po potrebi pa bodo dopolnjene zmogljivosti za zbiranje in uporabo hidroloških opazovanj (GEO, 2010).

Vremenska opazovanja, ki jih vključuje GEOSS, temeljijo na zahtevah za sprotne kratkoročne in srednjeročne vremenske napovedi in na zapolnitvi kritičnih pomanjkljivosti opazovanj, npr. profilov vetra in vlažnosti, padavin in zbiranja podatkov nad območji oceanov. Dinamične metode vzorčenja se bodo izvajale po vsem planetu, zmogljivosti dežel v razvoju se bodo povečale in omogočile izvedbo osnovnih opazovanj ter uporabo vremenskih napovedi. Vsaka država bo imela dostop do informacij o izrednih vremenskih dogodkih in bo tako lahko ublažila škodljive posledice za ljudi in premoženje. Omogočen bo dostop do vremenskih podatkov za ostala družbeno koristna področja (GEO, 2010).

Na področju ekosistemov je potrebno izboljšati upravljanje in zaščito kopenskih, obalnih in morskih virov. Za to so potrebna opazovanja stanja območij in stopenj ohranjenosti naravnih virov ekosistemov, kot so gozdovi, pašniki, mokrišča, polarna območja in oceani. GEOSS bo zagotovil globalno dosegljivost metodologij in opazovanj za zaznavanje in napovedovanje sprememb stanj ekosistemov ter za določanje njegovih potencialov in omejitev virov. Opazovanja ekosistemov bodo bolj usklajena in porazdeljena, geoprostorske in vsebinske vrzeli bodo zapolnjene, hkrati pa bodo terenska opazovanja bolj povezana z vesoljskimi opazovanji daljinskega zaznavanja. Vzpostavljena bo stalnost opazovanja za spremljanje globalne ribje populacije, ogljičnega in dušičnega kroga, lastnosti zelene odeje ter barve in temperature oceanov (GEO, 2010).

Cilji, ki jim bo GEOSS sledil na družbeno koristnem področju kmetijstva, so namenjeni predvsem podpori dejavnostim trajnostnega kmetijstva in boju proti širjenju puščav. V ta namen bo izvajano spremljanje kmetijske proizvodnje ter statistike staleža živine, vodne proizvodnje in ribištva; varnosti hrane in živilske uravnoteženosti, kmetijskih sistemov, izrabe tal in spremembe dejanske rabe, suše ter obsega in intenzivnosti degradacije zemljišč in dezertifikacije. GEOSS bo zagotovil stalno razpoložljivost kritičnih geoprostorskih podatkov, kot so satelitski posnetki daljinskega zaznavanja visoke ločljivosti. Dosegljiva bo celovita globalna kartografska pokritost in informacijske storitve, ki bodo združevale geoprostorsko eksplicitne družbeno-ekonomske podatke s kmetijskimi, gozdarskimi in vodnoproizvodnimi podatki, tudi z uporabnostjo za odpravo revščine, mednarodnega načrtovanja in trajnostnega razvoja (GEO, 2010).

Naloge na družbeno koristnem področju bioraznolikosti obsegajo spremljanje stanja in obsega ekosistemov, razporeditev in položaj živalskih in rastlinskih vrst ter genetske raznolikosti v ključnih populacijah. GEOSS bo združil številne različne sisteme za opazovanje bioraznolikosti in vzpostavil izhodišča za združevanje podatkov o bioraznolikosti z drugimi vrstami informacij. Razvrščevalne in geoprostorske vrzeli se bodo zapolnile, prav tako se bo pospešila hitrost zbiranja in posredovanja informacij.

Iz podrobnih opisov in tabelarnih prikazov opazovalnih zahtev osnovnih družbeno koristnih področij (GEOSS, 2005) je razvidno, da ta področja skupaj obsegajo več sto podpodročij oz. kategorij opazovanj in opazovalnih spremenljivk, zaradi česar v nadaljevanju zgolj kot vzorec za ponazoritev dela opazovalnih zahtev družbeno koristnega področja voda v preglednici 4.8 prikažemo le ključne spremenljivke za opazovanje vodnega kroga in vodnih tokov v sistemu Zemlje (Sahagian et al., 2009). Podatke iz navedene preglednice nato v sliki 4.12 skupno prikažemo tudi v obliki STEM matrike.

Preglednica 4.8: Prikaz potreb po prostorsko-časovni točnosti ključnih spremenljivk za opazovanje vodnega kroga in vodnih tokov v sistemu Zemlje. (GSO – geostacionarna tirnica, LEO – nizka tirnica).

Table 4.8: Overview of needs for spatio-temporal accuracy of the key variables for observing the water cycle and water flows in the Earth system. (GSO – geostationary orbit, LEO – Low Earth Orbit)

Opazovalna spremenljivka	Vloga v vodnem krogu	Vrsta sat. orbite	Geolokacijska ločljivost	Časovna ločljivost
Padavine – količina/tip	Diabatsko segrevanje, površinski pritisk	GSO	1 – 5 km	polurna
Vlažnost tal	Povezava vode, energije, biogeokemije	LEO	1 – 10 km	dnevna
Površinsko zmrzovanje/ taljenje in morski led	Podnebje, ogljični krog, oceanska dinamika	LEO	0.1 – 1 km	dnevna
Oceanska in priobalna slanost morja	Gostota tokov v oceanih	LEO	10 km	tedenska
Obseg snežne odeje	Stanje površinske energije	LEO	0.1 – 10 km	dnevna
Vodni ekvivalent snega	Dinamika vodne zaloge	LEO	0.1 – 10 km	dnevna
Višina rek in jezer	Vodni transport, biogeokemija	LEO	0.1 km	dnevna
Vodna para	Transport vode in energije	GSO	5 – 10 km (H) 0.5 km (V)	polurna
Lastnosti oblakov	Transport vode in energije, stanje sevanja, tvorjenje padavin	GSO	1 – 5 km	polurna
Temperatura tal in morja	Energetsko ravnotežje	GSO	1 – 10 km	polurna
Višina oceanov	Oceanski tokovi in vertikalno mešanje	LEO	10 – 100 km	dnevna
Izparevanje (nad kopnim in nad oceani)	Vodni, energetski in ogljični krog	LEO	1 – 10 km	polurna
Slanost oceanov	Oceanski tokovi in vertikalno mešanje	LEO	10 – 100 km	dnevna
Kakovost vode	Zdravje ljudi in okolja	LEO	0.1 – 10 km	dnevna

LoR	LoD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Slika 4.12: STEM matrika ključnih spremenljivk za opazovanje vodnega kroga in vodnih tokov v sistemu Zemlje iz preglednice 4.8.

Figure 4.12: STEM matrix of key variables for observing the water cycle and water flows in the Earth system from Table 4.8.

LoR	LoD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Slika 4.13: STEM matrika za osnovna družbeno koristna področja – glede na njihovo obsežnost in celovitost potrebe zajemajo vsa prostorsko-časovna polja matrike.

Figure 4.13: STEM matrix for primary Societal Benefit Areas – due to their comprehensiveness and integrity their needs cover all spatio-temporal fields of the matrix.

S proučevanjem podrobnosti potreb po prostorsko-časovni točnosti spremenljivk opazovalnih zahtev osnovnih družbeno koristnih področij se izkaže, da se prostorsko-časovna polja potreb za posamezno opazovalno zahtevo premikajo po STEM matriki v vertikalni in horizontalni smeri s praviloma različnim obsegom prostorsko-časovnih polj. S prostorsko-časovnimi potrebami osnovnih družbeno koristnih področij tako postopoma pokrijemo vsa prostorsko-časovna polja STEM matrike, kar prikažemo na sliki 4.13.

4.2.2 Teme prostorskih podatkov INSPIRE – Priloge I, II, III

Direktiva 2007/2/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 14. marca 2007 o vzpostavitvi infrastrukture za prostorske informacije v Evropski skupnosti – INSPIRE (angl. INfrastructure for SPatial InfoRmation of Europe) je bila v uradnem listu Evropske unije objavljena dne 25. aprila 2007 (INSPIRE, 2007). Direktiva INSPIRE določa splošna pravila za vzpostavitev prostorske podatkovne infrastrukture v Evropski uniji za namene okoljskih ter drugih politik in dejavnosti, ki lahko vplivajo na okolje. Direktiva v svojih določilih navaja izvedbena pravila za teme prostorskih podatkov, ki so navedeni v prilogah direktive I, II in III.

V nadaljevanju v zaporednih parih preglednic

- 4.9, 4.10,

- 4.11, 4.12 in

- 4.13, 4.14

navajamo teme prostorskih podatkov, kot so opisane v prilogah I, II in III, nato pa v pripadajočih preglednicah za potrebe te disertacije prikažemo še vrednosti LoD stopenj za teme prostorskih podatkov iz Prilog I, II, III. Potrebna časovna ločljivost LoT je za posamezne prostorske teme praviloma različna in dosega vrednosti LoT od 0 do 9. Vsaki prostorski temi sicer pripada lastna STEM matrika, vendar zaradi omejitev obsega disertacije namesto STEM matrik prikažemo le LoD vrednosti za posamezne prostorske teme, tako da uporabimo enake kriterije označevanja glede potrebne točnosti in tipa točnosti, kot v naslednjem poglavju 4.2.3.

Tip točnosti:

- H, horizontalna točnost,
- V, vertikalna točnost,
- S, točnost hitrosti,
- 3D, trirazsežna točnost

Vrednost kriterija točnosti v LoD in v metrih:

- nizka točnost pod 10 m (LoD 0, 1, 2),
- srednja točnost 0,50 m – 10 m (LoD 3, 4, 5),
- visoka točnost 0,10 m – 0,50 m (LoD 6, 7),
- zelo visoka točnost 0,001 m – 0,10 m (LoD 8, 9).

Preglednica 4.9: Priloga I – Teme prostorskih podatkov iz členov 6(a), 8(1) in 9(a)

Table 4.9: Annex I – Spatial data themes referred to in articles 6(A), 8(1) and 9(A)

Tema – Priloga I	Kratek opis teme
1. Referenčni koordinatni sistemi	Sistemi za izključno navajanje prostorskih informacij v prostoru v obliki niza koordinat (x, y, z) in/ali širine in dolžine ter višine, ki temeljijo na horizontalnem in vertikalnem geodetskem podatku.
2. Geografska koordinatna mreža	Usklajena veččločljivostna mreža s skupno točko izvora in standardizirano lokacijo ter velikostjo mrežnih celic.
3. Zemljepisna imena	Imena območij, regij, krajev, vele mest, predmestij, mest ali zaselkov ali kateri koli geografski ali topografski pojav javnega ali zgodovinskega pomena.
4. Administrativne enote	Upravne enote za lokalno, regionalno in nacionalno upravo, ki razdeljujejo območja, na katerih države članice imajo in/ali izvajajo jurisdikcijo, ločene z upravnimi mejami.
5. Naslovi	Lokacija nepremičnin, ki temelji na identifikatorjih naslova, običajno z imenom ulice, hišno številko, pošto številko.
6. Katastrske parcele	Območja, ki jih opredeljujejo zemljiški kataster ali enakovredni registri.
7. Prometna omrežja	Cestna, železniška, zračna in vodna prometna omrežja ter z njimi povezana infrastruktura. Vključuje povezave med različnimi omrežji. Vključuje tudi vseevropsko prometno omrežje, kakor je določeno v Odločbi št. 1692/96/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. julija 1996 o smernicah Skupnosti za razvoj vseevropskega prometnega omrežja ⁽¹⁾ , in prihodnje preglede te odločbe. ⁽¹⁾ UL L 228, 9.9.1996, str. 1. Odločba, kakor je bila nazadnje spremenjena z Odločbo Sveta št. 1791/2006/ES (UL L 363, 20.12.2006, str. 1).
8. Hidrografija	Hidrografski elementi, ki vključujejo morska območja ter vsa druga vodna telesa in z njimi povezane dele, vključno s povodji in porečji. Po potrebi v skladu z opredelitvami v Direktivi 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike ⁽²⁾ in v obliki omrežij. ⁽²⁾ UL L 327, 22.12.2000, str. 1. Direktiva, kakor je bila spremenjena z Odločbo št. 2455/2001/ES (UL L 331, 15.12.2001, str. 1).
9. Zavarovana območja	Območje, ki se določi ali upravlja v okviru mednarodnega prava in prava držav članic in Skupnosti z namenom, da se dosežejo posebni cilji ohranjanja.

Preglednica 4.10: Prikaz LoD stopenj za teme prostorskih podatkov iz Priloge I.

Table 4.10: LoD levels for spatial data themes of Annex I.

Tema – Priloga I	Točnost LoD=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Referenčni koordinatni sistemi	Zelo visoka (3D) = LoD 8, 9										
2. Geografska koordinatna mreža	Nizka do zelo visoka (H) = LoD od 0 do 9										
3. Zemljepisna imena	Nizka (H) = LoD 0, 1, 2										
4. Administrativne enote	Srednja (H) = LoD 3, 4, 5										
5. Naslovi	Srednja do visoka (3D) = LoD 3, 4, 5, 6, 7										
6. Katastrske parcele	Visoka do zelo visoka (3D) = LoD 6, 7, 8, 9										
7. Prometna omrežja	Nizka do zelo visoka (3D) = LoD od 0 do 9										
8. Hidrografija	Nizka do zelo visoka (3D) = LoD od 0 do 9										
9. Zavarovana območja	Nizka do srednja (H) = LoD 0, 1, 2, 3, 4, 5										

Preglednica 4.11: Priloga II – Teme prostorskih podatkov iz členov 6(a), 8(1) in 9(b)

Table 4.11: Annex II – Spatial data themes referred to in articles 6(A), 8(1) and 9(B)

Tema – Priloga II	Kratek opis teme
1. Digitalni model višin	Digitalni model višin za kopensko, zaledenelo in oceansko površino. Vključuje nadmorske višine, batimetrijo in obalne linije.
2. Pokritost tal	Fizični in biološki pojavi na zemeljski površini, vključno z umetnimi površinami, kmetijskimi območji, gozdovi, (pol-) naravnimi območji, mokrišči, vodnimi telesi.
3. Ortofoto	Geolocirani slikovni podatki zemeljske površine iz satelita ali senzorjev v zraku.
4. Geologija	Geologija je določena v skladu s sestavo in strukturo. Vključuje živo skalo, vodonosnike in geomorfologijo.

Preglednica 4.12: Prikaz LoD stopenj za teme prostorskih podatkov iz Priloge II.

Table 4.12: LoD levels for spatial data themes of Annex II.

Tema – Priloga II	Točnost LoD=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Digitalni model višin	Nizka do visoka (H) = LoD 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7										
	Srednja do zelo visoka(V) = LoD 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9										
2. Pokritost tal	Nizka do srednja (H) = LoD 0, 1, 2, 3, 4, 5										
3. Ortofoto	Visoka (H) = LoD 6, 7										
4. Geologija	Nizka do srednja (3D) = LoD 0, 1, 2, 3, 4, 5										

Preglednica 4.13: Priloga III – Teme prostorskih podatkov iz členov 6(b) in 9(b)

Table 4.13: Annex III – Spatial data themes referred to in articles 6(B) and 9(B)

Tema – Priloga III	Kratek opis teme
1. Statistični okoliši	Enote za širjenje ali uporabo statističnih podatkov.
2. Stavbe	Prostorska lega stavb.
3. Tla	Tla in sloji prsti pod površjem, določeni po debelini, teksturi, zgradbi in vsebnosti delcev in organskih snovi, kamnitosti, eroziji, po potrebi povprečni nagib in predvidene zmogljivosti vodnih zalog.
4. Namenska raba tal	Ozemlje, opredeljeno glede na svojo sedanjo in v prihodnje načrtovano funkcionalno razsežnost ali socialnoekonomski namen (npr. stanovanjski, industrijski, trgovinski, kmetijski, gozdni, rekreacijski).
5. Zdravje in varnost prebivalstva	Geografska razporeditev pogostih patoloških pojavov (alergije, rakasta obolenja, obolenja dihalnih poti itd.), podatki o učinkih na zdravje (biološki označevalci, zmanjšana rodnost, epidemije) ali počutje ljudi (utrujenost, stres itd.), povezanih neposredno (onesnaženost zraka, kemikalije, tanjšanje ozonskega plašča, hrup itd.) ali posredno (hrana, genetsko spremenjeni organizmi itd.) s kakovostjo okolja.
6. Komunalne in javne storitve	Vključuje komunalne naprave kot so kanalizacija, ravnanje z odpadki, oskrba z energijo in preskrba z vodo, upravne in socialne vladne službe kot so javne uprave, sedeži civilne zaščite, šole in bolnišnice. »se nadaljuje...«

»...nadaljevanje preglednice 4.13«

Tema – Priloga III	Kratek opis teme
7. Naprave in objekti za monitoring okolja	Nahajanje in delovanje naprav in objektov za spremljanje okolja vključuje opazovanje in merjenje emisij, stanja okolja in drugih parametrov ekosistema (biološka raznolikost, ekološki pogoji vegetacije itd.) s strani javnih organov ali v njihovem imenu.
8. Proizvodni in industrijski objekti in naprave	Območja za industrijsko proizvodnjo, vključno z obrati, ki jih zajema Direktiva Sveta 96/61/ES z dne 24. septembra 1996 o celovitem preprečevanju in nadzorovanju onesnaževanja ⁽¹⁾ ter objekti in napravami za odvzem vode, rudniki, skladišči. ⁽¹⁾ UL L 257, 10.10.1996, str. 26. Direktiva, kakor je bila nazadnje spremenjena z Uredbo (ES) št. 166/2006 Evropskega parlamenta in Sveta (UL L 33, 4.2.2006, str. 1).
9. Objekti in naprave za kmetijstvo in ribogojstvo	Kmetijska oprema ter proizvodni objekti in naprave (vključno z namakalnimi sistemi, rastlinjaki in hlevi).
10. Porazdelitev prebivalstva – demografski podatki	Geografska porazdelitev ljudi, vključno z značilnostmi populacije in ravnmi aktivnosti, razvrščenih po koordinatah, regiji, upravni enoti ali drugi analitični enoti.
11. Območja upravljanja/zaprta območja/regulirana območja in poročevalske enote	Območja, ki se upravljajo, urejajo ali uporabljajo za poročanje na mednarodni, evropski, nacionalni, regionalni in lokalni ravni. Vključujejo odlagališča odpadkov, zaprta območja okrog virov pitne vode, cone, občutljive na nitrate, urejene plovne poti po morju ali velikih celinskih vodah, območja za odlaganje odpadkov, cone z omejitvijo hrupa, območja, kjer je potrebno dovoljenje za iskanje rud in rudarjenje, predele povodij, ustrezne poročevalske enote in območja upravljanja obalnih con.
12. Območja nevarnosti naravnih nesreč	Ranljiva območja, opredeljena glede na naravna tveganja (vsi atmosferski, hidrološki, seizmični, vulkanski pojavi in požari, ki zaradi svoje lokacije, resnosti in pogostosti lahko resno ogrozijo družbo), npr. poplave, zemeljski plazovi in pogrezanje tal, snežni plazovi, gozdni požari, potresi, vulkanski izbruhi. »se nadaljuje...«

»...nadaljevanje preglednice 4.13«

Tema – Priloga III	Kratek opis teme
13. Ozračje	Fizikalne razmere v atmosferi. Vključujejo prostorske podatke, ki temeljijo na merjenjih, vzorcih ali na kombinaciji le-teh, in merilne lokacije.
14. Meteorološke značilnosti	Vremenske razmere in njihova merjenja; padavine, temperatura, izhlapevanje, hitrost in smer vetra.
15. Oceanogeografske značilnosti	Fizikalne razmere oceanov (tokovi, slanost, višina valov itd.).
16. Morske regije	Fizikalne razmere morij in slanih vodnih teles, razdeljenih v regije in podregije s skupnimi značilnostmi.
17. Biogeografske regije	Območja z relativno homogenimi ekološkimi razmerami s skupnimi značilnostmi.
18. Habitati in biotopi	Geografska območja, za katera so značilne posebne ekološke razmere, procesi, struktura in funkcije, ki fizično omogočajo organizmom, da tam živijo. Vključujejo kopenska in vodna območja, ki se razlikujejo po geografskih, abiotskih in biotskih značilnostih, ne glede na to, ali so popolnoma naravna ali polnaravna.
19. Porazdelitev vrst	Geografska porazdelitev pojavljanja živalskih in rastlinskih vrst, razvrščenih po koordinatah, regiji, upravni enoti ali drugi analitični enoti.
20. Energetski viri	Energetski viri, vključno z ogljikovodiki, vodno energijo, bioenergijo, soncem, vetrom itd., kjer je to ustrezno vključno s podatki o globini/višini glede velikosti vira.
21. Mineralni viri	Mineralni viri, vključno s kovinskimi rudami, industrijskimi mineralnimi surovinami itd. kjer je ustrezno, vključno s podatki o globini/višini glede velikosti vira.

Preglednica 4.14: Prikaz LoD stopenj za teme prostorskih podatkov iz Priloge III

Table 4.14: LoD levels for spatial data themes of Annex III.

Tema – Priloga III	Točnost LoD=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Statistični okoliši	Srednja (H) = LoD 3, 4, 5										
2. Stavbe	Srednja do visoka (3D) = LoD 3, 4, 5, 6, 7										
3. Tla	Nizka do srednja (H) = LoD 0, 1, 2, 3, 4, 5										
4. Namenska raba tal	Visoka (H) = LoD 6, 7										
5. Zdravje in varnost prebivalstva	Nizka (H) = LoD 0, 1, 2										
6. Komunalne in javne storitve	Nizka do zelo visoka (3D) = LoD od 0 do 9										
7. Naprave in objekti za monitoring okolja	Nizka do srednja (H) = LoD 0, 1, 2, 3, 4, 5										
8. Proizvodni in industrijski objekti in naprave	Nizka do zelo visoka (3D) = LoD od 0 do 9										
9. Objekti in naprave za kmetijstvo in ribogojstvo	Nizka do zelo visoka (3D) = LoD od 0 do 9										
10. Porazdelitev prebivalstva – demografski podatki	Nizka (H) = LoD 0, 1, 2										
11. Območja upravljanja / zaprta območja/regulirana območja in poroč. enote	Nizka do srednja (H) = LoD 0, 1, 2, 3, 4, 5										
12. Območja nevarnosti naravnih nesreč	Nizka do srednja (H) = LoD 0, 1, 2, 3, 4, 5										
	Srednja do visoka (V) = LoD 3, 4, 5, 6, 7										
13. Ozračje	Nizka (3D) = LoD 0, 1, 2										
14. Meteorološke značilnosti	Nizka (H) = LoD 0, 1, 2										
	Srednja do visoka (V) = LoD 3, 4, 5, 6, 7										
	Srednja do visoka (S) = LoD 3, 4, 5, 6, 7										
15. Oceanogeografske značilnosti	Nizka (H) = LoD 0, 1, 2										
	Srednja do visoka (V) = LoD 3, 4, 5, 6, 7										
16. Morske regije	Nizka (H) = LoD 0, 1, 2										
	Srednja do visoka (V) = LoD 3, 4, 5, 6, 7										

»se nadaljuje...«

»...nadaljevanje preglednice 4.14«

Tema – Priloga III	Točnost LoD=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
17. Biogeografske regije	Nizka (H) = LoD 0, 1, 2										
18. Habitati in biotopi	Nizka (H) = LoD 0, 1, 2										
19. Porazdelitev vrst	Nizka (H) = LoD 0, 1, 2										
20. Energetski viri	Nizka (3D) = LoD 0, 1, 2										
21. Mineralni viri	Nizka (3D) = LoD 0, 1, 2										

4.2.3 Primer uporabniških aplikacij GNSS

Britanska kraljeva akademija za inženirstvo (angl. The Royal Academy of Engineering) je spomladi leta 2011 objavila poročilo o zanesljivosti in ranljivosti GNSS tehnologije (RAE, 2011), kjer v Dodatku A v preglednicah navaja obstoječe in predvidene uporabniške aplikacije, ki uporabljajo GNSS tehnologijo, in njihove potrebe po položajni točnosti, razvrščene v štiri stopnje točnosti: nizka, srednja, visoka in zelo visoka. Predvidenim uporabniškim aplikacijam so v navedenih preglednicah dodane tudi oznake glede na tip potrebne točnosti: horizontalna točnost, vertikalna točnost, trirazsežna točnost in točnost hitrosti. Pri aplikacijah brez navedbe tipa potrebne točnosti se tip točnosti lahko nanaša na vse štiri kategorije. Akademija v poročilu navaja, da je informacije za te preglednice pridobila od nosilcev projekta GAARDIAN (NPL, 2011). Navedene podatke smo na naslednjih straneh za potrebe te disertacije dopolnili s podatkom vrednosti kriterija točnosti v LoD in v metrih. Ker gre za GNSS aplikacije, ki omogočajo najmanjši interval časovne ločljivosti 1 s (t.j. praviloma $LoT=9$, velja pa tudi $0 \leq LoT \leq 9$), smo v spodnjih preglednicah za posamezne vrste aplikacij zaradi preglednosti in omejitev obsega disertacije prikazali le kriterije LoD. Vsaki uporabniški aplikaciji sicer pripada lastna STEM matrika, vendar smo v preglednicah od 4.15 do 4.25 prikazali le LoD vrednosti za posamezne uporabniške aplikacije. Vse navedene preglednice imajo skupno legendo pomenov uporabljenih oznak, ki je enaka kot pri obravnavi tem direktive INSPIRE, a jo zaradi preglednosti še enkrat navajamo.

Tip točnosti:

- H, horizontalna točnost,
- V, vertikalna točnost,
- S, točnost hitrosti,
- 3D, trirazsežna točnost

Vrednost kriterija točnosti v LoD in v metrih:

- nizka točnost pod 10 m (LoD 0, 1, 2),
- srednja točnost 0,50 m – 10 m (LoD 3, 4, 5),
- visoka točnost 0,10 m – 0,50 m (LoD 6, 7),
- zelo visoka točnost 0,001 m – 0,10 m (LoD 8, 9).

Preglednica 4.15: Stopnje LoD za aplikacije v letalskem transportu

Table 4.15: LoD levels for aviation applications

Letalski transport	Točnost LoD=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zračna navigacija	Nizka (H) = LoD 0, 1, 2										
Začetni prihod, nenatančen prihod in odhod	Nizka (H) = LoD 0, 1, 2										
Natančen prihod (1. kategorija)	Srednja (H) = LoD 3, 4, 5										
	Visoka (V) = LoD 6, 7										
Zelo natančen prihod (2. in 3. kategorija)	Visoka (H) = LoD 6, 7										
	Visoka (V) = LoD 6, 7										
Talni premiki	Zelo visoka (H) = LoD 8, 9										
Dotakanje goriva v zraku	Zelo visoka (3D) = LoD 8, 9										
Formacijsko letenje	Zelo visoka (3D) = LoD 8, 9										
Helikopterska zračna navigacija	Nizka (H) = LoD 0, 1, 2										
Avtomatski odvisni nadzor-oddajanje (ADS-B)	Nizka (H) = LoD 0, 1, 2										
	Nizka (V) = LoD 0, 1, 2										
Fotogrametrija	Zelo visoka (H) = LoD 8, 9										

Preglednica 4.16: Stopnje LoD za aplikacije v cestnem transportu

Table 4.16: LoD levels for road transport applications

Cestni transport	Točnost LoD=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Avtomobilska navigacija	Nizka = LoD 0, 1, 2										
Upravljanje voznega parka	Srednja = LoD 3, 4, 5										
Nadzor mestnega prometa	Srednja = LoD 3, 4, 5										
Nujna pomoč na cesti	Nizka = LoD 0, 1, 2										

»se nadaljuje...«

»...nadaljevanje preglednice 4.16«

Cestni transport	Točnost LoD=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dinamično usmerjanje vožnje	Nizka = LoD 0, 1, 2										
Selektivna prednost vozil	Nizka = LoD 0, 1, 2										
Izogibanje trkom	Srednja = LoD 3, 4, 5										
Avtomatizirane avtoceste	Visoka = LoD 6, 7										
Cestninjenje	Srednja = LoD 3, 4, 5										
Inteligentna hitrostna podpora	Zelo visoka = LoD 8, 9										
Nadzor voznega pasu	Zelo visoka = LoD 8, 9										
Vračilo ukradenih vozil	Nizka = LoD 0, 1, 2										
Uporaba omejitev prometa	Visoka = LoD 6, 7										
Potovalne informacije	Nizka = LoD 0, 1, 2										

Preglednica 4.17: Stopnje LoD za aplikacije v pomorskem prometu

Table 4.17: LoD levels for marine transport applications

Pomorski transport	Točnost LoD=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Oceanska navigacija	Nizka (H) = LoD 0, 1, 2										
	Visoka (S) = LoD 6, 7										
Priobalna navigacija	Srednja (H) = LoD 3, 4, 5										
	Visoka (S) = LoD 6, 7										
Navigacija na notranjih vodah	Srednja (H) = LoD 3, 4, 5										
	Visoka (S) = LoD 6, 7										
Vlačilci in potiskači	Visoka (H) = LoD 6, 7										
	Visoka (S) = LoD 6, 7										

»se nadaljuje...«

Preglednica 4.18: Stopnje LoD za aplikacije v železniškem transportu

Table 4.18: LoD levels for rail applications

Železniški transport	Točnost	LoD=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nadzor signalizacije in vlakov												
Zbiranje infrastrukturnih podatkov	Visoka = LoD 6, 7											
Meje območja premikov	Srednja (terminal) = LoD 3, 4, 5											
	Srednja (večji promet) = LoD 3, 4, 5											
	Nizka (manjši promet) = LoD 0, 1, 2											
Izračun hitrostnih profilov	Srednja (terminal) = LoD 3, 4, 5											
	Srednja (večji promet) = LoD 3, 4, 5											
	Nizka (manjši promet) = LoD 0, 1, 2											
Nadzor varnostnega ustavljanja	Visoka = LoD 6, 7											
Lokacija vlaka	Srednja (terminal) = LoD 3, 4, 5											
	Srednja (večji promet) = LoD 3, 4, 5											
	Nizka (manjši promet) = LoD 0, 1, 2											
Zaščita nivojskih križanj	Srednja (terminal) = LoD 3, 4, 5											
	Srednja (večji promet) = LoD 3, 4, 5											
	Nizka (manjši promet) = LoD 0, 1, 2											
Opozorilo o visoki hitrosti	Nizka = LoD 0, 1, 2											
Zaščita obtirnega osebja	Visoka = LoD 6, 7											
Geografska lokacija vlaka	Visoka = LoD 6, 7											
Nadzor oskrbe z energijo	Visoka = LoD 6, 7											
Priporočeno postajno ustavljanje	Srednja (terminal) = LoD 3, 4, 5											
	Srednja (večji promet) = LoD 3, 4, 5											
	Nizka (manjši promet) = LoD 0, 1, 2											

»se nadaljuje...«

Table 4.20: LoD levels for timing applications

[illegible]

Table 4.21: LoD levels for precision agriculture applications

Precizno kmetovanje	Točnost LoD=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kartiranje donosa	Visoka = LoD 6, 7										
Kartiranje parcel	Visoka = LoD 6, 7										
Avtomatsko vodenje kmetijskih strojev	Visoka = LoD 6, 7										

Table 4.22: LoD levels for fisheries applications

[illegible]

Preglednica 4.25: Stopnje LoD za znanstvene aplikacije

Table 4.25: LoD levels for scientific applications

Znanstvene aplikacije	Točnost LoD=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Geodezija – višja in nižja	Zelo visoka(3D) = LoD 8, 9										
Globalni referenčni sistemi	Zelo visoka(3D) = LoD 8, 9										
Geodinamika	Zelo visoka(3D) = LoD 8, 9										
Določitev geoida	Zelo visoka(3D) = LoD 8, 9										
Geografski informacijski sistem	Zelo visoka(3D) = LoD 8, 9										
Okoljsko spremljanje	Zelo visoka(3D) = LoD 8, 9										
Meteorologija	Zelo visoka(3D) = LoD 8, 9										
Podnebne raziskave	Zelo visoka(S) = LoD 8, 9										
Ionosfera	Zelo visoka(S) = LoD 8, 9										
Spremljanje deformacij mostov in jezov	Zelo visoka(3D) = LoD 8, 9										

Iz prikaza potreb po stopnjah položajne točnosti v gornjih preglednicah za obstoječe in predvidene uporabniške aplikacije, ki uporabljajo GNSS tehnologijo, je razvidno, da potrebe pokrivajo celoten razpon stopenj položajne točnosti. To dejstvo le pritrjuje široki uporabnosti GNSS tehnologije na vse več področjih vsakdanjega življenja sodobne družbe.

4.2.4 Geoinformacijsko komunikacijske tehnologije (Geo-IKT) – področje geolokacijskih merskih tehnologij in aplikacij

Računalniška omrežja v katerih se lahko izvajajo geolokacijske storitve informacijsko-komunikacijskih tehnologij lahko razdelimo na nekaj osnovnih vrst omrežij z mednarodno uveljavljenimi imeni:

- telesna omrežja BAN (angl. Body Area Network),
- osebna omrežja PAN (angl. Personal Area Network),
- bližnja omrežja NAN (angl. Near-me Area Network),
- lokalna omrežja LAN (angl. Local Area Network),
 - o domovanska omrežja HAN (angl. Home Area Network),
 - o brezžična lokalna omrežja WLAN (angl. Wireless LAN),
- univerzitetna omrežja CAN (angl. Campus Area Network),
- velemestna omrežja MAN (angl. Metropolitan Area Network),

- prostrana omrežja WAN (angl. Wide Area Network),
- globalna omrežja GAN (angl. Global Area Network),
- internet,
- medplanetarni internet IPN (angl. InterPlaNet) – v razvoju.

Za potrebe te disertacije s področja geoinformacijsko komunikacijske tehnologije v nadaljevanju na kratko predstavimo geolokacijske merske tehnologije in aplikacije na primerih omrežja WLAN in interneta. Predstavljene geolokacijske merske tehnologije in aplikacije je možno smiselno uporabiti tudi za ostala zgoraj navedena omrežja, ki pa jih v tej disertaciji posebej ne obdelamo. Potrebno je omeniti trende razvoja, ki kažejo, da se bodo v tem desetletju v vsakdanji uporabi uveljavila domovajska omrežja HAN (angl. Home Area Networks; HAN, 2011) in telesna omrežja BAN (angl. Body Area Networks; Chen et al., 2010), pri katerih pa je problematika geolociranja zaradi ozkega geoprostorsko omejenega območja omrežja (t.j. uporabnikov dom, uporabnikovo telo) manj pomembna.

Telekomunikacijske tehnologije, tako žične kot brezžične, so najtesneje povezale dejanski in navidezni svet, zato je naivno razmišljati, da bo globalni doseg interneta in mobilnih telekomunikacij zmanjšal pomen geografije realnega sveta in drugih geoznanosti, med katerimi sta prav na vrhu geodezija in geoinformatika.

V zgodnjih dneh razcveta interneta je bilo veliko govora o »smrti razdalj«, kar v kontekstu te disertacije pomeni izničenje pomena geolokacije. Ob vzpostavljanju globalnega digitalnega omrežja se je nekaj časa zdelo, da bo le to preskočilo fizične in geografske meje našega planeta. V tem je vsekakor nekaj resnice. Elektronska pošta ali kratka SMS sporočila nam npr. omogočajo poceni in enostaven način komunikacije s soljudmi, pa naj živijo za vogalom ali na drugem koncu sveta. Podjetja lahko komunicirajo s strankami in s svojimi zaposlenimi, ne glede na to, na kateri geolokaciji se nahajajo. Ljudje s skupnimi ali medsebojno podobnimi interesi se lahko navidezno srečujejo na navideznih shajališčih, pri tem pa fizično ostajajo na različnih geolokacijah po svetu (Cairncross, 2001).

4.2.4.1 Kartiranje internetne fizične infrastrukture

V resnici pa je pomen geolokacije daleč od tega, da bi bil izničen. Čeprav o internetu pogosto lahko razmišljamo kot o nekem vzporednem digitalnem svetu ali kot o nekem vseprisotnem komunikacijsko-informacijskem »oblaku«, živijo njegovi uporabniki v realnem svetu, v katerem še vedno veljajo omejitve njihove geolokacije in geografije njihovega okolja. In te omejitve se prenašajo in občutijo tudi v navideznem okolju interneta. Pridobivanje informacij, pomembnih za določeno geolokacijo, ali

iskanje geolokacij povezanih z določeno vrsto informacij, ni povsem enostavna naloga. Zato ne preseneča veliko število inovacij v razvoju novih tehnologij za povezovanje »krajev« na internetu z geolokacijami v realnem svetu, s katerimi se združujeta domnevno ločena fizični in navidezni svet.

Prvi korak v tem procesu je kartiranje internetne fizične infrastrukture, še posebej geolokacij zaključnih točk te infrastrukture, to je tistih točk, kjer se uporabniki priključijo na internet. Večje število novoustanovljenih podjetij tako že nekaj let ponuja tako imenovane geolokacijske storitve (angl. geolocation services), ki omogočajo spletnim stranem, da določijo geolokacijo posameznega uporabnika interneta (npr: Quova, 2011; Digital Envoy, 2011; Ekahau, 2011). Geolokacijo določajo s pomočjo podatkovnih baz, preko katerih povezujejo IP naslove (angl. internet protocol) uporabnikovega računalnika z določeno državo, mestom ali pošto številko. Skupine IP naslovov so določene posameznim univerzam, podjetjem ali drugim ustanovam ali organizacijam, ki imajo pogosto znane geolokacije. Po drugi strani ponudniki internetnega dostopa določajo specifične IP naslove uporabnikom na določenih območjih.

Ko uporabnik obišče spletno stran, ki uporablja geolokacijske tehnologije, je njegov IP naslov posredovan strežniku ponudnika geolokacijskih storitev. Strežnik ugotovi uporabnikovo geolokacijo in posreduje informacijo o tem nazaj spletni strani, ki lahko potem prilagodi svoje vsebine ali izvaja druge postopke, ki so odvisni od ugotovljene geolokacije uporabnika. Ko je enkrat geolokacija uporabnika znana, lahko spletna stran uporabi podatke obstoječih demografskih podatkovnih baz, ki so bili zbrani skozi leta in ki razkrivajo podatke o lastnostih uporabnikov na posameznem območju. Ciljno oglaševanje je tako ena od najbolj uporabnih možnosti, kadar je znana geolokacija uporabnika. Na podlagi geolokacije uporabnika lahko npr. na večjezični spletni strani izberejo pravilno jezikovno varianto prikazov vsebin na spletni strani. Ponudniki spletne trgovine ali spletnih dražb lahko preprečijo prodajo določenih dobrin, ki v državi uporabnika niso dovoljene. Poleg tega lahko v primeru uporabe plačilne kartice za plačilo po internetu spletne strani preverjajo skladnost geolokacije uporabnika z geolokacijo podatkov o njegovem naslovu. V kolikor podatki niso skladni, je transakcija lahko zavrnjena ali pa se lahko izvede le ob dodatnih varnostnih mehanizmi. Spletni ponudniki iger na srečo preprečijo dostop do spletne strani uporabnikom z znano geolokacijo iz držav, v katerih so spletne igre na srečo prepovedane. Spletna stran z glasbenimi ali filmskimi vsebinami lahko na podlagi znane geolokacije uporabnika uveljavi omejitev uporabe ali dostopa. Farmacevtska in finančna servisna podjetja so podvržena strogim državnim zakonom in se ob poznavanju geolokacije uporabnika lahko prepričajo, da poslujejo zakonito v skladu z zakonodajo konkretne države. Internet brez mej in smrt razdaljam v realnem svetu torej imata svoje povsem naravne omejitve, vezane na fizični svet (Economist, 2003).

Postopek geolociranja lahko uporabimo tudi na obraten način, namreč za iskanje internetne vstopne točke, ki je najbližja določeni geolokaciji. Potreba po taki uporabi temelji na rastoči popularnosti tehnologij brezžičnih lokalnih omrežij WLAN (angl. Wireless Local Area Network), ki za komunikacijo uporabljajo skupino radijskih standardov IEEE 802.11a/b/g/n in za katere se je v svetu uveljavilo komercialno ime Wi-Fi (angl. Wireless Fidelity) ter omogočajo brezžični internetni dostop ustrezno opremljenim prenosnim računalnikom v razdalji do več 100 metrov od majhnih baznih postaj, imenovanih vstopne točke (angl. Wi-fi access points). Ogromno število teh vstopnih točk je namenoma dostopnih brezplačno kateremukoli uporabniku, ki je slučajno v njihovi bližini z napravo, ki podpira Wi-Fi tehnologijo. Za nekatera območja operaterji teh vstopnih točk zaračunavajo uporabnino, npr. v hotelih ali na letališčih, ipd. V nekaterih znanih verigah restavracij in gostinskih lokalov po svetu pa spadajo Wi-Fi vstopne točke med njihovo standardno ponudbo.

Uporabnik lahko ugotovi ali je na določenem območju dostopno Wi-Fi omrežje oz. ugotovi geolokacijo in status najbližje vstopne točke s pomočjo storitev številnih spletnih strani (npr. AccessPointLive, 2011; Boingo, 2011; Wi-FiHotSpotList, 2011), ki delujejo kot globalni spletni imeniki Wi-Fi baznih postaj. Uporabnik najpogosteje definira svojo iskalno geolokacijo s pomočjo vnosa poštne številke ali ulice in hišne številke, v nekaterih mestih pa so Wi-Fi navdušenci izdelali karte z označenimi geolokacijami vstopnih točk. Raziskovalci univerze University of Kansas (WNVP, 2002) so že pred leti šli še dlje in so najprej s prenosnim računalnikom prevozili območje mesta v iskanju vstopnih točk in spremljanju moči njihovega signala. Nato so to informacijo obdelali in jo z barvno paletto kot pokazateljem moči signala prikazali na letalskem posnetku mesta. Rezultat je prikaz v pasovih, kako daleč v mesto sega razširjenost signala. Na tehnološko nižji ravni lahko tak cilj dosežemo kar z označevanjem geolokacije (angl. war chalking) Wi-Fi baznih postaj s kredo na cesti. S posebnim naborom znakov se označi prisotnost bližine okoliških postaj. To je eden od preprostih, čeprav danes dokaj redko uporabljenih načinov prikazovanja geolokacije, kjer se stikata vzporedna svetova resničnosti in interneta.

Nov mejnik v natančnosti geolociranja s pomočjo Wi-Fi tehnologije so v letu 2010 dosegli v Veliki Britaniji (Spotigo, 2010) z Wi-Fi programsko rešitvijo za geolociranje WiPS (angl. Wi-Fi-based Positioning Solution). Aplikacija vsebuje geolokacijski sledilni postopek v realnem času in jo je možno naložiti na katerokoli napravo z vgrajenim Wi-Fi vmesnikom. S testiranjem na območju britanskega glavnega mesta Londona so dosegli točnost geolociranja trenutnega položaja celo do 5 metrov v realnem času in to brez podpore GPS ali GSM tehnologije. Tehnologija geolociranja določi geolokacijo uporabnika na osnovi razločevanja vzorcev v prejetih Wi-Fi signalih. Aplikacija WiPS deluje tudi za potrebe znotrajstavnega geolociranja in ima trirazsežno geoprostorsko funkcionalnost.

STEM matriko za tehnike geolociranja internetne fizične infrastrukture prikažemo na sliki 4.14.

LoR	LoD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Slika 4.14 STEM matrika za tehnike geolociranja internetne fizične infrastrukture.

Figure 4.14 STEM matrix for internet physical infrastructure geolocation techniques.

4.2.4.2 Iskanje in razločevanje geoprostorskih vsebin

Kartiranje internetne infrastrukture pa je samo začetni korak. Zadeve postanejo mnogo bolj zanimive, ko začnemo vzpostavljati povezave med resničnimi kraji in navideznimi informacijami (SIGIR, 2004). Predstavljajmo si, da imamo velik kup dokumentov. Iskanje ključnih besed je en način, da najdemo iskane podatke. Vendar pa je za geolokacijski način iskanja – npr. iskanje spletnih strani, povezanih z določenim krajem – uporaba ključnih besed preokorna. Idealna rešitev bi bila vgradnja geo-oznak ali geokod v spletne strani, kar bi omogočalo geolokacijska poizvedovanja. Vrsta metod za avtomatsko pripenjanje geo-oznak spletnim stranem, ki temeljijo na osnovi analize vsebine spletnih strani, dejansko že obstaja. Pogosto se za geo-označevanje spletnih vsebin uporabljajo različni viri informacij, ki se med seboj dopolnjujejo (McCurley, 2001):

- geo-oznako doda avtor sam, bodisi ročno ali s pomočjo geolokacijsko podprtih naprav, kot so npr. mobilni telefoni z vgrajenim GPS sprejemnikom, naprave za avtomobilsko navigacijo ali izdelki z RFID oznako, ki informaciji avtomatsko dodajajo geo-oznako,
- določevanje geolokacije strežnika, npr. s poizvedbo v podatkovni bazi Whois registracije spletnih domen, s spremljanjem poteka in usmerjanja internetnega prometa ali s podrobnejšim analiziranjem spletne domene,
- avtomatsko geo-označevanje obstoječih dokumentov v postopku stavčne geo-analize (angl. geoparsing) za razpoznavanje geografsko navezanih vsebin in geokodiranja, t.j. določevanja geolokacijskih koordinat tem elementom vsebine (angl. geocoding).

Vsaj 20% spletnih vsebin vsebuje razpoznavne in nedvoumne geografske sklice (Delboni et al., 2007). V splošnem imajo vsi človeški izdelki svojo geolokacijsko sestavino, ki praviloma vključuje geolokacijo njihovega nastanka, njihovo trenutno geolokacijo in spremembe geolokacije (Spohrer,

1999). S pomočjo metapodatkov lahko geoprostorske aplikacije izrišejo karto celotnega »življenjskega« cikla določenega izdelka. Spletne vsebine lahko vsebujejo metapodatke kot implicitne ali eksplicitne geolokacijske sklice, kot so npr. sklici na fizična geografska dejstva na zemeljskem površju: gore, jezera, ipd. ali pa sklici na objekte v okolju: mesta, zgradbe, ceste, ipd. Tudi sklici na naslov, pošto številko, telefonsko številko, ipd. uporabnikom prav tako omogočajo določitev geolokacije.

Razločevanje in razvrščanje geolokacijskih sklicev s stavčno geo-analizo tekstovnih vsebin se uvršča v širše področje prepoznavanja imenskih entitet, ki tem entitetam določa geolokacijo in pomen, npr. imena ljudi, krajev, organizacij, ipd. (Weiss et al., 2004). Pri tem prepoznavanju imenskih entitet so napačne prepoznave neizogibne, enako velja za geolokacijske sklice. Dvoumnost, podobnost in spremembe v poimenovanjih skozi čas stavčno geo-analizo dodatno otežujejo. Jezikovne posebnosti in različne vrste pisav množice jezikov so poglavje zase.

Ko je geolokacija oz. geolokacijski sklic poimensko prepoznan, je možno temu imenu in s tem celotnemu dokumentu z uparjevanjem podatkov iz strukturiranih geografskih podatkovnih baz dodati geo-prostorske koordinate. Praviloma so to koordinate zemljepisne dolžine in širine ter nadmorske višine. Primeri takih formalnih geografskih virov so npr.:

- World Gazetteer (World Gazetteer, 2011)
- United Nations Group of Experts on Geographical Names UNGEGN (UNGEGN, 2011)
- Getty Thesaurus of Geographic Names Online TGN (TGN, 2011)
- Geographic Names Information System GNIS (GNIS, 2011)
- ISO 3166-1 Country Codes (ISO, 2011)

Eno od takih rešitev za stavčno geo-analizo in geokodiranje ponuja programsko orodje (MetaCarta, 2011) za razločevanje tekstovnih vsebin glede na uporabljene geolokacijske reference, kot so država, mesto, poštna koda, IP naslovi in druga imena znanih geolokacijsko določenih krajev. Program primerja najdene geolokacijske reference z datoteko geolokacijsko določenih krajev, nato pa rezultate med seboj kombinira z uporabo procesnih pravil naravnega jezika, dobljenih iz analize več kot 50 milijonov dokumentov. Z uporabo velikega števila takšnih pravil program določi geolokacijo dokumenta in mu pripne ustrezno geo-oznako.

Približno 80% tekstovnih dokumentov vsebuje geolokacijske reference (MetaCarta, 2011). To dejstvo v kombinaciji s hkratno uporabo kriterijev za razbiranje časovno opredeljenih informacij s pridom uporabljajo inovativna podjetja (npr. Fwix, 2011; Geosemble, 2011) pri razvoju novih geolokacijsko utemeljenih programskih orodij in aplikacij za učinkovito iskanje, zbiranje in organiziranje spletnih informacij po geolokacijskem, časovnem in pomenskem ključu. Z razvojem tovrstnih tehnologij se z

uporabo možnosti računalništva v oblaku in Web 2.0 pristopa vzpostavljajo tudi velike prosto dostopne spletne baze za izmenjavo pomenskih geolokacij POI (angl. Point Of Interest) (SimpleGeo, 2011). Po drugi strani ima uporabnost tako filtriranih informacij naraščajoč pomen na področju medijskih informacij in novic, kjer se zelo hitro razvijajo t.i. hiperlokalni mediji (angl. hyperlocal media), ki gradijo na strategiji geolokacijske, časovne in pomenske agregacije ozko lokalnih vsebin, pri čemer ima za pogosto neprofesionalno uredniško ekipo tehnološka podpora ključen pomen.

Dokumente s pripetimi geo-oznakami je možno uporabljati na več načinov. Preprost način uporabe je npr. kartiranje izbranih dokumentov na njihove geolokacije na karti. Tovrstna uporaba je še posebej obsežna pri varnostno obveščevalnih agencijah v boju za preprečevanje terorizma, ipd. Dokumente z zaseženega računalnika sumljive osebe je možno geolokacijsko analizirati, kartirati na karto in ugotoviti, na katero lokacijo se sklicuje največ dokumentov. Enako tehnologijo uporabljajo tudi npr. pravosodni organi, zavarovalnice, naftna industrija in drugi, ki v svojih dokumentih uporabljajo informacije z geolokacijsko referenco. Metoda je uporabna tudi za analize vsebin spletnih strani, ki jim pripnejo geo-oznake in nato s preprostim vnosom iskalnega pogoja ugotovijo njihovo geolokacijsko razporeditev (Economist, 2003).

Metoda geo-oznak ima svoje omejitve zaradi raznolikosti resničnega sveta in ureditve njegovih držav. Npr. večina držav pozna poštno ureditev z določenimi lastnimi poštnimi kodami, vendar ne obstaja tovrstni globalni standard, ki bi državam postavil pravila za določevanje poštne kode. Če bi takšen globalni standard geo-oznak že obstajal, pa bi še vedno bilo potrebno prepričati avtorje spletnih strani, da bi tako geo-oznako spletni strani tudi pripeli. Postopki v smeri določitve teh standardov tečejo. Npr. konzorcij Open Geospatial Consortium (OGC, 2011) v času zaključka pisanja tega besedila sestavlja že čez 420 podjetij in ustanov, vključno z vodilnimi svetovnimi proizvajalci strojne in programske opreme, velikimi in majhnimi podjetji ter ustanovami, ki imajo skupni cilj geolokacijske usposobitve spleta in mobilnih naprav z določitvijo skupnega standarda za geolokacijsko označevanje podatkov vseh vrst, na podlagi katerega bi lahko enostavno kombinirali in analizirali podatke, vse od satelitskih posnetkov do tekstovnih vsebin.

Ena od iniciativ za geolokacijsko označevanje se imenuje GeoWeb (GeoWeb, 2001) in je del raziskovalnega projekta Digital Earth. Cilj iniciative je najti informacije na spletu v povezavi z določeno geolokacijo na takšen način, da je mogoče njegovo zmogljivost poljubno povečevati glede na naraščanje količine geolokacijsko označenih informacij. V ta namen izrablja sistem imen spletnih domen, hierarhično pregledno ureditev, ki povezuje imena domen s spletnimi IP naslovi. Podobno tudi GeoWeb sistematično hierarhično pregledno določa koordinate (geografske dolžine in širine) posameznim spletnim stranem. Geografske koordinate se lahko vtiskajo v iskalnik kot posebna oblika naslova s končnico imena domene .geo, mnogo bolj uporabniško prijazna pa bi bila rešitev, kjer bi

sistem deloval v ozadju in bi lahko iskal ustrezne vsebine glede na geolokacijo. Predlog domene .geo še ni dobil formalne podpore s strani ustreznih registrarjev, tudi aktivnosti na področju uveljavitve te iniciative v zadnjih letih niso intenzivne.

Obstaja pa še nekaj drugih spletnih strani, ki omogočajo geolokacijske načine iskanja in vpogledovanja spletnih vsebin. Spletna stran GeoURL (GeoURL, 2011) spletnim naslovom prireja podatke o geolokaciji, tako da je enostavno najti spletne strani, ki so po svoji geolokaciji blizu določenim krajem v realnem svetu. Spletna stran je najbolj razširjena med pisci spletnih dnevnikov – blogov (okr. angl. od web log) za geolociranje njihovih blogov v realnem svetu in za ugotavljanje geolokacije drugih bloggerjev. Število določenih geolokacij že presega cifro pet milijonov geolokacij. Spletna stran UpMyStreet (UpMyStreet, 2011) je britanska spletna stran, ki za izbrano ime kraja ali za izbrano poštno kodo poleg kartografskega prikaza izpiše npr. tudi lokalne cene stanovanj, stopnje kriminala, šole, obrtnike, storitve javnega prometa in državne uprave ter še vrsto drugih geolociranih informacij. Na spletni strani so dodane tudi spletne pogovorne skupine z določeno geolokacijo, tako da lahko uporabnik ugotovi, kateri pogovori potekajo v bližini izbrane geolokacije. Spletna stran uporabniku tudi izračuna, kako daleč stran poteka kateri pogovor. Za tak način geolociranja pogovorov se uveljavlja izraz geopogovor (angl. geochat).

Povezovanje med spletnimi stranmi in določenimi geolokacijami je ključno za visoko-tehnološko obliko orientacije z geoskrivalnicami (angl. geocaching), ki vključuje uporabo GPS sprejemnika za odkrivanje skritih predmetov, za katere so njihove geolokacije objavljene na spletni strani. Uporabnik običajno po odkritju geoskrivalnice vzame iz nje tam skriti predmet in ga zamenja s svojim, nato pa na spletni strani objavi sporočilo o svoji najdbi geoskrivalnice. Sredi leta 2011 število na spletni strani registriranih aktivnih geoskrivalnic po vsem svetu presega številko 1 400 000. Spletna stran Geocaching (Geocaching, 2011) označuje to dejavnost za »šport, kjer je iskalnik človek sam.« Uporabnik namreč vstopi na spletno stran in nato sam v naravi poišče določeno geolokacijo. To je še eden od načinov prepletanja svetovnega spleta z realnim svetom.

Zanimiv primer povezovanja in pogojevanja uporabnosti izbranih digitalnih vsebin ali izvedljivosti določenih operacij z omejitvijo na določeno geolokacijo je geolokacijsko šifriranje in avtentikacija oz. geoenkripcija (angl. geocryption) (Denning in MacDoran, 1996). Geoenkripcija npr. kodira digitalni podatkovni tok na tak način, da je razumljiv samo nekomu na določeni geolokaciji, lahko pa je vključen tudi dodatni pogoj določenega časa (Denning in Scott, 2003). Za dekodiranje podatkov so potrebni podatki z GPS sprejemnika. Na ta način je možno npr. zavarovati denarne transakcije, posredovanje filmov in glasbe, ipd., tehnologija pa je uporabna tudi v vojaške namene.

STEM matriko za tehnike geolociranja za iskanje in razločevanje geoprostorskih vsebin prikažemo na sliki 4.15.

LoR	LoD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Slika 4.15 STEM matrika za tehnike geolociranja za iskanje in razločevanje geoprostorskih vsebin.

Figure 4.15 STEM matrix of geolocation techniques for searching and differentiation of geospatial contents.

4.2.4.3 Lokacijsko podprte storitve

Največji potencial za povezovanje navideznega in realnega sveta pa imajo mobilne digitalne naprave, s katerih je možno dostopati do izbranega območja navideznega sveta praktično s katerekoli geolokacije v realnem svetu. Z uporabo lastne geolokacije kot iskalnega kriterija lahko uporabnik posega neposredno med obema svetovoma. Na področju mobilnih telekomunikacij se je za tak način uporabe uveljavilo ime lokacijsko podprte storitve LBS (angl. Location-Based Services), ki uporabljajo geolokacijo kot izhodišče za hitro naraščajoče različne vrste storitev.

Uporabnost tovrstnih storitev je omejena z dosegljivo točnostjo v mobilne naprave vgrajenih geolokacijskih sistemov. Obstajajo različni načini za določanje geolokacije mobilne naprave. Najpreprostejši in najmanj natančen način je ugotavljanje, v kateri celici omrežja je mobilna naprava. Na tak način je geolokacija naprave določena s točnostjo od nekaj kilometrov na podeželju do nekaj sto metrov v mestih, odvisno pač od velikosti celice omrežja. Točnost določitve geolokacije mobilne naprave se poveča z uporabo metode triangulacije, kjer se oddaljenost mobilne naprave od posameznih oddajnikov – baznih postaj omrežja določa z merjenjem moči signala s posameznega oddajnika. Še boljši in točnejši način določitve geolokacije omogočajo mobilne naprave z vgrajenim GPS sprejemnikom. Omejitev uporabnosti pa v tem primeru predstavlja omejena vidnost GPS satelitov v mestih, še posebej med visokimi stavbami in v zaprtih prostorih. Smiselna rešitev je hibridni pristop k določanju geolokacije s kombinacijo GPS tehnologije in določanja razdalj do posamezne bazne

postaje omrežja, ki se v praksi pojavlja v različnih različicah, ki omogočajo točnost določitve geolokacije na nekaj metrov točno (Jarvinen et al., 2002).

Ena od možnih rešitev za uporabnike mobilne elektronike in lokacijsko podprtih storitev je torej kombinacija obeh metod. GNSS tehnologija sprva namreč ni bila načrtovana za uporabo v takih urbanih okoljih, vendar z razvojem lokacijsko podprtih storitev postaja to močan omejevalni dejavnik za doseg storitev in s tem za zadovoljstvo uporabnikov. Z usklajeno kombinirano uporabo lahko v primeru, da je v dosegu več Wi-Fi vstopnih točk, omogoči uporabniku določitev njegove geolokacije z natančnostjo pod 10 m. Hkrati pa potreba po zadostnem številu vstopnih točk omejuje uporabo Wi-Fi tehnologije večinoma na območja mest. Vendar pa Wi-Fi geolociranje (angl. WPS, Wi-Fi Positioning Systems) na daljši rok ni konkurenca GNSS, je le pripomoček za zagotavljanje višje točnosti geolociranja. Izdelovalci mobilnih naprav, ki bodo izkoristili prednost hibridne uporabe več lokacijsko zaznavnih tehnologij, bodo uporabnikom omogočili večjo dosegljivost storitev geolociranja, z dosegljivo točnostjo določitve geolokacije pa se odpirajo številne nove možnosti uporabe.

Te možnosti seveda zahtevajo ustrezne zmogljivosti mobilnih telekomunikacij. V srednjem veku je visoko usposobljen menih potreboval več mesecev ali let, da je umetelno prepisal 3,6 milijonov črk na liste pergamenta in izdelal izvod Biblije. Z algoritmi podatkovnega stiskanja je možno te besede v elektronski obliki skrajšati na digitalno velikost zapisa 1,5 milijona bajtov. S prenosnimi hitrostmi prenosnih telefonov v mobilnih omrežjih prve generacije 1G bi uporabnik lahko naložil tako stisnjeno digitalno vsebino s spleta v približno 1,75 ure, čeprav nobeden od takratnih telefonov dejansko ni zmozel niti shraniti niti prikazati tako velike količine podatkov. V današnjem času omrežij tretje generacije 3G znaša ta čas prenosa po omrežju samo še 6 sekund. V mobilnih omrežjih četrte generacije 4G, ki bodo po pričakovanjih vzpostavljena v tem desetletju, se bo ta čas prenosa po omrežju skrajšal na pičlih 0,06 sekund (Ibrahim, 2002). Pregled tehnologij in pasovnih širin mobilne telefonije prikažemo v preglednici 4.26.

Preglednica 4.26: Tehnologije in pasovne širine mobilne telefonije (povzeto iz Ibrahim, 2002). Pomen kratic je podan v uvodnem delu disertacije v seznamu kratic.

Table 4.26: Technologies and bandwidths of mobile telecommunication (adapted from Ibrahim, 2002). Acronym meanings are listed in the list of acronyms.

Tehnologija	1G	2G	2,5G	3G	4G
Začetek načrtovanja	1970	1980	1985	1990	2000
Začetek uporabe	1984	1991	1999	2002	2010→
Storitev	Analogni zvok, sinhroni podatkovni prenos 9.6 kbps	Digitalni zvok, kratka sporočila	Višje kapacitete, paketni podatki	Višje kapacitete, širokopasovni podatki, prenos do 2Mbps	Višje kapacitete, uporaba izključno IP protokola, večpredstavnost, prenos do več sto Mbps
Standardi	AMPS, TACS, NMT, etc.	TDMA, CDMA, GSM, PDC	GPRS, EDGE, 1xRTT	UMTS, WCDMA, CDMA2000	Enotni standard, hibridni pristop
Hitrost prenosa podatkov	1.9 kbps	14.4 kbps	384 kbps	2 Mbps	200 Mbps
Način prenosa	FDMA	TDMA, CDMA	TDMA, CDMA	CDMA	OFDM, OFDMA, MIMO
Osnovno omrežje	PSTN	PSTN	PSTN, paketno omrežje	paketno omrežje	internet

Danes je kompleksno prostorsko bazo podatkov na mobilne telefone še potrebno nalagati po kosih, v telefonih naslednje generacije pa bo uporabnik lahko naložil, obdeloval in spreminjal kompleksne trirazsežne modele prostorskih podatkov v nekaj sekundah. Ob vsakem tehnološkem preskoku na višji nivo, od papirja do telegrafa do interneta, rastoča sposobnost človeštva za hitro izmenjavo velikih količin informacij ne samo izboljšuje dostop do informacij, temveč tudi zmanjšuje čas, ki je potreben za naslednji tehnološki preskok. Gordon Bell je leta 1972 postavil definicijo, ki jo poznamo kot Bellov zakon računalniških razredov in pravi, da približno na vsako desetletje nastane nov razred računalnikov, ki je cenejši in zasnovan na novi programski osnovi, omrežju in vmesnikih, kar ima za posledico nove vrste uporabe in vzpostavitev nove industrije (Bell, 2008). Bell verjame, da bodo CPSD naprave velikosti mobilnih telefonov (angl. CPSD – Cell Phone Sized Devices) predstavljale

prevladujoči računalniški razred ali osnovo, merjeno po številu enot in zaslužku. Razvoj temelji na združevanju funkcij telefona in dlančnikov, ki bodo s trenutno še ne dokončno izoblikovanimi odločilnimi aplikacijami (angl. killer applications) omogočile preboj v široko uporabo. Te naprave s svojimi zmogljivostmi vse bolj nadomeščajo številne funkcije osebnih računalnikov, npr. uporabo elektronske pošte in interneta. Uporaba se bo širila in razvijala tako s samostojno uporabo teh naprav kot s pomočjo dodatnih naprav za vnos in predstavitev vsebin in dokumentov do te mere, da bo vključevala vse današnje funkcije osebnih računalnikov z (začasno) izjemo velikih podatkovnih zbirk avdio/video vsebin. Vodilne svetovne firme na tem področju, kot so npr. Apple, Google, Microsoft, usmerjajo velik del svojega razvoja in raziskav prav na to področje masovne uporabe, njihovi tovrstni izdelki, programska oprema in razpon storitev pa dosegajo osupljiv obseg prodaje in zavidljiv uspeh na globalnem trgu.

V zadnjih nekaj letih se praktično kot gobe po dežju pojavlja cela vrsta spletnih in predvsem mobilnih aplikacij (npr. Facebook Places, 2011; Google Latitude, 2011; Google Places, 2011; Panoramio, 2011; Foursquare, 2011; Gowalla, 2011; Whrrl, 2011; Groupon, 2011; LivingSocial, 2011), ki na tak ali drugačen način omogočajo geolokacijsko povezovanje uporabnikov v socialna omrežja ali ponudbe informacij, storitev in izdelkov na podlagi znane trenutne geolokacije uporabnikov. Aplikacije so dostopne na mobilnih napravah z različno mobilno programsko opremo (npr. Google Android, 2011; Apple iPhone, 2011; Windows Phone 7, 2011; Blackberry, 2011) ter intenzivno tekmujejo med seboj za pridobitev čim večjega števila uporabnikov in odpirajo povsem nova socialno-tržna področja in vidike uporabe geoinformacijsko komunikacijske tehnologije v sodobnem svetu, predvsem med uporabniki mlajših generacij. Število uporabnikov teh aplikacij sega v milijone, desetine milijonov ali celo stotine milijonov uporabnikov. Ta področja uporabe imajo z združevanjem tehnoloških zmogljivosti mobilnih telekomunikacij, geolokacijskih baz podatkov o izdelkih in storitvah, podatkov o trenutnih geolokacijah uporabnikov in vrste drugih bolj ali manj osebnih podatkov o uporabnikih velik potencial za korenite spremembe socialnega obnašanja uporabnikov ter mreženja raznolikih navideznih in realnih socialnih vezi med njimi.

Načini geolokacijsko pogojenega povezovanja in medsebojne soodvisnosti med realnim in navideznim svetom pa so kljub hitremu tehnološkemu napredku spletnih in mobilnih tehnologij šele na začetni razvojni stopnji. Načini geolociranja digitalnega sveta bitov v realnem svetu atomov bodo že v bližnji prihodnosti temeljito spremenili naš vsakdanjik in dojemanje našega neposrednega okolja. Te spremembe niso nujno in vedno pozitivne, zato so v poglavju 5 v razpravi omenjene nekatere dileme, ki so se v letu 2011 razvzele v zvezi z objavami odkritij, da vodilna podjetja poleg nudenja vrste priljubljenih lokacijsko podprtih storitev svojim uporabnikom hkrati v ozadju teh procesov izvajajo aktivnosti za pridobivanje, posredovanje in trženje agregatov zbranih podatkov o geolokacijah uporabnikov tretjim strankam.

STEM matriko za WPS tehnike geolociranja prikažemo na sliki 4.16.

LoR	LoD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Slika 4.16: STEM matrika za WPS tehnike geolociranja.

Figure 4.16: STEM matrix for WPS geolocating techniques.

4.2.4.4 Znotrajstavbno geolociranje in navigacija

GNSS tehnologija glede natančnosti geolociranja v splošnem prekaša Wi-Fi geolociranje, razen v notranjosti stavb ali v urbanih kanjonih, kjer je Wi-Fi boljši (IMS Research, 2008; Qubulus, 2011; Fraunhofer, 2011), saj je znotraj stavb GNSS tehnologija le pogojno uporabna. Ker pa se velik del javnega življenja odvija v notranjosti mest in zaprtih prostorih stavb – kot so nakupovalna središča, poslovne stavbe, postaje, šole, muzeji, ipd., so ti prostori zelo pomembni za izvajanje in uporabo lokacijsko podprtih storitev.

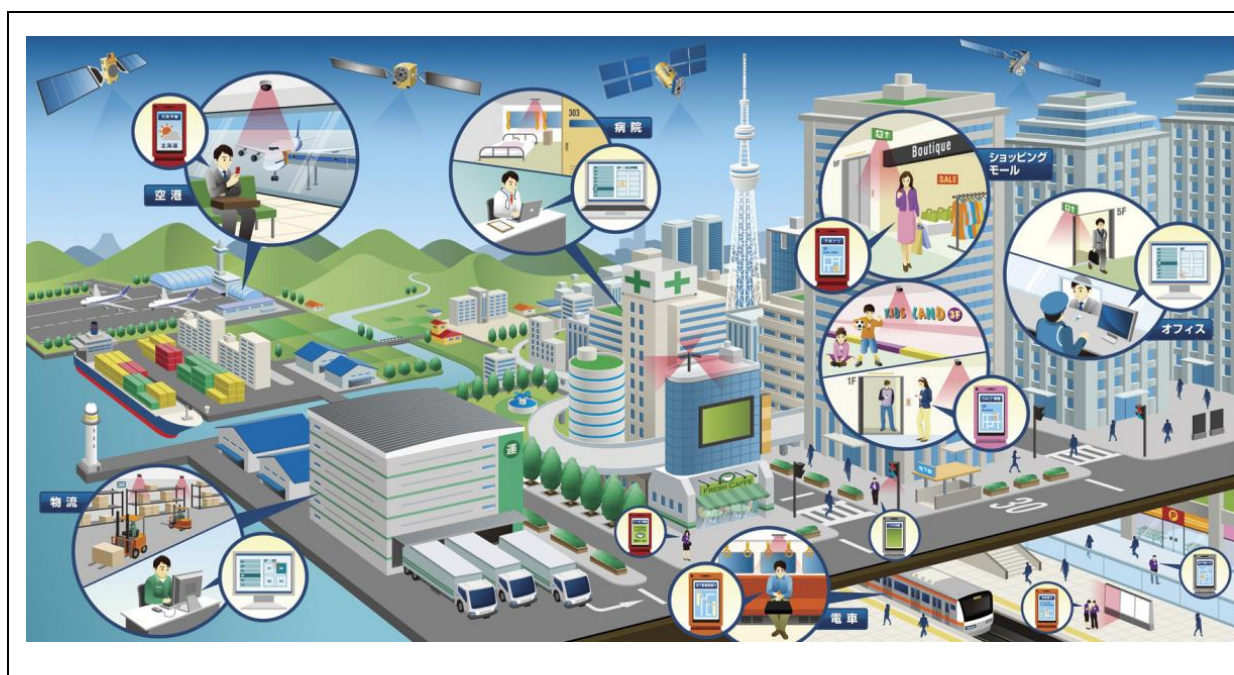
Pri tem ima ključno vlogo tudi znotrajstavbna geolokacija in navigacija. Medsebojna povezljivost znotrajstavbne in zunajstavbne geolokacije postaja vse bolj kritična zahteva za službe pomoči in reševanja, varnostne organe, načrtovanje in upravljanje stavb, evidentiranje sestavin stavbnih nepremičnin, zavarovalništvo, geolokacijsko podprto trženje, pametna omrežja, upravljanje energetskih, plinskih, vodovodnih, prezračevalnih, kanalizacijskih, telekomunikacijskih idr. znotrajstavbnih napeljav in storitev.

Geolokacijski algoritmi za znotrajstavbne prostore za določitev geolokacije praviloma uporabljajo obstoječa brezžična komunikacijska omrežja in po možnosti niso omejeni samo na posamezne vrste tehnologije brezžičnega prenosa. Mobilne naprave lahko v urbanih kanjonih in znotraj stavb neodvisno določajo svojo geolokacijo na osnovi meritev moči sprejetih komunikacijskih signalov ne glede na omrežje, npr. signalov z WLAN, GSM ali UMTS baznih postaj (npr. awiloc; Fraunhofer, 2011). Vlogo prevladujoče tehnologije pri tem prevzemajo omrežja iz skupine IEEE 802.11

standardov brezžičnih lokalnih omrežij, ki se večinoma uporabljajo za namene določanja geolokacije. Točnost določanja geolokacije dosega vrednosti nekaj metrov, s čemer geolociranje v komunikacijskih omrežjih odlično dopolnjuje uveljavljeno satelitsko GNSS geolociranje.

Pomemben pogoj pri tem je, da obstajajo tudi zanesljive digitalne geoprostorske informacije o stavbah, o njihovi legi in obliki ter o njihovih znotrajstavnih sestavinah in njihovi funkcionalni povezanosti, po možnosti v obliki BIM modeliranja stavbnih informacij (angl. Building Information Modeling; Triglav, 2008). Ključno za učinkovito znotrajstavno geolociranje je, da izmenjava geolokacijskih podatkov in stavbnih informacij poteka digitalno z uporabo odprtih standardov za vmesnike in programsko podporo. Uporaba odprtih mednarodnih standardov omogoča združevanje geolokacijskih podatkov in stavbnih informacij v široko paleto aplikacij. Z vprašanji problematike standardizacije in povezovanja znotrajstavne in zunajstavne geolokacije se intenzivno ukvarjajo delovne skupine in telesa pri konzorciju OGC (Reed, 2011).

Na področju znotrajstavnega geolociranja in navigacije v zadnjem času poteka izredno dinamičen razvoj inovativnih merskih tehnologij in aplikacij. Na Japonskem so npr. razvili znotrajstavni sporočilni sistem IMES (angl. Indoor MESSaging System), ki je brez spreminjanja strojne opreme uporaben na vseh napravah z vgrajenim GPS/GNSS sprejemnikom (Manandhar in Torimoto, 2011). IMES brez izvajanja izračunov oddaljenosti zagotavlja zanesljive 3D geolokacijske podatke z vsakim posameznim oddajnikom. Princip določanja geolokacije v sistemu IMES prikazuje slika 4.17.



Slika 4.17: Princip določanja geolokacije v sistemu IMES (Manandhar in Torimoto, 2011).

Figure 4.17: Seamless IMES navigation concept (Manandhar and Torimoto, 2011).

Stroški vgradnje geolokacijskih zmogljivosti v mobilne elektronske naprave so tako nizki, da bodo že v petih letih te zmogljivosti splošno globalno razširjene in dostopne. Približno 70% svetovnega prebivalstva uporablja približno pet milijard mobilnih telefonov. Ta številka se je podvojila v zadnjih štirih letih in za v prihodnje so pričakovanja glede tega vsaj enaka ali višja (Manandhar in Torimoto, 2011). S pojavom t.i. pametnih telefonov (angl. smart phones) in lokacijsko podprtih storitev se mobilni telefoni ne uporabljajo le za komunikacijo. GPS/GNSS sprejemniki so vgrajeni v sodobne mobilne telefone na podlagi zakonskih določil o zaščiti in reševanju v številnih državah (npr. E112 v EU in E911 v ZDA). Dostopnost kartografsko-geolokacijskih podatkov in na njih temelječih storitvah gre v smer brezplačne dostopnosti. Vodilni ponudniki storitev, kot so Google, Apple in Nokia, so to že storili, enako številni drugi, tržne zakonitosti pa bodo v to kmalu prisilile tudi vse ostale ponudnike.

Omenjeno je že bilo, da je uporaba GPS/GNSS sprejemnikov omejena na izvenstavbno uporabo in enako velja tudi za GNSS aplikacije. Zato trenutni GNSS sistemi za znotrajstavbne aplikacije ne morejo zanesljivo zagotavljati potrebne točnosti določanja geolokacije velikosti vsaj 10 – 20 m. Iz tega razloga so se v zadnjem času razvile različne tehnologije geolociranja, kot npr.

- psevdoliti,
- podprti GPS (angl. Assisted-GPS »A-GPS«),
- brezžična omrežja: Wi-Fi, Bluetooth, RFID označevanje,
- geolociranje s TV signalom,
- Locata,
- IMES,
- in podobne.

Te tehnologije pa imajo vsaka svoje tehnološke in funkcionalne omejitve delovanja za potrebe geolociranja in navigacije, saj so z izjemo psevdolitov in A-GPS namenjene prvenstveno za komunikacijo in ne za geolociranje oz. navigacijo. Primerjalni pregled najbolj znanih znotrajstavbnih geolokacijskih sistemov prikažemo v preglednici 4.27.

Preglednica 4.27: Primerjalni pregled znotrajstavnih geolokacijskih sistemov. Delno povzeto po (Manandhar in Torimoto, 2011; Locata, 2005).

Table 4.27: Comparison of indoor positioning systems. Partially adapted from (Manandhar and Torimoto, 2011; Locata, 2005).

Sistem	Platforma	Območje delovanja	Metoda geolociranja	Tip geolokacije	Točnost položaja	TTFF
Locata	talna radijska	srednje, lokalno	določitev razdalj, triangulacija	3D (v osnovi)	< 1 m	= GPS
IMES	talna radijska	majhno, 10 – 20 m	oddajanje navigacijskega sporočila s podatki geolokacije	3D + ID etaže	3m – 10m	<10 s
Wi-Fi (WPS)	talna radijska	majhno, lokalno	moč signala, TOA, triangulacija	2D	5m – 100m	>10 s
Mobilna telefonija	talna radijska	srednje, lokalno	TDOA, EOTD, RSSI, triangulacija	2D	50m – 1000m	10 – 20 s
A-GPS	vesoljska radijska	veliko, globalno	ocena pseudorazdalj, triangulacija, pomožni podatki o približnem času in geolokaciji	2D (v osnovi)	10m – 300m	>10 s
GPS	vesoljska radijska	veliko, globalno	ocena pseudorazdalj, triangulacija	2D (v osnovi)	30m – 500m	>36 s

Razlaga pojmov v preglednici: TTFF – čas prvega izračuna geolokacije, TOA – čas prispetja, TDOA – časovna razlika prispetja, EOTD – izboljšana izmerjena časovna razlika, RSSI – indikacija moči sprejetega signala.

STEM matriko za značilne znotrajstavnne tehnike geolociranja prikažemo na sliki 4.18.

LoR	LoD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LoT	0									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

Slika 4.18: STEM matrika za značilne znotrajstavnne tehnike geolociranja

Figure 4.18: STEM matrix for typical indoor geolocation techniques.

Vsaka nova generacija odpira nove alternativne poti in tehnologije, ki so bile za prejšnje generacije zaradi praktičnih omejitev lahko nedosegljive. Na primer, trirazsežna GNSS geolokacija »geodetske« natančnosti bo dostopna običajnim uporabnikom v petih do desetih letih na policah bližnjega supermarketa. Hkrati z naraščanjem kompleksnosti tehnologije pa narašča tudi zmožnost avtomatizacije upravljanja. Namesto množice tipk in ukazov za upravljanje smo danes bližje takemu načinu medsebojnega sodelovanja ljudi in tehnologije kot smo jih vajeni gledati v kultni seriji StarTrek, kjer s pritiskom na en sam gumb lahko sprožijo npr. kompleksno analizo stanja ali drugo operativno nalogo.

Lokacijsko podprte tehnologije se bodo iz svoje začetne stopnje razvile do stopnje vseprisotnosti v okolju realnega sveta in ljudi v njem. Vendar pa obstaja nevarnost, da ljudje razbijemo ta svoj realni svet na več ločenih slojev resničnosti, če ne bomo kmalu osvojili skupnih standardov. Eden od ključnih povezovalnih dejavnikov pri preprečitvi te nevarnosti pa bo prav geolokacija in način obravnave kakovosti njene določitve.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 Razprava

V disertaciji smo si kot osnovni cilj zadali potrditev hipoteze, da je analizo pomena geolokacije kot funkcije časa mogoče izvesti na pregleden in sistematičen način z obravnavo možnosti proizvajalcev in zahtev uporabnikov na področju prostorske in časovne kakovosti geoprostorskih podatkov.

Prostorsko in časovno kakovost geoprostorskih podatkov v svojih delih obravnavajo številni avtorji in pri pripravi disertacije smo izbor dostopnih del podrobneje proučili in njihove ključne ter za disertacijo pomembne ugotovitve v disertaciji tudi povzeli. Dolgoletne lastne praktične izkušnje iz širokega spektra dela geodetske službe in posredovanja geoprostorskih podatkov uporabnikom so nas vodile do daljšega lastnega razmisleka o tej problematiki, na podlagi česar smo v disertaciji razvili in predstavili izvirne lastne zamisli za analizo pomena geolokacije kot funkcije časa z obravnavo prostorske in časovne kakovosti geoprostorskih podatkov, s čemer smo dodali lastni avtorski prispevek v mozaik obstoječih raziskav na tem področju.

Za potrditev hipoteze smo v disertaciji predlagali preprost matematično določljiv postopek razvrščanja prostorsko-časovne kakovosti geoprostorskih podatkov. V ta namen smo razvili koncept STEM/INSTANT matrik, ki smo ga v disertaciji podrobno opisali. Koncept STEM/INSTANT matrik, ki ga predlagamo v disertaciji, je le začetni korak k preprostemu, enostavno razumljivemu in sistematičnemu opisu kakovosti geoprostorskih podatkov. Koncept smo razvili kot numerično podprto vizualno dopolnilo obstoječih metod in postopkov za oceno kakovosti podatkov, z osnovnim namenom, da temo prostorsko-časovne kakovosti podatkov približamo zmožnostim uporabniškega razumevanja te problematike. Ob upoštevanju sedanjih globalnih trendov pri uporabi svetovnega spleta, ki predvsem med mlajšimi generacijami niso spodbudni (Bauerlein, 2008; Carr, 2010; Lanier, 2010), smo prepričani, da ima tak pristop, kot smo ga razvili v disertaciji, dobre možnosti za dolgoročno pozitiven vpliv na dvig zavesti o pomembnosti kakovosti geoprostorskih podatkov v globalni geoprostorski skupnosti. Skupna vizija skupine uveljavljenih mednarodnih geografskih in okoljskih znanstvenikov o naslednji generaciji Digitalne Zemlje (angl. "next-generation Digital Earth"; Craglia et al., 2008) določa prednostna raziskovalna področja za to desetletje. Koncept STEM/INSTANT matrik, ki ga predlagamo, je v skladu s temi prioritetami in ima potencial, da postane trdno steblo (angl. stem), iz katerega se v prihodnosti lahko razvijejo številne veje boljšega razumevanja kakovosti geoprostorskih podatkov in sodelovanja med proizvajalci in uporabniki geoprostorskih podatkov.

Za potrditev hipoteze smo v disertaciji izvedli praktični preizkus uporabnosti koncepta STEM/INSTANT matrik. Koncept STEM/INSTANT matrik smo preizkusili na primerih geodetskih in geolokacijskih opazovalnih orodij in metod ter na primerih ključnih uporabniških področij. S tem preizkusom smo potrdili, da je možno za potrebe analize pomena geolokacije kot funkcije časa uporabiti poenoteni matrični vizualni prikaz, ki smo ga razvili s konceptom STEM/INSTANT matrik.

V matričnih poljih STEM/INSTANT matrik se nahajajo informacije o prostorsko-časovni kakovosti podatkov ter o ujemanju ponudbe in povpraševanja na področju geoprostorskih podatkov. Očitno je, da ena vrsta geoprostorskih podatkov ali izdelkov – npr. satelitski posnetki visoke ločljivosti ali državna evidenca zemljiškega katastra – lahko in tudi dejansko pokriva številne vrste specifičnih potreb uporabnikov in obsežen nabor različnih področij uporabe. Iz tega razloga kot eno od možnosti za nadaljnje raziskovanje vidimo usmeritev v podrobnejše proučevanje tistih »gravitacijskih« LoR matričnih polj v matrikah N_INSTANT, kjer so vrednosti na podlagi vnosov uporabnikov najvišje. Polja z visokimi vrednostmi bodo vedno pokazatelj, katere stopnje LoR kakovosti geoprostorskih podatkov uporabniki najbolj potrebujejo oz. po katerih stopnjah prostorsko-časovne kakovosti je povpraševanje največje.

Po drugi strani je tudi za proizvajalce geoprostorskih podatkov zelo pomembno, da vedo in razumejo ali oz. v kolikšni meri njihovi podatki izpolnjujejo potrebe in pričakovanja uporabnikov. Iz tega razloga je v lastnem interesu uporabnikov, da proizvajalcem trajno in sproti zagotavljajo povratne informacije o tem, kako dobro se specifični geoprostorski podatki, izbrani na podlagi ujemanja kriterijev v LoI matriki, tudi dejansko v praksi ujemajo z njihovimi potrebami. V disertaciji smo zato nakazali tudi nekatere dodatne možnosti razvoja uporabe matričnih vizualnih prikazov, ki so koristne za proizvajalce in uporabnike geoprostorskih podatkov. V ta namen smo kot možno izhodišče nadaljnjih raziskav zasnovali enostaven pripomoček v obliki koncepta STEM matrik LoM in INUSE, ki proizvajalcem geoprostorskih podatkov omogoča dinamični pregled stanja in postopen dvig kakovosti proizvedenih podatkov na način, da se bodo podatki v prihodnje lahko bolje ujemali s potrebami na posameznih področjih uporabe. Hkrati pa so zbrane povratne informacije v matrikah LoM in INUSE koristen pripomoček uporabnikom pri odločitvah o izboru geoprostorskih podatkov za njihova konkretna področja uporabe.

V sodobnem času sta kakovost in ekonomika tesno medsebojno povezana in medsebojno odvisna. Za ponazoritev preglednosti njunih medsebojnih relacij v funkciji dobrega poslovanja in smotrne uporabe materialnih virov smo v disertaciji predstavili tudi koncept STEM matrik LoV in LoC. Predvsem pri uporabnikih javnih proračunskih sredstev številne domače in tuje izkušnje kažejo, da na področju smotrne porabe sredstev vlada velika nepreglednost in posledična pogosta neracionalnost porabe

sredstev. Uporaba koncepta LoV in LoC matrik na tem področju omogoča pomembne izboljšave in boljši pregled nad racionalnostjo uporabe materialnih virov.

V disertaciji smo se osredotočali na prostorsko-časovni vidik kakovosti geoprostorskih podatkov. Seveda ne smemo zanemariti drugih elementov kakovosti podatkov – celovitosti, logične skladnosti ter pomenske, tematske in lastnostne točnosti, ki jih je tudi možno podrobneje raziskovati z razširitvijo koncepta STEM/INSTANT matrik. Ena od takih možnosti je kombiniranje parov izbranih elementov kakovosti podatkov v dvorazsežnih matrikah, pri čemer lahko uporabimo enaka osnovna pravila in tem elementom primerne kriterije za določanje kakovosti. Iz razlogov razumljivosti in enostavnosti hitre uveljavitve, ki so v sodobni geoprostorski skupnosti še posebej pomembni, pristop z dvorazsežnimi matrikami omogoča uporabnikom konsistentno uporabo enake logike in načel pri ocenjevanju vseh elementov kakovosti podatkov ter jim hkrati daje možnosti dobrega razumevanja in dojemanja vizualizacije že v začetnih fazah uporabe tega koncepta. V kasnejših fazah, ko bo koncept STEM/INSTANT matrik predvidoma dosegel široko uporabo, je možen razvoj in uporaba dodatnih pristopov, kar pa presega okvir te disertacije.

Z disertacijo smo potrdili, da ima s predlaganim konceptom analize geolokacije kot funkcije časa geoprostorska skupnost proizvajalcev in uporabnikov podatkov z uporabo predlaganih enostavnih orodij možnost za postopno vzpostavitev nabora poenotениh numerično utemeljenih in vizualno predstavljenih indikatorjev prostorsko-časovne kakovosti za ugotavljanje primernosti geoprostorskih podatkov za določena področja uporabe. To znanje bo pomagalo proizvajalcem geoprostorskih podatkov pri usmerjanju njihovega lastnega znanstvenega in strokovnega razvoja tako, da bodo znali zagotoviti primerne geoprostorske podatke za različna področja uporabe. Hkrati predlagani koncept analize geolokacije kot funkcije časa uporabnikom geoprostorskih podatkov s sistematičnim in enostavnim pristopom vzpostavlja osnovne pogoje, da prevzamejo tehtnejšo vlogo v procesih proizvodnje in uporabe geoprostorskih podatkov.

5.2 Zaključki

Eden od glavnih dosežkov te disertacije je ta, da smo s predlaganim konceptom STEM/INSTANT matrik za analizo pomena geolokacije kot funkcije časa omogočili, da lahko proizvajalci in uporabniki geoprostorskih podatkov na organiziran način in z medsebojnim sodelovanjem vzpostavijo preprosto rešitev za določanje razpoložljivih in potrebnih stopenj prostorsko-časovne kakovosti podatkov. Z opisano zasnovo in preizkusom koncepta opisa kakovosti geoprostorskih podatkov smo dosegli cilj, ki vzpostavlja vsebinske osnove za zbližanje proizvajalcev in uporabnikov geoprostorskih podatkov, ki jim omogočajo izgradnjo skupnega prostora obravnave, v katerem bodo v dinamičnem procesu lahko obojestransko sodelovali.

V obdobju hitrega razvoja okolja Web 2.0 tehnologij so povprečni spletni uporabniki geoprostorskih podatkov zmožni napolniti STEM matrice z ustreznimi vrednostmi v vrsticah in stolpcih in s tem oblikovati svoje zahteve po prostorsko-časovni kakovosti, ki bo pokrila njihove potrebe na zadevnih področjih uporabe. Prednosti takega sodelovanja uporabnikov so za skupnost uporabnikov geoprostorskih podatkov očitne, globalne izkušnje z uporabo Web 2.0 spletne tehnologije pa podpirajo domnevo, da bo med uporabniki dovolj zanimanja za sprejetje opisanega koncepta in za spodbujanje nadaljnjega razvoja koncepta v kasnejših fazah.

Sodelovanje uporabnikov ne bo ostalo brez »nagrade«; »plačilo«, ki ga bodo v procesu prejeli, bo v obliki geoprostorskih podatkov, ki bodo vedno bolj ustrezali njihovim potrebam uporabe. Po drugi strani proizvajalci geoprostorskih podatkov poznajo svoje podatke v podrobnosti in se zavedajo, da je vrednost njihovih podatkov v veliki meri odvisna od njihove zmožnosti izpolnitve zahtev in potreb uporabnikov. Zato je razumno možno pričakovati, da bodo aktivno sodelovali pri predstavljanju razpoložljivih stopenj prostorsko-časovne kakovosti njihovih geoprostorskih podatkov na enostaven in organiziran način s STEM matrikami. Hkrati bodo s »poslušanjem« glasov, izraženih s strani uporabnikov in strank, lahko prilagajali kakovost proizvodnje podatkov, da se bodo ti bolje ujemali s potrebami uporabnikov in tako optimizirali svoje poslovne procese in rezultate.

Seveda je vedno možnost, da tudi najboljše ideje ne bodo uspešne na svoji poti v široko uveljavitev v dnevni praksi. Še pred nekaj leti bi konceptu STEM/INSTANT matrik na poti do uveljavitve stalo veliko število tehnoloških preprek in bi tako koncept imel zelo pičle možnosti za uspeh že iz povsem tehnoloških razlogov. Danes, v času dobro razvitega in široko uporabnega Web 2.0 spletnega okolja in z začetkom vzpostavljanja 4G mobilnega komunikacijskega omrežja v globalnem merilu, ta tehnologija zagotavlja potreben okvir za omogočanje sprememb obnašanja v globalni geoprostorski skupnosti in za dopolnitev obstoječih poslovnih modelov.

Vprašanje entuziazma uporabnikov in njihove pripravljenosti za zagotavljanje potrebnih povratnih informacij za STEM matrice zahteva dodaten razmislek (npr. Lanier, 2010; Lorenz et al., 2011). Očitno je, da brez povratnih informacij opisani sistem ne more in ne bo deloval. Po drugi strani bo vrednost, moč in uporabnost STEM /INSTANT matrik rasla s številom uporabnikov in proizvajalcev podatkov, ki bodo z vnosom vrednosti v polja STEM matrik posredovali potrebne informacije o prostorsko-časovni kakovosti. Torej je na začetku potreben zagon, ki pripelje do kritične mase uporabnikov sistema.

Ob pogledu na globalno geoprostorsko skupnost, kjer proizvajalci in uporabniki podatkov vse tesneje sodelujejo na številnih področjih ter združujejo moči pri pridobivanju geoprostorskih podatkov, je čas za predstavitev in uvajanje koncepta STEM/INSTANT matrik pravi. V obdobju, ko že milijoni

uporabnikov geoprostorskih podatkov z uporabo Web 2.0 tehnologije prostovoljno posredujejo povratne informacije s predlaganimi popravki obstoječim proizvajalcem in ponudnikom geoprostorskih podatkov, ima tudi koncept STEM/INSTANT matrik dobre možnosti za uspeh. Vse te dejavnosti za posredovanje informacij in povratnih informacij sledijo istemu cilju: prispevati k izboljšanju kakovosti podatkov ne samo v prostorsko-časovnem vidiku, temveč v vseh njenih elementih – celovitosti, logični skladnosti ter pomenski, tematski in lastnostni točnosti.

Tehnološke in sociološke dileme, ki nastajajo predvsem kot posledica razvoja sodobnih spletnih in mobilnih komunikacijskih tehnologij in njihove uporabe, zahtevajo od geodetske in širše geoprostorske skupnosti temeljit premislek. Razvoj tehnologije nam že omogoča določene rešitve in daje navidezno enostavne odgovore na vprašanja, pri katerih navidezno enostavni odgovori niso vedno najboljši ali priporočljivi.

Eno od takih vprašanj je optimalna organizacija in vsebina baz prostorskih podatkov. Pri tem so dileme tako pri horizontalni kot pri vertikalni organizaciji baz. Prostorski podatki so med seboj povezani geolokacijsko in pogosto tudi vsebinsko. Relevantna področja aplikacij že zaradi svoje različnosti namena zahtevajo različne stopnje generalizacije geolokacijskih in pripadajočih opisnih podatkov. V tej zvezi nas med drugim zanima odgovor na vprašanje: ali je smiselno voditi vse prostorske podatke v eni bazi in jih na osnovi vsakokratnih, relevantnim področjem aplikacij prilagojenih poizvedovanj »presejati« in predstaviti v določeni aplikaciji, ali pa je bolj smiselno voditi podatke v ločenih bazah, prilagojenih posameznim tipom senzorjev in medsebojno povezanih med seboj z geolokacijo točkovnih, linijskih, ploskovnih ali prostorninskih entitet in drugimi informacijami, ki se navezujejo na to geolokacijo oz. med seboj? Odgovor na ti dve vprašanji se vse bolj nagiba v smeri uporabe možnosti, ki jih ponuja računalništvo v oblaku, katerega ekosistem tvorijo osnovni storitveni gradniki:

- računalniške infrastrukture IaaS (angl. Infrastructure-as-a-Service),
- razvojne programske platforme PaaS (angl. Platform-as-a-Service),
- aplikacijske programske opreme SaaS (angl. Software-as-a-Service) in
- podatkov DaaS (angl. Data-as-a-Service).

Razvoj na tem področju omogoča nove možnosti in hkrati zahteva nov premislek o prednostih in slabostih tega razvoja. Prednosti so predvsem na strani cenovne učinkovitosti, enostavne prilagodljivosti na povečanje oz. zmanjšanje potreb uporabnikov in poenostavitve vzdrževanja opreme in priučevanja kadrov. Slabosti in nevarnosti pa so povezane predvsem z vprašanji zagotavljanja varnosti podatkov, zanesljivostjo delovanja, zaščito intelektualne lastnine in zaščite zasebnosti. Prednosti bodo spodbujale organizacije na širšem področju geoinformatike, da vsaka zase najdejo prava razmerja med navedenimi storitvenimi gradniki. Slabosti in nevarnosti pa bodo na področju

geoinformatike zahtevale uporabo takšnih tehnoloških in programskih pristopov, ki bodo omogočali tudi razvoj zasebnih oblakov, t.j. vzpostavitev pogojev za računalništvo v oblaku znotraj okolij posameznih organizacij. Z nadaljnjim razvojem varnostnih mehanizmov in rastjo zanesljivosti pa se bodo zasebni oblaki postopoma selili v polje hibridnega računalništva v oblaku in nato v polje odprtega računalništva v oblaku. Kljub temu, da bodo prednosti računalništva v oblaku postopoma verjetno prevladale pred slabostmi in nevarnostmi, pa le-te ne bodo izginile in tega dejstva ne smemo pozabiti.

Eden od zaključkov disertacije je tudi odgovor na vprašanje, kako je možno s kombinacijo in integracijo senzorjev ter digitalnih geoprostorskih podatkov izmeriti in analitično opredeliti variacije prostorsko-časovnih lastnosti entitet z ustrezno stopnjo prostorsko-časovne ločljivosti. V disertaciji smo nanizali prostorsko-časovne razvrstitve za primere merskih metod, od najzahtevnejših geodetskih tehnologij do nezahtevnih (v geolokacijskem smislu!) metod geo-IKT tehnologij, vendar brez iluzij in pretenzij, da bi kompletno in analitično zaobsegli vse prostorsko-časovne koncepte in metode, saj gre za preveč obsežno področje. Vseeno je že iz v disertaciji opisanih izvedenih prostorsko-časovnih razvrstitev razvidno, da je možno in smiselno kombinirati metode geolociranja spreminjajočih se geodetsko izmerljivih prostorsko-časovnih stanj in razmerij v realnem svetu v numerični domeni na način, ki po eni strani ta razmerja ohranja tako celovito, kot je mogoče, in hkrati razume in zna oceniti tudi posledice v primerih, ko te entitete ter njihova stanja in razmerja niso izmerjena celovito.

Pri tem je potrebno ohraniti razumno mero in imeti v mislih stalno skrb, da vsega, kar je možno geolokacijsko in časovno določiti in spremljati, dejansko ni potrebno meriti ali pa je to zaradi splošnih načel varovanja zasebnosti celo nedopustno. Največ tovrstnih opozoril strokovne in osveščene laične javnosti v zadnjem času lahko zasledimo na področju varovanja zasebnosti pri uporabi lokacijsko podprtih storitev na področju mobilnih telekomunikacij in spletnih socialnih omrežij (WSJ, 2011). V letu 2011 so se tako razvnele tudi dileme v zvezi z objavami odkritij, da vodilna svetovna podjetja (Google, 2010) na področju mobilnih telekomunikacij poleg nudenja vrste priljubljenih lokacijsko podprtih storitev svojim uporabnikom hkrati v ozadju teh procesov skozi daljša časovna obdobja izvajajo aktivnosti za pridobivanje, posredovanje in trženje zbranih podatkov o geolokacijah uporabnikov tretjim strankam.

Take tretje stranke so lahko npr. podjetja, ki se ukvarjajo s trženjem oglasov v mobilnih omrežjih, lahko pa gre tudi za državne ustanove, policijo in druge zainteresirane službe. Pri tem uporabljajo napovedovalno analitiko (angl. predictive analytics) ter različne tehnologije makrozaznavanja (angl. macrosensing) (npr. Sense Networks, 2011), ki iz zbranih ogromnih množic nestrukturiranih podatkov pridobivajo agregate tržno in drugače zanimivih informacij in pri tem izločajo neposredne osebne

podatke mobilnih uporabnikov ter tako zaobidejo zakonodajne omejitve regulatorjev glede varstva osebnih podatkov.

Informacije o časovnem beleženju spreminjanja geolokacije uporabnikov mobilnih naprav se pri nekaterih ponudnikih zbirajo in posredujejo naprej tretjim osebam tudi v primeru, če uporabnik izrecno izključi opcijo posredovanja geolokacijskih podatkov. Velika vnema in interes ponudnikov za zbiranje in razumevanje geolokacijsko-časovnih podatkov uporabnikov mobilnih naprav sta posledica nenehnega boja za prevladujoče tržne deleže. Cilji vseh teh aktivnosti so zelo raznoliki in niso omejeni samo na golo sortiranje množic nestrukturiranih geolokacijsko-časovnih podatkov, temveč s pomočjo kombiniranja tehnik stohastične analitike, geodemografije, geopsihografije in drugih sorodnih ved razbirati ključne ekonomsko in socialno zanimive vsebine aktualnega obnašanja uporabnikov ter napovedovati trende bodočega obnašanja uporabnikov mobilnih naprav ali pa s ciljno usmerjenimi dejavnostmi kar najbolj učinkovito vplivati nanje.

Končno besedo pri uspehu ali neuspehu takšnih metod imamo uporabniki s svojo odločitvijo ali pristajamo na vlogo gibljivih oddajnikov in na vlogo objektov tržnih obdelav ali ne. Ob skrbnem upoštevanju načel varovanja geolokacijske in vseh ostalih kategorij zasebnosti mora tudi med vsemi ostalimi proizvajalci in uporabniki geoprostorskih podatkov obveljati načelo, ki ga geodeti spoštujemo od samih začetkov geodetske stroke in znanosti: ni potrebno meriti vsega, kar lahko izmerimo, lahko pa izmerimo vse, kar je potrebno meriti!

Geolokacija in čas, ki se skozi tisočletno zgodovino tako plodovito prepletata (Triglav, 2009), bosta še naprej zagotavljala podporo novim kakovostim sodobnega življenja človeške družbe. Iz tega razloga prostorska in časovna sestavina geoprostorskih podatkov – kot tisti sestavini, ki ju tako proizvajalci kot uporabniki lahko najboljše razumejo – potrebuje vsak napor za izboljšanje sedanjega stanja. K izboljšanju stanja si lahko globalna geoprostorska skupnost s skupnimi naporji pomaga sama. Ena od koristnih in v praksi uporabnih možnosti v tej smeri je analiza pomena geolokacije kot funkcije časa, ki smo jo v tej disertaciji razvili in preizkusili z uporabo metodologije STEM/INSTANT matrik, zasnovane na preprosti matematiki in oblikovane v razumljivo numerično podprto vizualno informacijo.

6 POVZETEK

Osnovna naloga geodetov skozi pretekla obdobja razvoja geodezije in družbe je bila na temeljni ravni določanje velikosti in oblike Zemlje ter njenega težnostnega polja, kar jim je z uporabo aplikativnih geodetskih tehnologij omogočalo določanje, spremljanje, nadziranje in evidentiranje podatkov o geolokaciji objektov v dogovorjenih koordinatnih sistemih npr. države, regije, celine ali sveta, med katerimi je vzpostavljena najbolj točna možna obojestranska matematična povezava. Za osvetlitev povezave med geolokacijo in časom smo predstavili kratek zgodovinski pregled razvoja geodezije in njene povezanosti z določanjem geolokacije in časa. Pri tem smo izpostavili nekaj značilnih zgodovinskih primerov te povezanosti.

Danes, na začetku 21. stoletja, je geodezija tista znanost, ki svoje dosežke zna vgraditi v najsodobnejše tehnologije in tako omogočiti njihovo široko dostopnost in uporabnost. S tem geodezija vstopa v najrazličnejša vsakdanja področja dela in življenja posameznika in družbe. To sicer počne skromno, za širšo javnost praviloma skoraj nezaznavno, a z razvojem najsodobnejših tehnologij vedno bolj zanesljivo in učinkovito. Zanesljivost in učinkovitost zahtevata upoštevanje temeljne vloge koordinatnih sistemov in sestavov, časovnih sistemov in mer ter standardnih merskih enot in standardov, zato smo jih v začetnem delu disertacije opisali. Geodeti imamo znanje, možnosti in dolžnost obravnave kakovosti geoprostorskih podatkov, še posebej prostorsko-časovne razsežnosti te kakovosti, saj s takšno obravnavo lahko izvedemo analizo pomena geolokacije kot funkcije časa, kar smo skozi disertacijo tudi pokazali.

To analizo smo v disertaciji izvedli na osnovi predlaganega koncepta STEM matrik prostorsko-časovnih ocenitev in INSTANT matrik indeksa prostorsko-časovnih predvidevanj. V disertaciji smo obravnavali geodetsko metodologijo za posamezna področja aplikacij geolokacije. Različne ravni dinamike sprememb za definiranje geolokacije kot funkcije časa od geodezije zahtevajo kakovostno ustrezno prilagojen pristop. Geodetska metodologija je pri tem opredeljena s potrebno prostorsko-časovno kakovostjo geoprostorskih podatkov za vsakokratne zahteve konkretnih aplikacij. Pojasnili smo, se bo razlika glede položajne in časovne točnosti med geodetskimi meritvami in ostalimi lokacijsko zaznavnimi tehnologijami LAT vedno bolj manjšala. V ta namen smo v disertaciji obravnavali primere razpoložljivih geoprostorskih podatkov po metodi proizvodnje, to je po uporabljeni merski tehnologiji, in kot izhodišče uporabili globalni geodetski opazovalni sistem GGOS, h kateremu smo dodali za disertacijo pomemben izbor iz širokega nabora različnih drugih terenskih, letalskih in vesoljskih geoprostorskih merskih tehnologij.

V disertaciji smo predstavili osnovna načela s številnimi primeri razvrščanja, na kratko pa smo opisali tudi zanimive možnosti nadaljnjih raziskovalnih aktivnosti. Pri obravnavi prostorsko-časovne

kakovosti na strani uporabnikov geoprostorskih podatkov smo v disertaciji kot izhodišče uporabili devet osnovnih družbeno koristnih področij SBA in jih razširili s štiriintrideset temami geoprostorskih podatkov, kot jih določajo priloge I – III direktive INSPIRE. V obravnavo pa smo vključili tudi podatke poročila Britanske kraljeve akademije za inženirstvo iz leta 2011, v katerem so obstoječe in predvidene uporabniške aplikacije, ki uporabljajo GNSS tehnologijo, razvrščene po njihovih zahtevah glede položajne točnosti.

V disertaciji smo vprašanja pomena geolokacije kot funkcije časa s pomočjo obravnave prostorsko-časovne kakovosti geoprostorskih podatkov obdelali tudi na področju geolokacijskih merskih tehnologij in aplikacij geoinformacijsko komunikacijskih tehnologij (Geo-IKT), ki se predvsem v zadnjem obdobju izjemno razvija po obsegu in funkcionalnosti ter je že na pragu stopnje vseprisotnosti v globalni družbi.

Z razvojem koncepta preprostih orodij STEM matrik prostorsko-časovnih ocenitev in INSTANT matrik indeksa prostorsko-časovnih predvidevanj in preizkusom na primerih geodetskih in geolokacijskih opazovalnih orodij in metod ter na primerih ključnih uporabniških področij smo potrdili uporabnost poenotenega matričnega vizualnega prikaza za namene sistematičnega razvrščanja geoprostorskih podatkov in njihove grafične predstavitve prostorsko-časovne ločljivosti. Tako lahko z uporabo načel poslovnega obveščanja z Web 2.0 pristopom k procesu sodelovanja proizvajalcev in uporabnikov geoprostorskih podatkov dinamično izvajamo analizo pomena geolokacije kot funkcije časa.

V disertaciji poudarjamo, da mora uporabnik že od začetka uporabe geoprostorskih podatkov imeti možnost vedeti, katere njegove prostorsko-časovne in druge zahteve lahko določena vrsta geoprostorskih podatkov objektivno izpolni. V disertaciji smo pokazali, da je s pomočjo naše opisane izvirne metode ta pogoj možno sistematično uresničiti na sorazmerno enostaven, razumljiv in vizualno nazoren način.

Disertacijo razumemo kot prispevek k dobri praksi v geodeziji in na v disertaciji obravnavanih relevantnih področjih aplikacij, ki jih geodeti lahko definiramo na osnovi dolge zgodovine ukvarjanja s pridobivanjem, vzdrževanjem, vodenjem in predstavljanjem geoprostorskih podatkov ter z različnimi nivoji kakovosti teh podatkov.

Geolokacija je temeljna informacija pri vseh nalogah in področjih uporabe, ki uporabljajo geoprostorske podatke. Pridobivanje, vzdrževanje, vodenje in predstavljanje geoprostorskih podatkov o geolokaciji kot funkciji časa, z različnimi nivoji kakovosti, je tisto področje delovanja geodetske znanosti in stroke, kjer je polje možnosti posodobitev in izboljšav zelo obsežno in raznoliko. Verjamemo, da v disertacijo vgrajen znanstveni napor za povečanje sistematičnosti na tem področju

predstavlja pomemben prispevek k znanosti in lahko pripomore k optimalni proizvodnji in izrabi geoprostorskih podatkov, pridobljenih z geodetsko metodologijo, v vseh tistih segmentih družbe, kjer je prisotna geolokacija. Z analizo pomena geolokacije kot funkcije časa v opisu realnega in navideznega sveta je predstavljena vloga geodezije in geodetskih metod geolociranja v posameznih relevantnih področjih aplikacij. Metode in tehnike geolociranja geodezija nenehno dopolnjuje z novimi znanstvenimi spoznanji in tehnološkimi dosežki. Z njimi posodablja ter dograjuje obstoječe in uvaja nove algoritme, ki so navznoter vedno bolj postopkovno razvejani in zapleteni ter vsebinsko dovršeni, da bi lahko bili navzven za uporabnike vedno bolj zanesljivi in enostavni, njihovi rezultati pa ustrezno kakovostni in z uporabo najsodobnejših informacijsko komunikacijskih tehnologij takoj dosegljivi. Poenostavljeno bi lahko rekli, da si mora geodezija namenoma zapletati »življenje« s pglavitnim ciljem, da bi ga lahko čim bolj poenostavila drugim.

7 SUMMARY

The primary task of geodesists in the past periods of development of geodesy and society was at the basic level of measuring the size and shape of the Earth and its gravitational field. Using geodetic application technologies the geodesists were able to measure, monitor, supervise and register the data on geolocation of objects in the agreed reference systems of countries, regions, continents or the world, with the most accurate mutual mathematical relations established. To highlight the links between geolocation and time, we presented a brief historical overview of the development of geodesy and its implications in determining the geolocation and time. In this overview we highlighted some specific historical examples of this mutual connection.

Today, at the beginning of 21st century, geodesy is the science, which knows how to incorporate its achievements into most advanced technologies in order to allow their widest availability and usage. This way geodesy enters into various daily life fields of work and living of an individual and of the society as a whole. Geodesy makes these steps modestly, almost imperceptible to the wider public, but on the other side with growing reliability and efficiency. Reliability and efficiency require consideration of the fundamental role of coordinate systems and frames, time systems, standard units of measurement and standards, therefore we have described them in the dissertation. We, as surveyors, have the knowledge, opportunity and duty of treatment of geospatial data quality, especially spatio-temporal dimensions of quality, and with such treatment we can perform analysis of the importance of geolocation as a function of time as we demonstrated in the dissertation.

This analysis was performed in the dissertation based on the idea of STEM spatio-temporal evaluation matrices and INSTANT matrices with index of spatio-temporal anticipations. In this dissertation, we discussed a surveying methodology for particular areas of geolocation applications. Different levels to define the dynamics of geolocation change as a function of time require of geodesy a properly tailored high quality approach. Surveying methodology is defined by taking geospatial data of the necessary spatio-temporal quality for the respective requirements of specific applications. We explained that the difference in terms of positioning and timing accuracy of geodetic measurements and other location-aware technologies LAT is increasingly diminishing. To this end, we have discussed in the dissertation examples of available geospatial data by the production method, i.e. regarding the applied measurement technology, starting with the Global Geodetic Observing System GGOS, to which we added a selection from a wide range of various other terrestrial, airborne and space geospatial measurement technologies, which we find important for the dissertation.

In the dissertation we present the basic principles with numerous examples of classification. We also briefly describe the exciting possibilities of further research activities. When dealing with spatio-temporal quality from the users of geospatial data point of view, we started in the dissertation with the

nine basic societal benefit areas SBA and extended them with thirty-four themes of geospatial data, as defined in Annexes I – III of the INSPIRE directive. We also included into our consideration the data report by the British Royal Academy of Engineering from 2011, in which the existing and anticipated user applications using GNSS technology are listed, according to their requirements for positioning accuracy.

The dissertation also questions the importance of geolocation as a function of time based on spatio-temporal quality of geospatial data also in the field of geolocation measurement technologies and applications of geo-information and communication technologies (Geo-ICT), which particularly in the last period is witnessing an unprecedented development in scale and functionality, and has already reached an initial degree of omnipresence in the global society.

With the development of the concept of simple tools of STEM spatio-temporal evaluation matrices and INSTANT matrices with index of spatio-temporal anticipations and testing cases of geolocation mapping observation tools and methods, and on examples of key applications fields, we confirmed the usefulness of a unified visual representation matrix for the purposes of systematic classification of geospatial data and their graphical presentation of spatio-temporal resolution. Thus, by applying the principles of business intelligence in Web 2.0 approach to the process of participation of producers and users of geospatial data, analysis of the importance of geolocation as a function of time is performed dynamically.

Throughout the dissertation we emphasized that the user of geospatial data should be able to see from the beginning of usage which of his spatio-temporal and other requirements can objectively be fulfilled. In the dissertation we have elaborated that using our authentic method this condition can be systematically fulfilled in a relatively simple, understandable and visually evident way.

With this dissertation we believe we have contributed to good practices in geodesy and in the elaborated relevant applications fields, which can be defined by geodesists, based on a long history of acquiring, maintaining, servicing and representing geospatial data of various quality levels.

Geolocation is basic information for all the tasks and application areas that use geospatial data. Acquiring, maintaining, servicing and representing spatial data on geolocation as a function of time and with the different levels of quality, is the working field of geodetic science and profession with a vast area and variety of possibilities for modernization and improvement. We believe that the scientific efforts embedded in this dissertation to increase systematic development in this field, are an important contribution to science and can lead to a more optimal production and usage of geospatial data, provided by geodetic methodology, in all those segments of society, where geolocation information is

relevant. With the analysis of geolocation as a function of time in describing the real and virtual world, the role of geodesy and the geodetic methods of geolocating in individual application fields are presented. Geodesy is constantly advancing the methods and techniques of geolocating with new scientific knowledge and technological achievements. Using them, geodesy is upgrading the existent and introducing new algorithms, which are internally increasingly sophisticated, so that on the outside they can be more and more simple and reliable to the users, while their results are of required quality and instantly accessible using the means of the most modern information communication technologies. In a very simplified manner, it could be said that geodesy intentionally has to complicate its »life« with the principle goal to ease it to the greatest extent to the rest of the world.

VIRI

AccessPointLive, 2011.

<http://www.accesspointlive.com> (29. 5. 2011.)

Akao, Y. 1994. "Development History of Quality Function Deployment"; V: Mizuno, S., Akao, Y. (ur.): "QFD, the customer-driven approach to quality planning and development", Tokyo: str. 339 – 351.

Alder, K. 2004. The Measure of All Things, The Seven-Year Odyssey That Transformed the World. London, Abacus: 466 str.

Apple iPhone, 2011.

www.apple.com/iphone (30. 5. 2011.)

Bauerlein, M. 2008. The Dumbest Generation – How the Digital Age Stupefies Young Americans and Jeopardizes Our Future (Or, Don't Trust Anyone Under 30). New York, Penguin Group: 272 str.

Bédard, Y. 1987. Uncertainties in Land Information Systems Databases. V: Eighth International Symposium on Computer-Assisted Cartography, Baltimore, Maryland.

Bédard, Y., Devillers, R., Gervais, M., Jeansoulin, R. 2004. Towards Multidimensional User Manuals for Geospatial Datasets : Legal Issues and their Considerations into the Design of a Technological Solution, Proc. of the 3rd International Symposium on Spatial Data Quality (ISSDQ), Bruck an der Leitha, Austria, April 15 – 17th, Vol. 28b GeoInfo Series: str. 183 – 195.

BeiDou, 2011.

www.beidou.gov.cn (21. 8. 2011.)

Bell, G. 2008. Bell's law for the birth and death of computer classes. Communications of the ACM, Volume 51 , Issue 1 (January 2008) 50th anniversary issue: 1958 – 2008.

Belussi, A., Combi, C., Pozzani, G. 2008. Towards a Formal Framework for Spatio-Temporal Granularities. Proc. of the 2008 15th International Symposium on Temporal Representation and Reasoning, Montreal: str. 49 – 53.

Beutler, G. 2003. Satellite Navigation Systems for Earth and Space Sciences. Spatium,10: 3 – 19.

Beutler, G. 2004. Revolution in Geodesy and Surveying. Article of the Month July 2004. FIG – International Federation of Surveyors: 19 str.

BIPM, 2006. The International System of Units SI. 8th Edition. Paris, Bureau International des Poids et Mesures:88 str.

BIPM, 2011a. Circular T 281. Paris, Bureau International des Poids et Mesures.

<ftp://ftp2.bipm.fr/pub/tai/publication/cirt.281> (1. 7. 2011.)

BIPM, 2011b. Leap Seconds in UTC until 31 December 2011. Paris, Bureau International des Poids et Mesures.

<ftp://ftp2.bipm.fr/pub/tai/publication/leapstab.pdf> (1. 7. 2011.)

Bittner, T., in Smith, B. 2003. A Theory of Granular Partitions. V: Foundations of Geographic Information Science, M. Duckham, M. F. Goodchild in M. F. Worboys, (ur.), London, Taylor & Francis Books, 2003: str. 117 – 151.

Blackberry, 2011.

<http://us.blackberry.com/apps-software> (30. 5. 2011.)

Blasi, R. 2011. Egnos and Precision Applications. *GeoInformatics* 14,4: str. 10 – 12.

Boin, A.T. in Hunter, G.J. 2008. "What Communicates Quality to the Spatial Data Consumer?" V: *Quality Aspects of Spatial Data Mining*, Alfred Stein, Wenzhong Shi in Weitske Bijker (ur.), New York, CRC Press: str. 123 – 132.

Boingo, 2011.

<http://www.boingo.com> (29. 5. 2011.)

BPL, 2009. Ptolemy World Map. World maps Collection [online]. Norman B. Leventhal Map Center. Boston, Boston Public Library.

<http://maps.bpl.org> (28. 6. 2011.)

Brown, L.A. 1979. *The Story of Maps*. Dover Publications, Inc.: 397 str.

Bruns, A. 2008. The future is user-led: the path towards widespread produsage. *FiberCulture Journal* (11).

<http://eprints.qut.edu.au/12902/1/12902.pdf> (28. 4. 2011.)

Burstein, F. in Holsapple, C. W. (ur.) 2008. *Handbook on Decision Support Systems*, Vol. 1 in 2, Springer Berlin Heidelberg: 854 str. in 800 str.

Byrne, P. in Kelly, G. 2007. The ABC of x,y,z – 21 Principles for Consideration by Surveyors and Other Geospatial Professionals. *International Federation of Surveyors*, 2007: 18 str.

www.fig.net/pub/monthly_articles/june.../june_2007_byrne_kelly.pdf (30. 4. 2011.)

Cairncross, F. 2001. *The Death of Distance – How the Communications Revolution Will Change Our Lives*. Boston, Massachusetts, Harvard Business School Press: 320 str.

Camossi, E., Bertolotto, M., Bertino, E., in Guerrini, G. 2003. Issues on modeling spatial granularities. V: *Proc. of the COSIT'03 Workshop on Fundamental Issues in Spatial and Geographic Ontology*, Ittingen.

Capitaine, N., Wallace, P. T. in McCarthy, D. D. 2003. Expressions to implement the IAU 2000 definition of UT1. *Astronomy & Astrophysics* 406: 1135 – 1149.

<http://synte.obspm.fr/astro/documents/papers/UT1paper.pdf> (14. 8. 2011.)

Carr, N. 2010. *The Shallows: What the Internet Is Doing to Our Brains*. New York, W. W. Norton & Company: 276 str.

CEOS, 2011. *The Earth Observation Handbook. 2010 Update – Key Tables*. Committee on Earth Observation Satellites, ESA: 53 str.

<http://www.eohandbook.com> (16. 6. 2011.)

Chen, M., Gonzalez, S., Vasilakos, A., Cao, H., Leung, V. C. M. 2010. Body Area Networks: A Survey. *Iz: Mobile Network Applications* (2011) 16:171 – 193.

[doi:10.1007/s11036-010-0260-8](https://doi.org/10.1007/s11036-010-0260-8)

Cheng, C. in Lu, F. 2004. Building A Multi – Granularity Based Spatial Database. V: *Proc. 12th Int. Conf. on Geoinformatics 2004 – Geospatial Information Research: Bridging the Pacific and Atlantic* University of Gävle, Sweden, 7 – 9 June 2004.

Couclelis, H. 2003. The Certainty of Uncertainty: GIS and the Limits of Geographic Knowledge. *Transactions in GIS*, 7, 2: 165 – 175.

Craglia, M., Goodchild, M.F., Annoni, A., Camera, G., Gould, M., Kuhn, W., Mark, D., Masser, I., Maguire, D., Liang, S. in Parsons, E. 2008. Next-Generation Digital Earth: A position paper from the Vespucci Initiative for the Advancement of Geographic Information Science. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, Vol. 3: str. 146 – 167.

<http://ijsdir.jrc.ec.europa.eu/index.php/ijsdir/article/viewFile/119/99> (28. 4. 2010).

Crampton, J.W. 2008. Keyhole, Google Earth, and 3D Worlds: An Interview with Avi Bar-Zeev. *Cartographica*, 43(2): str. 85 – 93.

Dassonville, L., Vauglin, F., Jakobsson, A., Luzet, C. 2002. Quality Management, Data Quality and Users. Metadata for Geographical Information. Spatial Data Quality, W. Shi, P.F. Fisher in M.F. Goodchild (ur.), London, Taylor & Francis: str. 202 – 215.

Denning, D.E. in MacDoran P.F. 1996. Location-Based Authentication: Grounding Cyberspace for Better Security Computer Fraud & Security, February 1996, Elsevier Science Ltd.

<http://faculty.nps.edu/dedennin/publications/Grounding.txt> (16. 6. 2011.)

Denning, D.E. in Scott, L. 2003. Innovation – Using GPS to Enhance Data Security – Geo-Encryption. *GPS World*, April 2003: 38 – 47.

<http://faculty.nps.edu/dedennin/publications/GPSWorld.pdf> (16. 6. 2011.)

Devillers, R. in Beard, K. 2006. Communication and use of spatial data quality information in GIS. *Fundamentals of Spatial Data Quality*. London, ISTE Publishing: str. 237 – 253.

Devillers, R., Bédard, Y., Jeansoulin, R. in Moulin, B., 2007. Towards spatial data quality information analysis tools for experts assessing the fitness for use of spatial data. *International Journal of Geographical Information Science*, 21: str. 261 – 282.

http://yvanbedard.scg.ulaval.ca/article_nonprotege/375.pdf (14. 8. 2011.)

Devillers, R., Bédard, Y. in Jeansoulin, R. 2005. Multidimensional management of geospatial data quality information for its dynamic use within geographical information systems, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing (PE&RS)*, 71, 2: 205 – 215.

Digital Envoy, 2011.

www.digitalenvoy.net (25. 5. 2011.)

Drecki, I. 2002. Visualisation of Uncertainty in Geographic Data, Spatial Data Quality, W. Shi, P.F. Fisher in M.F. Goodchild (ur.), London, Taylor & Francis: str. 140 – 159.

Eckerson, W. 2002. Data Warehousing Special Report: Data quality and the bottom line, Data Warehousing Institute.

<https://www.tdwi.org/research/display.aspx?ID=6589> (24. 7. 2009)

Economist, 2003. The revenge of geography. *Technology Quarterly* Q1/2003.

Ekahau, 2011.

<http://www.ekahau.com> (26. 5. 2011.)

ESA, 2011.

<http://envisat.esa.int> (16. 6. 2011.)

Facebook Places, 2011.

<http://www.facebook.com/places> (30. 5. 2011.)

FET, 2009. Future and Emerging Technologies Programme.

http://cordis.europa.eu/fp7/ict/programme/fet_en.html (2. 11. 2009)

Fischer, I. K. 1975. The Figure of the Earth: Changes in Concept. In: Surveys in Geophysics, 2(1), Springer Netherlands: 3 – 54.

Fischer, I. K. 2005. Geodesy? What's That? : My Personal Involvement in the Age-Old Quest for the Size and Shape of the Earth. Lincoln, NE, iUniverse, Inc.: 376 str.

Fischetti, T. L. 1982. NASA geodynamics program. V: 1982 International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Munich, West Germany, June 1 – 4, 1982, Digest. 1 (A83-46101), New York, Institute of Electrical and Electronics Engineers: 22 – 43.

Foursquare, 2011.

<http://www.foursquare.com> (30. 5. 2011.)

FP7, 2009. Seventh Framework Programme.

<http://cordis.europa.eu/fp7> (2. 11. 2009)

Frank, A.U. 1998. Building a geospatial data framework – finding the best available data. V: Data Quality in Geographic Information: from error to uncertainty, M.F. Goodchild in R. Jeansoulin (ur.), Paris, Editions Hermès: 192 str.

Frank, A.U., Grum, E. in Vasseur, B. 2004. Procedure to select the best dataset for a task. V: Proc. of the Third International Conference on Geographic Information Science (GIScience 2004), Adelphi, USA: str. 81 – 93.

Fraunhofer, 2011. Wireless LAN Positioning Technology for Cities and Buildings.

<http://www.awiloc.com/> (26. 5. 2011.)

Fwix, 2011.

<http://fwix.com/> (7. 7. 2011.)

GEO, 2009. GEO 2009 – 2011 Work Plan.

http://www.earthobservations.org/documents/work%20plan/geo_wp0911_rev1_090113.pdf
(25. 5. 2011.)

GEO, 2010. GEO 2009 – 2011 Work Plan, Rev. 3. Group on Earth Observations: 64 str.

http://www.earthobservations.org/documents/work%20plan/geo_wp0911_rev3_101208.pdf
(18. 5. 2011.)

Geocaching, 2011.

<http://www.geocaching.com> (30. 5. 2011.)

Geosemble, 2011.

<http://www.geosemble.com> (7. 7. 2011.)

GEOSS, 2005. The Global Earth Observation System of Systems (GEOSS) 10-Year Implementation Plan, Group on Earth Observations. Noordwijk, The Netherlands, ESA Publications Division: 210 str.

<http://www.earthobservations.org/documents/10-Year%20Plan%20Reference%20Document.pdf>
(18. 5. 2011.)

GEOSS, 2009. Strategic Guidance for Current and Potential Contributors to GEOSS.
http://www.earthobservations.org/documents/portal/25_Strategic%20Guidance%20Document.pdf
(Accessed on October 30, 2009)

GeoURL, 2011.
<http://geourl.org> (30. 5. 2011.)

Gervais, M. 2006. On the Importance of External Data Quality in Civil Law. V: Fundamentals of Spatial Data Quality, R. Devillers in R. Jeansoulin (ur.), London, ISTE: str. 283 – 300.

Gervais, M., Bédard, Y., Devillers, R., Larrivée, S., Chrisman, N., Lévesque, J. 2006. Auditing Spatial Data Suitability for Specific Applications: Professional and Technological Issues. 2006 EuroSDR, EuroGeographics & the AGILE Working Group Quality Assurance in Geographic Data Production. Marne-La-Vallée, France, February 14th, 2006.

GNIS, 2011.
<http://nhd.usgs.gov/gnis.html> (29. 5. 2011.)

Goodchild, M. F. 2002. Measurement-based GIS. Spatial Data Quality, London, Taylor & Francis: str. 5 – 17.

Goodchild, M.F. 2006. Foreword. V: Fundamentals of Spatial Data Quality, R.Devillers in R. Jeansoulin (ur.), London, ISTE: str. 13 – 16.

Goodchild, M.F. 2007. "Citizens as voluntary sensors: spatial data infrastructure in the world of Web 2.0". International Journal of Spatial Data Infrastructures Research 2: 24 – 32. (437).
<http://ijmdir.jrc.ec.europa.eu/index.php/ijmdir/article/view/28/22> (25. 8. 2009)

Google Android, 2011.
www.google.com/mobile/android (30. 5. 2011.)

Google Latitude, 2011.
<http://m.google.com/latitude>, <http://www.google.com/latitude> (30. 5. 2011.)

Google Places, 2011.
<http://www.google.com/places> (30. 5. 2011.)

Google, 2010.
http://www.google.com/googleblogs/pdfs/google_submission_dpas_wifi_collection.pdf (26. 5. 2011.)

Gore, A. 1998. The Digital Earth: Understanding Our Planet in the 21st Century. Address at the California Science Center, Los Angeles, CA, January 31, 1998.
http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=6210 (1. 7. 2011.)

Gowalla, 2011.
<http://gowalla.com> (30. 5. 2011.)

Grossner, K. E. 2008. Defining a Digital Earth System. V: Transactions in GIS, Blackwell Publishing Ltd., 12(1): str. 145 – 160.

Groupon, 2011.
<http://groupon.com> (30. 5. 2011.)

Grum, E. in Vasseur, B. 2004. How to select the best dataset for a task? V: Proc. of 3rd International Symposium on Spatial Data Quality (ISSDQ'04), Bruck an der Leitha, Austria: str. 197 – 206.

HAN, 2011. Home Area Networks.

<http://www.bitpipe.com/tlist/Home-Area-Networks.html> (2. 4. 2011.)

Harvey, F. 1998. Quality Needs More Than Standards. V: Data Quality in Geographic Information – From Error to Uncertainty, Goodchild, M.F. in Jeansoulin, R. (ur.), Editions Hermès: 192 str.

Hendricks, M.D., Egenhofer M.J., Hornsby, K. 2002. Structuring a Wayfinder's Dynamic Space-Time Environment. Department of Computer Science, University of Maine.

<http://www.spatial.maine.edu/~max/DynamicST.pdf> (6. 5. 2006)

Henriksson, R.M., in Kauppinen, T. 2007. An Ontology Driven Approach for Spatial Data Quality Evaluation, Proc. of the 5th International Symposium 13 – 15 June 2007, Dissemination and Fitness for Use. Enschede, The Netherlands, ITC.

Hofmann-Wellenhof, B. in Moritz, H. 2006. *Physical Geodesy*. 2nd Edition. Wien, New York, Springer: 403 str.

Hope, S. in Hunter, G.J. 2007a. Testing the effects of Positional Uncertainty on Spatial Decision Making. *International Journal of Geographical Information Science*, 21, 6: str. 645 – 665.

Hope, S. in Hunter, G.J. 2007b. Testing the effects of Thematic Uncertainty on Spatial Decision Making. *Cartography and Geographic Information Science*: str. 199 – 214.

Hunter, G., De Bruin, S., in Bregt, A. 2007. Improving the Usability of Spatial Information Products and Services. The European Information Society: Leading the Way in Geoinformation, Lecture notes in Geoinformation and Cartography. Berlin, Germany, Springer Verlag: str. 405 – 418.

Hunter, G.J., Virrantaus, K., Bregt, A.K., Heuvelink, G.B.M. in De Bruin, S. 2009. Spatial Data Quality: Problems and Prospects. IV: Research Trends in Geographic Information Science (Lecture Notes in Geoinformation and Cartography Series), G. Navratil (ur.), Springer-Verlag: str. 101 – 122.

IAU, 2000. IAU Resolutions Adopted by the 24th General Assembly, Manchester, August 2000.

http://syte.obspm.fr/IAU_resolutions/Resol-UAI.doc (1. 7. 2011.)

Ibrahim, J. 2002. 4G Features. *Bechtel Telecommunications Technical Journal*, 1, 1: 11 – 14.

IERS, 2006. The International Celestial Reference System and Frame – ICRS Center Report for 2001 – 2004, Jean Souchay and Martine Feissel-Vernier (ur.). (IERS Technical Note ; 34). Frankfurt am Main, Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, 2006: 137 str.

http://www.iers.org/nn_11216/IERS/EN/Publications/TechnicalNotes/tn34.html (1. 7. 2011.)

IERS, 2008. IERS Annual Report 2006. Dick, W. R. in Richter, B. (ur.). International Earth Rotation and Reference Systems Service, Central Bureau. Frankfurt am Main, Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, 2008: 187 str.

http://www.iers.org/nn_11218/IERS/EN/Publications/AnnualReports/AnnualReport2006.html (1. 7. 2011.)

IMS Research, 2008. GPS or Wi-Fi Positioning? Both, Says IMS. *GPS World*, Jan 18, 2008.

INSPIRE, 2007. Direktiva 2007/2/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 14. marca 2007 o vzpostavitvi infrastrukture za prostorske informacije v Evropski skupnosti (INSPIRE). Uradni list Evropske unije L 108/1, SL. Bruselj, 25.4.2007.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:sl:PDF>
(24. 5. 2011.)

ISO, 2000. ISO 9004:2000 Quality management systems – Guidelines for performance improvements. International Organization for Standardization.

ISO, 2005a. ISO 9000:2005 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary. International Organization for Standardization.

ISO, 2005b. ISO 19113:2005 Geographic Information – Quality principles. International Organization for Standardization.

ISO, 2005c. ISO 19114:2005 Geographic Information – Quality evaluation procedures. International Organization for Standardization.

ISO, 2005d. ISO 19115:2005 Geographic Information – Metadata. International Organization for Standardization.

ISO, 2007. ISO 19111:2007 Geographic information – Spatial referencing by coordinates. International Organization for Standardization.

ISO, 2009a. ISO 19111-2:2009 Geographic information – Spatial referencing by coordinates – Part 2: Extension for parametric values. International Organization for Standardization.

ISO, 2009b. ISO 19115-2:2009 Geographic Information – Metadata – Part 2: Extensions for imagery and gridded data. International Organization for Standardization.

ISO, 2011. ISO 3166-1 Country Codes.
http://www.iso.org/iso/country_codes/iso_3166_code_lists.htm (29. 5. 2011.)

ISO/TC 211, 2009. Advisory Group on Outreach – Standards Guide. Oslo, Norway, ISO/TC 211 Geographic Information/Geomatics: 98str.

ISO/TC 211, 2011. ISO/TC 211 Programme of work.
<http://www.isotc211.org/pow.htm> (28. 2. 2011.)

ISRO, 2011.
<http://www.isro.org/> (15. 8. 2011.)

ITC, 2008. STDIV Annual Report.
http://www.itc.nl/PDF/Research/annual_reports/stdiv_annrep2008.pdf (2. 11. 2009)

IUGG, 2007. Resolutions Adopted by the Council at the XXIV IUGG General Assembly, Perugia, Italy, July 2 – 13, 2007.
<http://www.iugg.org/resolutions/perugia07.pdf> (1. 7. 2011.)

Jakobsson, A., 2006. On the Future of Topographic Base Information Management in Finland and Europe. Doctoral Dissertation, Espoo, Finland, Department of Surveying, Helsinki University of Technology: 180 str.

Jakobsson, A. 2009. Is there Quality in SDIs? ISO 19100 series and ESDIN approach to quality. GSDI Workshop Rotterdam, 15th June 2009.

<http://www.gsdi.org/gsdiconf/gsdi11/wrkshpslides/w3.7b.pdf> (28. 2. 2011.)

Jarvinen, J., DeSalas, J. in LaMance, J. 2002. Assisted GPS: A Low-Infrastructure Approach. GPS World, March 1, 2002.

<http://www.gpsworld.com/gps/assisted-gps-a-low-infrastructure-approach-734> (17. 8. 2011.)

Keay, J. 2000. The Great Arc, The Dramatic Tale of How India Was Mapped and Everest Was Named. London, HarperCollins Publishers: 226 str.

Knightsbridge, 2006. Top 10 trends in business intelligence for 2006, Data Warehousing Institute.

<http://www.b-eye-network.com/view/2717> (24. 7. 2009)

Kouba, J., Feissel, M. in Neilan R. 2000. The IAG Mission, Role And Organization From The Perspective of IAG Services. IAG Retreat 2000, Pasadena, CA, USA, 14 – 16 February 2000.

Kraak, M.-J. 2006. Geovisualization and Time – New Opportunities for the Space-Time Cube. Geographic Visualization across the Social Sciences, Manchester, UK.

<http://www.itc.nl/personal/kraak/publications/2006-manchester-geovis-handout.pdf> (6. 11. 2009)

Kwan, M.-P. 2000. Interactive Geovisualization of Activity – Travel Patterns using Threedimensional Geographical Information Systems: A Methodological Exploration with a Large Data Set.

Transportation Research C 8: str. 185 – 203.

Lambeck, K. 1988. Geophysical Geodesy: The Slow Deformation of the Earth. Oxford, Oxford University Press: 718 str.

Landes, D. S. 2000. Revolution in Time: Clocks and the Making of the Modern World, Revised and Enlarged Edition, Belknap Press: 502 str.

Lanier, J. 2010. You Are Not a Gadget: A Manifesto. New York, Alfred A. Knopf, Random House: 224 str.

Lelgemann, D. 2008. On the Geographic Methods of Eratosthenes of Kyrene. Integrating the Generations. FIG Working Week 2008. Stockholm, Sweden 14 – 19 June 2008.

Lemmens, M. 2009. Three Decades of Progress. Endpoint. GIM International, 11, 11: 57.

LDCM, 2011.

<http://ldcm.nasa.gov/> (15. 8. 2011.)

Levesque, M.-A., Bédard, Y., Gervais, M., Devillers, R. 2007. Towards Managing the Risks of Data Misuse for Spatial Datacubes, Proc. of the 5th International Symposium 13 – 15 June 2007, Modelling qualities in space and time. Enschede, The Netherlands, ITC.

Li, X. in Kraak, M.-J. 2005. New Views On Multivariable Spatio-Temporal Data: The Space Time Cube Expanded. Proc. of International Symposium on Spatio-temporal Modeling, Spatial Reasoning, Analysis, Data Mining and Data Fusion. ISPRS WG II/1 Cognition and Modeling of Space and Time, Beijing, China.

http://isprs-wgii-1.casm.ac.cn/Proceedings_STM05.html (6. 11. 2009)

Locata, 2005. Technology Primer, v. 1.3. Canberra, Avstralija, Locata Corporation: 34 str.

Lorenz, J., Rauhut, H., Schweitzer, F., Helbing, D. 2011. How social influence can undermine the wisdom of crowd effect. PNAS early edition.

<http://www.pnas.org/content/early/2011/05/10/1008636108.full.pdf+html> (26. 5. 2011.)

Magel, H. in Triglav, J. 2004. Novi izzivi za izobraževanje na področju geodezije in geoinformatike. Geodetski vestnik, 48, 4: 492 – 507.

http://www.geodetski-vestnik.com/48/4/gv48-4_492-507.pdf (5. 2. 2011.)

Manandhar, D. in Torimoto, H. 2011. Indoor Positioning – Opening Up Indoors – Japan's Indoor Messaging System: IMES. GPS World. 22, 5: 38 – 46.

McCurley, K. S. 2001. Geospatial Mapping and Navigation of the Web, IBM Almaden Research Center, San Jose, California, USA. Tenth International World Wide Web Conference, WWW10, May 1 – 5, 2001, Hong Kong.

<http://www10.org/cdrom/papers/278/> (16. 6. 2011.)

McLaren, R. 2009. The Role of Urban Sensing in Managing Megacities. Proc. of the FIG Commission 3 Workshop: Spatial Information for Sustainable Management of Urban Areas, Mainz, Germany, February 2009.

http://www.fig.net/commission3/mainz_2009/programme2.html (25. 8. 2009).

Mell, P. in Grance, T. 2009. The NIST Definition of Cloud Computing, Version 15. National Institute of Standards and Technology, Information Technology Laboratory, USA.

<http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/cloud-def-v15.doc> (6. 11. 2009).

MetaCarta, 2011.

<http://www.metacarta.com> (29. 5. 2011.)

Miller, H. J. 2005. A measurement theory for time geography. Geographical Analysis, 37: 17 – 45.

http://www.geog.utah.edu/~hmler/papers/measurement_theory_reprint.pdf (18. 8. 2011.)

Moreira, J., Ribeiro, C. in Saglio, J.-M. 1999. Representation and Manipulation of Moving Points: An Extended Data Model for Location Estimation. Cartography and Geographic Information Systems 28, 109 – 23.

Moritz, H. in Hofmann-Wellenhof, B. 1993. Geometry, relativity, geodesy. Karlsruhe, Wichmann.

NASA, 2009. EOSDIS Glossary.

<https://wist.echo.nasa.gov/v0ims/glossary.of.terms.html> (22. 7. 2009).

NFA, 2007. Nomenclature for Fundamental Astronomy. IAU 2006 NFA Glossary. IAU Division 1 Working Group.

http://syte.obspm.fr/iauWGnfa/NFA_Glossary.html (1. 7. 2011.)

NGA, 2002. Addendum to NIMA TR 8350.2: Implementation of the World Geodetic System 1984 (WGS 84) Reference Frame G1150. National Geospatial-Intelligence Agency, ZDA.

<http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/Addendum%20NIMA%20TR8350.2.pdf> (14. 8. 2011.)

NIMA, 2004. Department of Defence World Geodetic System 1984 – Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems [online]. National Imagery And Mapping Agency Technical Report 8350.2, Third Edition. Washington DC, ZDA.

<http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/wgs84fin.pdf> (28. 6. 2011.)

NPL, 2011.

<http://www.npl.co.uk/science-technology/time-frequency/time/research/gaardian-validating-navigation-signals> (10. 4. 2011.)

NRC, 1997. US National Research Council, Satellite Gravity and the Geosphere, Washington DC, National Academy Press: 126 str.

NRC, 2010. Precise Geodetic Infrastructure: National Requirements for a Shared Resource. Committee on the National Requirements for Precision Geodetic Infrastructure; Committee on Seismology and Geodynamics; National Research Council. Washington DC, National Academy Press: 156 str.

O'Reilly, T. 2005. What is Web 2.0: Design patterns and business models for the next generation of software. O'Reilly, 30 Sep. 2005.

<http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html> (1. 9. 2009).

OGC, 2009. The Open Geospatial Consortium Data Quality Working Group.

<http://www.opengeospatial.org/projects/groups/dqwg> (25. 7. 2009)

OGC, 2011.

<http://www.opengeospatial.org> (29. 5. 2011.)

OS, 2009. Ordnance Survey and the control of data quality.

<http://www.ordnancesurvey.co.uk/oswebsite/products/osmastermap/information/technical/docs/d04886.pdf> (25. 7. 2009)

OSC, 2011.

<http://www.space.commerce.gov/remotesensing/> (15. 8. 2011.)

Panoramio, 2011.

<http://www.panoramio.com> (30. 5. 2011.)

Pfoser, D. in Jensen, C. S. 1999. Capturing the Uncertainty of Moving-Object Representations. V: Güting, H., Papadias, D., Lochovsky, F. (ur.), Advances in Spatial Databases : 6th International Symposium, SSD '99, Hong Kong, China, July 20 – 23, 1999 : Proceedings. Lecture Notes in Computer Science., 1651 edn, IEEE Computer Society Press: str. 111 – 132.

Pick, J. (ur.) 2005. Geographic Information Systems in Business. Hershey, PA, Idea Group Publishing: 384 str.

Plag, H.-P. in Pearlman M. (ur.) 2009. Global Geodetic Observing System. Meeting the Requirements of a Global Society on a Changing Planet in 2020. Berlin Heidelberg Springer-Verlag, 2009: 332 str.

Plag, H.-P. 2006. National geodetic infrastructure: current status and future requirements – the example of Norway. Bulletin 112, Nevada Bureau of Mines and Geology, University of Reno, Nevada: 97 str.

Plag, H.-P., Altamimi, Z., Bettadpur, S., Beutler, G., Beyerle, G., Cazenave, A., Crossley, D., Donnellan, A., Forsberg, R., Gross, R., Hiderer, J., Komjathy, A., Ma, C., Mannucci, A.J., Noll, C., Nothnagel, A., Pavlis, E.C., Pearlman, M., Poli, P., Schreiber, U., Senior, K., Woodworth P.L., Zerbini, S., Zuffada, C. 2009. The goals, achievements and tools of modern geodesy. V: Plag, H.-P., Pearlman, M. (ur.). Global Geodetic Observing System: Meeting the requirements of a global society on a changing planet in 2020. Berlin, Springer: str. 15 – 88.

Qubulus, 2011.

<http://www.qubulus.com> (26. 5. 2011.)

Quova, 2011.

www.quova.com (25. 5. 2011.)

Radwan, M. M., Onchaga, R. in Morales, J. 2001. A Structural Approach to the Management and Optimization of Geoinformation Processes. Official Publication No 41, European Organization for Experimental Photogrammetric Research. Frankfurt am Main, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie: 174 str.

RAE, 2011. Global Navigation Space Systems: reliance and vulnerabilities. London, UK The Royal Academy of Engineering, 2011: 48 str.

www.raeng.org.uk/gnss (18. 4. 2011.)

Reed, C. 2011. Navigating the indoor/outdoor location standards maze. *Geoinformatics* 14, 4: 18 – 20.

Resolucija VII, 2009. Resolution VII: Global geographic information management. Eighteenth United Nations Regional Cartographic Conference for Asia and the Pacific, Bangkok, 26 – 29 October 2009.

http://ggim.un.org/docs/meetings/May2010/background_papers/Resolution%20VII-18thUNRCC-AP.pdf (28. 2. 2011.)

Robson, E. 2004. Scholarly Conceptions and Quantifications of Time in Assyria and Babylonia, c.750 – 250 BCE. V: Rosen, R. M. Time and Temporality in the Ancient World. Philadelphia, University of Pennsylvania Museum Publication: str. 45 – 91.

Rothacher, M., Beutler, G., Bosch, W., Donnellan, A., Gross, R., Hinderer, J., Ma, C., Pearlman, M., Plag, H.-P., Ries, J., Schuh, H., Seitz, F., Shum, C. K., Smith, D., Thomas, M., Velacogna, E., Wahr, J., Willis, P., Woodworth P.L. 2009. The future global geodetic observing system. V: Plag, H.-P., Pearlman, M. (ur.). Global Geodetic Observing System: Meeting the requirements of a global society on a changing planet in 2020. Berlin, Springer: str. 237 – 272.

Rummel, R., Drewes, H. in Beutler, G. 2002. Integrated Global Geodetic Observing System (IGGOS): A candidate IAG project. International Association of Geodesy Symposia, 125: str. 609 – 614.

Sahagian, D., Alsdorf, D., Kreemer, C., Melack, J., Pearlman, M., Plag, H.-P., Poli, P., Reid, S., Rodell, M., Thomas, R., Woodworth, P.L. 2009. Earth observation: Serving the needs of an increasingly global society. V: Plag, H.-P., Pearlman, M. (ur.). Global Geodetic Observing System: Meeting the requirements of a global society on a changing planet in 2020. Berlin, Springer: str. 153 – 196.

Sense Networks, 2011.

<http://www.sensenetworks.com/> (20. 8. 2011.)

SIGIR, 2004. Geographical Information Retrieval. Sheffield, VB, July 25th – 29th, 2004.

<http://www.geo.unizh.ch/~rsp/gir/program.html> (16. 6. 2011.)

SimpleGeo, 2011.

<https://simplegeo.com/products/places/> (7. 7. 2011.)

Sistla, P., Wolfson, O., Chamberlain, S. in Dao, S. 1998. Querying the Uncertain Position of Moving Objects. New York, Temporal Database: Research and Practice: str. 310-337.

Smith, B., in Brogaard, B. 2002. Quantum Mereotopology. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 35/1 – 2 (2002): str. 153 – 175.

Soffel, M., Klioner, S. A., Petit, G., Wolf, P., Kopeikin, S. M., Bretagnon, P., Brumberg, V. A., Capitaine, N., Damour, T., Fukushima, T., Guinot, B., Huang, T. Y., Lindegren, L., Ma, C., Nordtvedt, K., Ries, J. C., Seidelmann, P. K., Vokrouhlicky, D., Will, C. M., in Xu, C. 2003. The IAU 2000 Resolutions for Astrometry, Celestial Mechanics, and Metrology in the Relativistic Framework: Explanatory Supplement. *The Astronomical Journal*, 126: 2687 – 2706.

Spohrer, J. C. 1999. Information in places. *IBM Systems Journal*, 38, 4: 602 – 628.
<http://graphics.cs.columbia.edu/people/sinem/papers/candidacy/spohrer.pdf> (16. 6. 2011.)

Spotigo, 2010.
www.spotigo.com (29. 5. 2011.)

Staiger, R. 2009. Push the Button – or Does the »Art of Measurement« Still Exist? *International Federation of Surveyors*, 2009: 17 str.
www.fig.net/pub/monthly_articles/june_2009/june_2009_staiger.pdf (30. 4. 2011.)

Stein, A., in Van Oort, P. 2006. The Impact of Positional Computation of Cost Functions. *Fundamentals of Spatial Data Quality*. London, ISTE Publishing: str. 107 – 122.

Stopar, B. 2011. Koordinatni sistemi in transformacije koordinatnih sistemov v geodeziji. Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
http://www.gis.si/isg/gradivo_perm_izo_transformacije_prost_pod1.pdf (12. 8. 2011.)

Šumrada, R. 2009. Slovenski, evropski in mednarodni standardi za prostorske podatke. *Geodetski vestnik* 52,2: 319 – 329.
http://www.geodetski-vestnik.com/53/2/gv53-2_319-329.pdf (12. 12. 2009)

TGN, 2011.
http://www.getty.edu/research/conducting_research/vocabularies/tgn/ (29. 5. 2011.)

Thrower, N. J. W. 2008. *Maps and Civilization: Cartography in Culture and Society*. University Of Chicago Press: 362 str.

Torge, W. 1996. The International Association of Geodesy (IAG) – More than 130 years of International cooperation. *Journal of Geodesy*, 70: str. 840 – 845.

Torge, W. 2001. *Geodesy*. Berlin, New York, Walter de Gruyter: 416 str.

Triglav, J. 1996. *Geomatika – mozaik merskih metod*. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: str. 73 – 109 .

Triglav, J. 1999a. Evropski korak v globalno navigacijo. *Življenje in tehnika* 50, 5: 54 – 60.

Triglav, J. 1999b. NASA Schedules Radar Topography Mission. *GeoInformatics* 2, 8: 20 – 23.

Triglav, J. 2000. SRTM Mission Completed – Changing the Perception of Our Blue Planet for Good. *GeoInformatics* 3, 4: 6 – 11.

Triglav, J. 2002a. Galileo – navigacija po evropsko. *Življenje in tehnika* 53, 6: 21 – 30.

Triglav, J. 2002b. Dvojčka Grace merita Zemljo. *Življenje in tehnika* 53, 5: 21 – 27.

- Triglav, J. 2004a. Prvi gravitacijski model dvojčkov GRACE. *Življenje in tehnika* 55, 2: 44 – 47.
- Triglav, J. 2004b. Letalsko lasersko skeniranje. *Življenje in tehnika* 55, 10: 20 – 32.
- Triglav, J. 2006. International Symposium on Radar Altimetry in Italy. *GeoInformatics* 9, 4: 50 – 53.
- Triglav, J. 2008. Združeni geoprostor. *Življenje in tehnika* 59, 9: 38 – 47.
- Triglav, J. 2009. Geolocation and Time: An Evolution of the Millennial Pair. *GeoInformatics*, 12, 7: 44 – 49 in 12, 8: 36 – 41.
<http://fluidbook.microdesign.nl/geoinformatics/07-2009/#44> (16. 6. 2011) in
<http://www.geoinformatics.com/blog/in-the-spotlight/geolocation-and-time> (16. 6. 2011.)
- Triglav, J., Petrovič, D. in Stopar, B. 2011. Spatio-temporal evaluation matrices for geospatial data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(2011): 100 – 109.
[Doi:10.1016/j.jag.2010.07.002](https://doi.org/10.1016/j.jag.2010.07.002) (10. 8. 2011.)
- Triglav, J. 2011a. Ranljivost 'pajčevine' satelitskega sistema GNSS, 1. in 2. del. *Življenje in tehnika* 62, 4: 24 – 33 in 62, 5: 28 – 37
- Triglav, J. 2011b. High Definition Surveying and Laser Scanning. *GeoInformatics* 14, 3: 28 – 34.
- Turner, A. 2007. Neogeography – towards a definition. High Earth Orbit website, 6th December 2007. <http://highearthorbit.com/neogeography-towards-a-definition> (20. 9. 2009)
- Ulwick, A. W. 2002. Turn customer input into innovation. *Harvard Business Review* (January): str. 92 – 97.
- UNEGN, 2011.
<http://unstats.un.org/UNSD/geoinfo/ungegn.htm> (29. 5. 2011.)
- UpMyStreet, 2011.
<http://www.upmystreet.com> (30. 5. 2011.)
- Vaniček, P. in Krakiwsky, E.J. 1986. *Geodesy: The Concepts*. Amsterdam, Elsevier Science B.V.: 697 str.
- VisMaster, 2009. *Visual Analytics – Mastering the Information Age*.
<http://www.vismaster.eu/home> (2. 11. 2009).
- Walford, N. 2002. *Geographical data, Characteristics and Sources*, England, John Wiley & Sons: 274 str.
- Weiss, S.M., Indurkha, N., Zhang, T. in Damerau, F.J. 2004. *Text Mining: Predictive Methods for Analyzing Unstructured Information*. New York, Springer-Verlag.
- Whrrl, 2011.
<http://whrrl.com> (30. 5. 2011.)
- Wi-FiHotSpotList, 2011.
<http://www.wi-fihotspotlist.com> (29. 5. 2011.)
- Wilford, J. N. 2001. *The Mapmakers – Revised Edition*. New York, Vintage: 528 str.

Windows Phone 7, 2011.

www.microsoft.com/windowsphone (30. 5. 2011.)

WNVP, 2002. Wireless Visualization Project.

<http://www.ittc.ku.edu/wlan> (29. 5. 2011.)

Wolfram, S. 2009. Integrated Geodesy & GIS. Wolfram Mathematica 7. Champaign, IL, Wolfram Research, Inc.

<http://www.wolfram.com/products/mathematica/newin7/content/IntegratedGeodesyAndGIS>

(1. 7. 2011.)

World Gazetteer, 2011.

<http://www.world-gazetteer.com> (29. 5. 2011.)

WSJ, 2011. What They Know – The Really Smart Phone. The Wall Street Journal, April 23, 2011.

<http://online.wsj.com/article/> (20. 8. 2011.)

Yanagisawa, Y., Akahani, J. in Satoh, T. 2003. Shape-based Similarity Query for Trajectory of Mobile Objects. Berlin, Mobile Data Management: 63 – 77.

Yu, A.W., Krainak, M. A., Harding, D. J., Abshire, J. B. in Sun, X. 2010. A spaceborne lidar for high-resolution topographic mapping of the Earth's surface. SPIE Digital Library, DOI: 10.1117/2.1201002.002655.

http://spie.org/documents/Newsroom/Imported/002655/002655_10.pdf (22. 8. 2011.)