

Review
Received: 28-11-2009
Accepted: 17-12-2009

State Base Map for GIS – New Digital Topographic Map of the Republic of Macedonia

Zlatko Srbinoski

Faculty of Civil Engineering, Chair for Higher Geodesy, Skopje, Macedonia

srbinoski@gf.ukim.edu.mk

18

Abstract: *The basic aim of the National Spatial Data Infrastructure (NSDI) built in accordance with INSPIRE directive is to standardize spatial data infrastructure on national level. In that direction, topographic maps are a basic platform for acquiring spatial data within geoinformation systems and one of the most important segments of NSDI. This paper presents methodology of establishing the new digital topographic map of the Republic of Macedonia titled “State Base Map for GIS in Macedonia”. This paper analyzes geometrical accuracy of new digital topographic maps. Production of the new digital topographic map has been the most important cartographic project in the Republic of Macedonia since it became independent.*

Key words: *NSDI, National Spatial Data Infrastructure, INSPIRE, sustainable development, digital topographic map, topographic data model, geometrical accuracy.*

A large number of institutions acquiring and processing spatial data, as well as a wide range of users with different needs contribute to diversity of standards in spatial data management. The result of this heterogeneity are parallel systems for organizing and distributing spatial data which usually function at local level, such as municipalities, ministries, etc.

The solution to the problem is in the integration of spatial data in a unique standardized infrastructure at national level, i.e. the *National Spatial Data Infrastructure – NSDI*. The aim of NSDI is generation of simple and fast access to spatial data, greater transparency and collaboration between authorized state institutions, increase in awareness of meaning of spatial data, as well as their continuous and universal use for scientific, practical and commercial purposes (Todorovski 2009).

The most significant step in the direction of NSDI standardization at European level was the initiative for the *European Infrastructure of Spatial Data*, known as INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community). This aim accepted a number of legal acts, the most popular and most important being the INSPIRE Directive (No. 2007/2/EC from March 14, 2007) by the European Parliament and the European Council which represents the legal frame for implementing spatial data infrastructure in the European Union. Thus the development and implementation of NSDI in agreement with INSPIRE became a trend and primary goal of all European institutions responsible for acquiring, organizing, archiving and updating spatial information.

1. Introduction

Rapid development of geodetic measuring technology contributes to the rapid increase in quantity of spatial data, which are acquired by state institutions and private companies. Modern communication technologies make possible to transfer data and analyze them in real time, which results in a continuous flow of information to end users.

Pregledni rad
Primljeno: 28-11-2009.
Prihvaćeno: 17-12-2009.

Osnovna državna karta za GIS – nova digitalna topografska karta Republike Makedonije

Zlatko Srbinoski

Katedra za višu geodeziju, Građevinski fakultet, Skoplje

srbinoski@gf.ukim.edu.mk

19

Sažetak: Osnovni je cilj Nacionalne infrastrukture prostornih podataka (NIPP), koncipirane u suglasnosti s direktivom INSPIRE, standardizacija infrastrukture prostornih podataka na nacionalnoj razini. U tom pogledu, topografske karte su osnova za prikupljanje prostornih podataka u okviru geoinformacijskih sustava i jedan od osnovnih segmenata NIPP-a. U radu je prikazana metodologija izrade nove digitalne topografske karte Republike Makedonije, nazvane "Osnovna državna karta za GIS u Makedoniji". Prikazani su također i rezultati analize geometrijske točnosti novih digitalnih topografskih karata. Izrada nove digitalne topografske karte nesumnjivo je najveći kartografski projekt u Republici Makedoniji od njezina osamostaljenja.

Ključne riječi: NIPP, Nacionalna infrastruktura prostornih podataka, INSPIRE, održivi razvoj, digitalna topografska karta, topografski model podataka, geometrijska točnost

podataka i njihovu obradu u realnom vremenu, što rezultira neprekidnim tokom informacija do krajnjih korisnika.

Velik broj institucija koje se bave prikupljanjem i obradom prostornih podataka, kao i široki dijapazon korisnika s različitim potrebama, pridonose heterogenosti standarda u upravljanju prostornim podacima. Ta heterogenost rezultira uspostavljanjem paralelnih sustava za organizaciju i distribuciju prostornih podataka, koji najčešće funkcioniraju na lokalnoj razini (općina, ministarstvo i sl.).

Rješenje problema traži se u integriranju prostornih podataka u jedinstvenu standardiziranu infrastrukturu prostornih podataka na nacionalnoj razini – prepoznatljivu pod imenom Nacionalna infrastruktura prostornih podataka – NIPP (National Spatial Data Infrastructure – NSDI). Cilj NIPP-a je generiranje jednostavnog i brzog pristupa prostornim podacima, veća transparentnost i suradnja nadležnih državnih institucija, podizanje svijesti o važnosti prostornih podataka, kao i njihovo višekratno i višenamjensko korištenje za znanstvene, praktične i komercijalne svrhe (Todorovski 2009).

Osobito značajan korak ka standardizaciji NIPP-a na europskoj razini je inicijativa za izgradnju Europske infrastrukture prostornih podataka – INSPIRE (INfrastructure for SPatial Information in the European Community). Tim ciljem prihvaćeno je više dokumenata među kojima je najvažnija direktiva INSPIRE (br. 2007/2/EC od 14. 3. 2007.) Europskoga parlamenta i Savjeta Europe. Ta direktiva je normativno-pravni okvir za uspostavljanje infrastrukture prostornih podataka u okviru Europske

1. Uvod

Brzi razvoj geodetske mjerne tehnologije pridonosi rapidnom porastu količine prostornih podataka koji su predmet prikupljanja državnih institucija i privatnih tvrtki. Moderne komunikacijske tehnologije omogućavaju prijenos

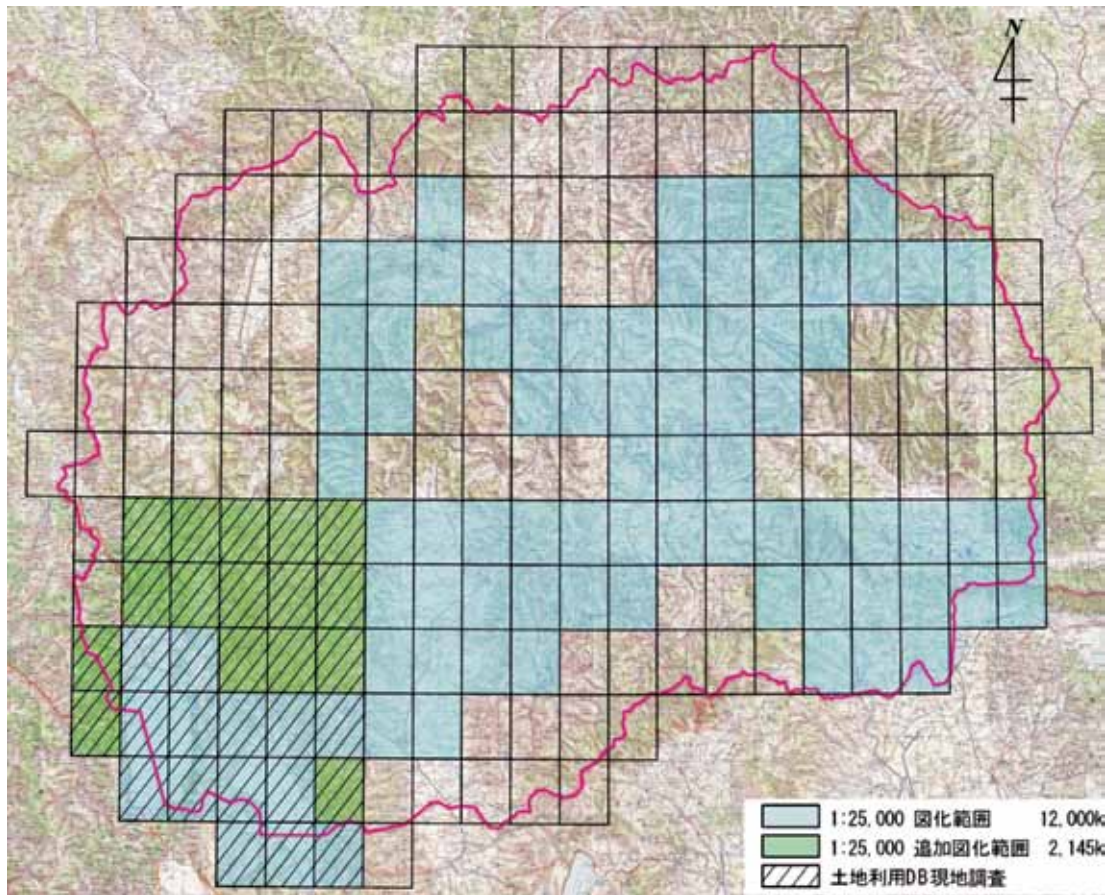


Fig. 1. Sheets of the new topographic map to be produced during the first phase
Slika 1. Listovi nove digitalne topografske karte predviđeni za izradu u prvoj fazi projekta

The intention of NSDI is to establish a spatial base for realizing the concept of sustainable development, which is contemporary and a globally accepted philosophy and the concept of economic development for countries' cultural progress.

The INSPIRE Directive provides use of GIS as tools for managing spatial information in the NSDI frame, where data visualization is provided by *geoportals* – computer applications for interactive access to spatial data.

Even though communications and informatics technologies are an important part of NSDI, spatial data have the fundamental role.

It is known that mostly used methods for spatial data acquisition within GIS are informatics methods – scanning and digitization. However, we must be careful because those methods are useful only if we have credible and accurate cartographic representations, which are transformed using these methods into digital form and which become a foundation of spatial databases within GIS. Depending on the accuracy level, topographic maps are usually used for these purposes. Therefore, topographic maps are a basic platform for acquiring spatial data within GIS and a basic segment of NSDI.

In the Republic of Macedonia, topographic maps made by the Military-Geographic Institute from Belgrade were in official use for a long time. Those maps are from the 1970s and their usefulness has decreased because of no updates. This is especially true for the infrastructure and settlement representations.

In order to obtain cartographic representations of high quality and accuracy, 2004 marked an initiative in the Republic of Macedonia to produce new topographic maps at the scale of 1:25 000. State Authority for Geodetic Works (SAGW, presently Real Estate Cadastre Agency of the Republic of Macedonia) and Japan International Cooperation Agency – JICA were responsible for the initiative. The result of this cooperation is the new *State Base Map for GIS in Macedonia*. It is a digital topographic map representing the territory of the Republic of Macedonia at the scale of 1:25 000 and is the most important product of Macedonian national cartography (Dukadinovska 2009).

The paper continues with the methodology for creating new digital topographic map and first research works related to their accuracy.

unije. Od toga trenutka, razvijanje i implementacija NIPP-a u suglasnosti s INSPIRE-om postaje trend i primarni cilj svih europskih institucija zaduženih za prikupljanje, organizaciju, arhiviranje i ažuriranje prostornih informacija.

Intencija NIPP-a je uspostavljanje prostorne baze podataka za realizaciju koncepcije održivog razvoja koji je suvremeno i globalno prihvaćena filozofija i koncept ekonomskog razvoja i kulturnog napretka država.

INSPIRE direktiva predviđa upotrebu geoinformacijskih sustava (GIS) kao alata za upravljanje prostornim podacima u sustavu NIPP-a, dok je za vizualizaciju podataka predviđena upotreba geoportala – računalnih aplikacija koje korisnicima omogućavaju interaktivni pristup prostornim podacima.

Neosporna je činjenica da su informatičke i komunikacijske tehnologije veoma važan dio NIPP-a, međutim ni u jednom se trenutku ne smije zaboraviti da su prostorni podaci fundamentalni dio NIPP-a.

Poznato je da su informatičke metode (skeniranje i digitalizacija) najčešće upotrebljavane metode za prikupljanje prostornih podataka u okviru geoinformacijskih sustava. Ipak, potrebno je naglasiti da su te metode primjenjive samo u slučajevima kada raspoložemo vjerodostojnim i ažurnim kartografskim prikazima. Ti se prikazi informatičkim metodama pretvaraju u digitalni oblik i služe kao osnova za formiranje baze prostornih podataka u okviru GIS-a. Za te se potrebe uobičajeno rabe topografske karte pri čemu se, ovisno o razini točnosti, koristi karta iz postojećeg niza mjerila. S obzirom na navedeno, topografske karte su osnovna platforma za prikupljanje prostornih podataka u okviru geoinformacijskih sustava i jedan od osnovnih segmenata NIPP-a.

U Republici Makedoniji su dugi niz godina u službenoj uporabi bile topografske karte izrađene u Vojnogeoografskom institutu u Beogradu. Te karte datiraju iz sredine sedamdesetih godina 20. stoljeća i zbog neažurnosti, njihova je uporabna vrijednost drastično smanjena. To se osobito odnosi na prikaze infrastrukture i naseljenih mjesta.

Radi dobivanja kvalitetnih i ažurnih kartografskih prikaza, u 2004. godini u Republici Makedoniji je započeta inicijativa za izradu novih topografskih karata u mjerilu 1:25 000. Nositelji inicijative bili su Državni zavod za geodetske radove (DZGR, sadašnja Agencija za katastar nekretnina) i Japanska agencija za međunarodnu suradnju (Japan International Cooperation Agency – JICA). Produkt te suradnje je nova, takozvana Osnovna državna karta za GIS u Makedoniji. Riječ je o digitalnoj topografskoj karti u mjerilu 1:25 000, koja je najvažniji proizvod makedonske nacionalne kartografije (Dukadinovska 2009).

U nastavku rada prikazana je metodologija izrade nove digitalne topografske karte, kao i rezultati prvih istraživanja vezanih uz ispitivanje njezine geometrijske točnosti.

2. Osnova za izradu digitalne topografske karte

Definiranje projektne zadaće i osnovnih elemenata buduće digitalne topografske karte izvedeno je u Studiji za izradu osnovne državne karte u Republici Makedoniji, koju je izradio stručni tim JICA. Osnovni su ciljevi studije bili (JICA 2004):

- Izrada nove državne topografske karte
- Transfer tehnologije u partnerskoj instituciji (DZGR)
- Diseminacija geografskih informacija.

U Studiji su predviđeni rokovi za sve radnje koje bi trebale rezultirati izradom nove digitalne topografske karte.

Iako po svome sadržaju Studija ne zadovoljava kriterije Glavnoga projekta (osobito kada je riječ o kapitalnom djelu državne kartografije), ipak, u nedostatku Glavnog projekta karte, ova Studija daje osnovne upute za izradu digitalne topografske karte.

U okviru Studije najprije je definiran opseg teritorija koji će biti prikazan na topografskim kartama. Naglašeno je da će u prvoj fazi biti izrađeno 105 od ukupno 205 listova koji pokrivaju cijeli teritorij Republike Makedonije. Na slici 1 prikazani su listovi digitalne topografske karte predviđeni za izradu u prvoj fazi projekta.

2.1. Matematički elementi karte

Jedan od najvažnijih dijelova sadržaja projekta topografske karte su matematički elementi karte. U tom dijelu definiraju se sljedeći osnovni matematički elementi:

- izbor mjerila karte
- izbor kartografske projekcije
- definiranje koordinatnog sustava
- podjela na listove i formati listova.

U Studiji za izradu digitalne topografske karte uopće nisu razmatrani matematički elementi karte. Postoji samo preporuka da se preuzmu matematički elementi sa starih (postojećih) topografskih karata. To znači da će nova topografska karta imati sljedeće matematičke karakteristike:

- Mjerilo: 1:25 000
- Kartografska projekcija: Gauss-Krügerova projekcija
- Koordinatni sustav: Y-os – projekcija ekvatora, X-os – projekcija meridijana $\lambda = 21^\circ$
- Elipsoid: Bessel 1841
- Horizontalni datum: Hermannskogel
- Vertikalni datum: Ortometrijske visine u odnosu na mareograf u Trstu
- Format listova: 7'30" × 7'30"
- Nomenklatura: Preuzeta s postojećih karata.



22

Fig. 2. GPS surveys of orientation points
Slika 2. Izmjera orijentacijskih točaka GPS-om

2. The Base for Producing the Digital Topographic Map

Definition of project task and basic elements of the future digital topographic map is shown in the *Study for Implementation of Basic State Map in Republic of Macedonia* made by expert team (JICA 2004). Basic aims of the study were:

- Produce a new state topographic map
- Technology transfer at partner agency SAGW
- Dissemination of geographic information

This study plans a time frame of all activities which are going to result in production of the new digital topographic map.

Even though the study's content does not satisfy the criteria for Main Project (especially considering it is a major act of state cartography), this study was a basic guide for production of the digital topographic map.

Within the study, the area for which topographic maps are going to be produced was defined first. The study anticipates the production of 105 out of 205 sheets of the territory of the Republic of Macedonia during the first project phase. Fig. 1 represents sheets of the digital topographic map to be produced during the first project phase.

2.1. Mathematical elements of the map

The basic parts of the topographic map project are mathematical elements of the map. Following basic mathematical elements are thus defined:

- Map scale selection
- Map projection selection
- Coordinate system definition
- Sheet and map format classification.

The digital topographic map study did not consider the mathematical elements. There was only a suggestion to use mathematical elements of old (existing) topographic maps. This means the new topographic map is going to have following mathematical characteristics:

- Scale: 1:25 000
- Map projection: Gauss-Krueger projection
- Coordinate system: Y-axis – projection of the equator
X-axis – projection of the meridian
 $\lambda = 21^\circ$
- Ellipsoid: Bessel 1841
- Horizontal datum: Hermannskogel
- Vertical datum: Orthometric heights with base tide gauge in Trieste
- Sheet dimensions: 7'30" × 7'30"
- Nomenclature: Used from old maps.

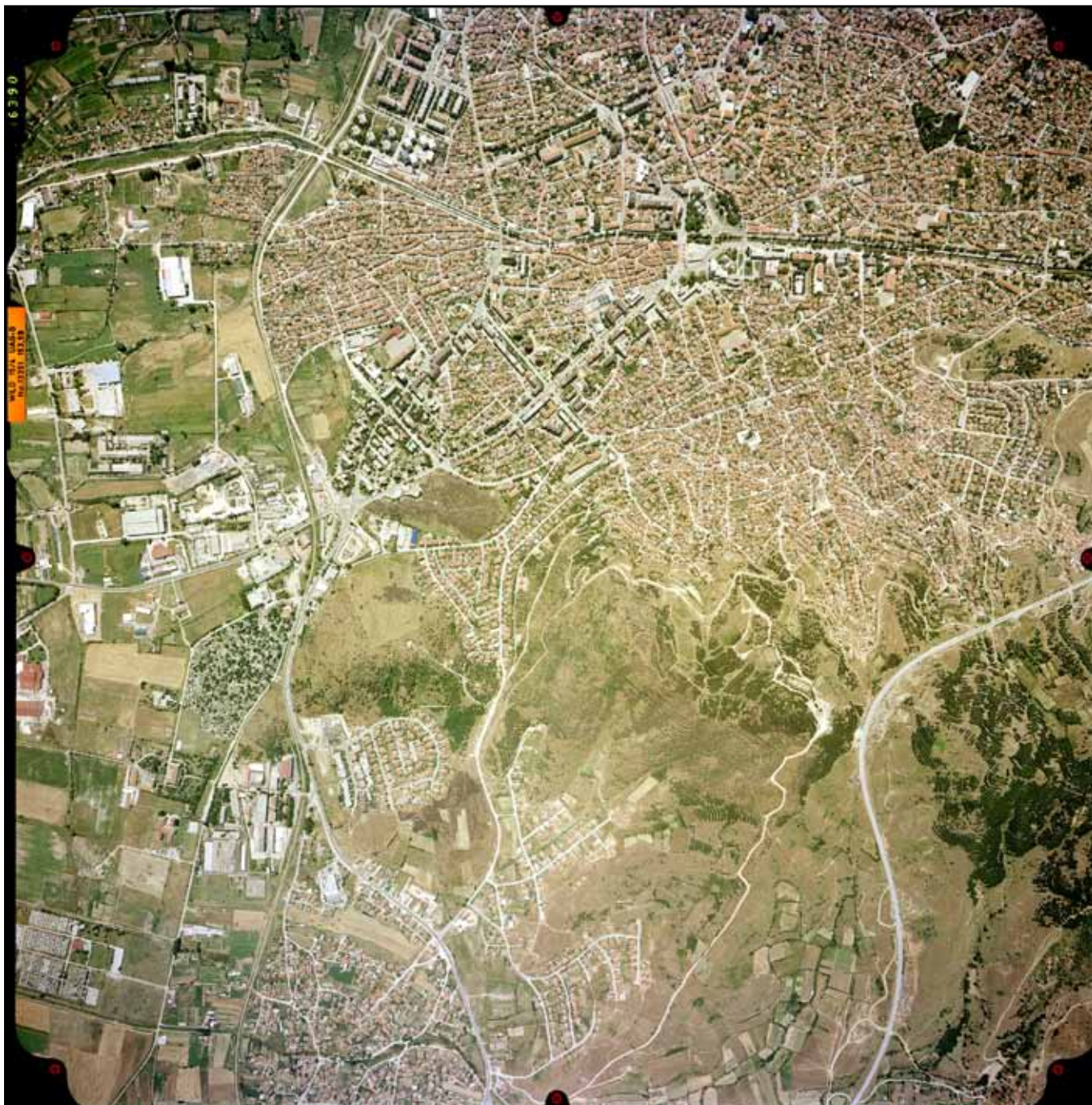


Fig. 3. Aerial photograph of Bitola
Slika 3. Aerofotogrametrijska snimka Bitolja

Nedosljednost pri razradi matematičkih elemenata karte rezultirala je još jednim veoma važnim nedostatkom nove karte. Naime, suvremene se topografske karte uobičajeno izrađuju u projekciji UTM (Universal Transverse Mercator), upotrebom parametara svjetskoga geodetskog sustava WGS 84 (World Geodetic System 1984). Na taj se način osigurava kompatibilnost kartografskih proizvoda u zemljama koje imaju različite geodetsko-kartografske sustave. Suglasno tomu, pri izradi novih topografskih karata potrebno je predvidjeti izradu serije karata koje će zadovoljiti aktualne geodetsko-kartografske standarde.

2.2. Terenske aktivnosti

Prva u nizu terenskih aktivnosti bila je uspostavljanje osnove za izvođenje aerofotogrametrijskog snimanja. U tu svrhu teritorij Republike Makedonije bio je prekriven s 59 orijentacijskih točaka, na kojima je izvedena izmjera GPS-om. Takva je izmjera nužna aktivnost, kojoj je svrha orijentacija aerofotogrametrijskih snimaka.

Paralelno s definiranjem orijentacijskih točaka izrađen je plan aerofotogrametrijskog snimanja. Snimanje je izveo Geodetski zavod Slovenije tijekom lipnja 2004.

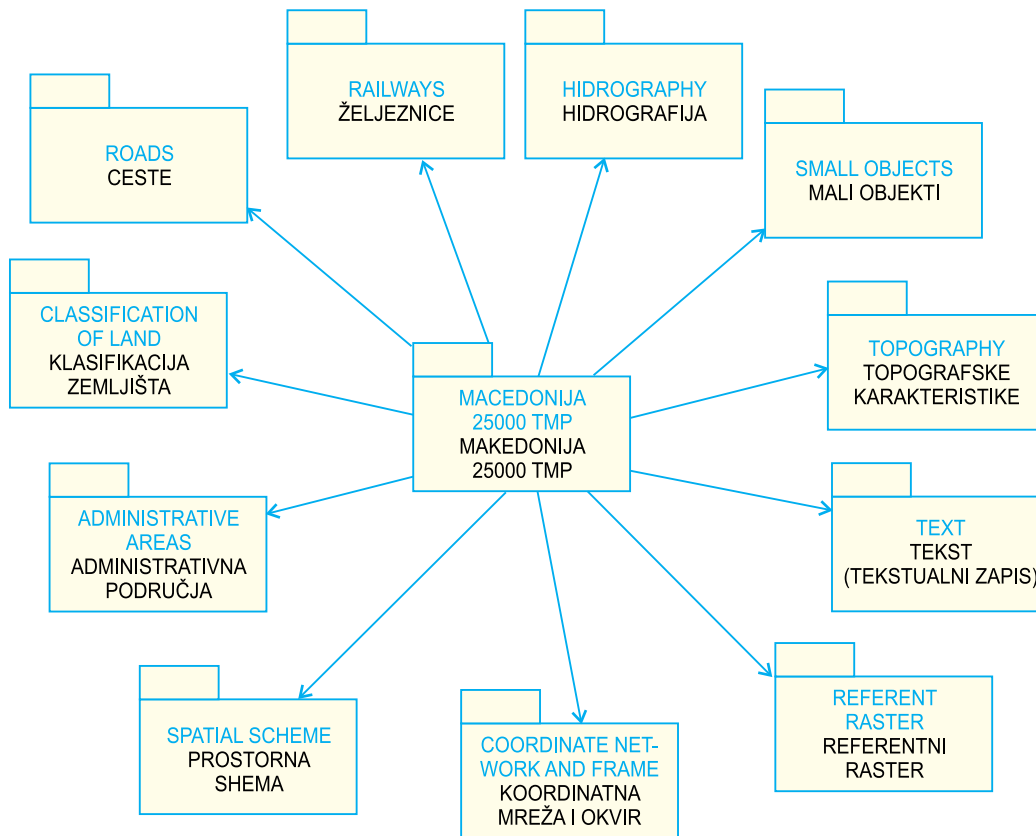


Fig. 4. Conceptual scheme for topographic data model at the scale of 1:25 000 (Dimova 2007)

Slika 4. Konceptualna shema topografskog modela podataka u mjerilu 1:25 000 (Dimova, 2007)

Inconsistency in developing mathematical elements resulted in another significant shortage of the new map. Modern topographic maps are usually produced in UTM (*Universal Transverse Mercator*) projection, using WGS 84 (World Geodetic System 1984) parameters. In this way, we provide compatibility of cartographic products in countries with different geodetic-cartographic systems. Therefore, it is necessary to produce a series of maps satisfying current geodetic-cartographic standards.

2.2. Field activities

First field activities were related to establishing a base for aerial survey. Thus the territory of the Republic of Macedonia was covered with 59 orientation points, where GPS (Global Positioning System) surveys were performed. GPS surveys are necessary for orientation of aerial images.

A plan of aerial surveying was made at the same time the orientation points were defined. The surveys were performed by the Geodetic Authority of Slovenia during June 2004. The final products were 1584 photographs at the scale of 1:40 000 with accompanying documentation. Fig. 3 shows an aerial photograph of Bitola.

The aerial recording and field decoding was followed by technology transfer from JICA to SAGW. "Technology transfer" means installation of the newest processing technology for aerial photographs and producing digital maps, similar to knowledge transfer when the SAGW staff was instructed in Japan.

By performing field work and aerial recording, the base for producing the new digital topographic map was established.

3. Design of the Digital Topographic Map Content

The next phase in the topographic map production was definition of geographic elements of the map and design of its content. Keeping in mind the map is a digital cartographic product, its content is defined with a *topographical data model* (TDM). TDM is an organized collection of geospatial data mainly used for effectively managing of activities related to space.

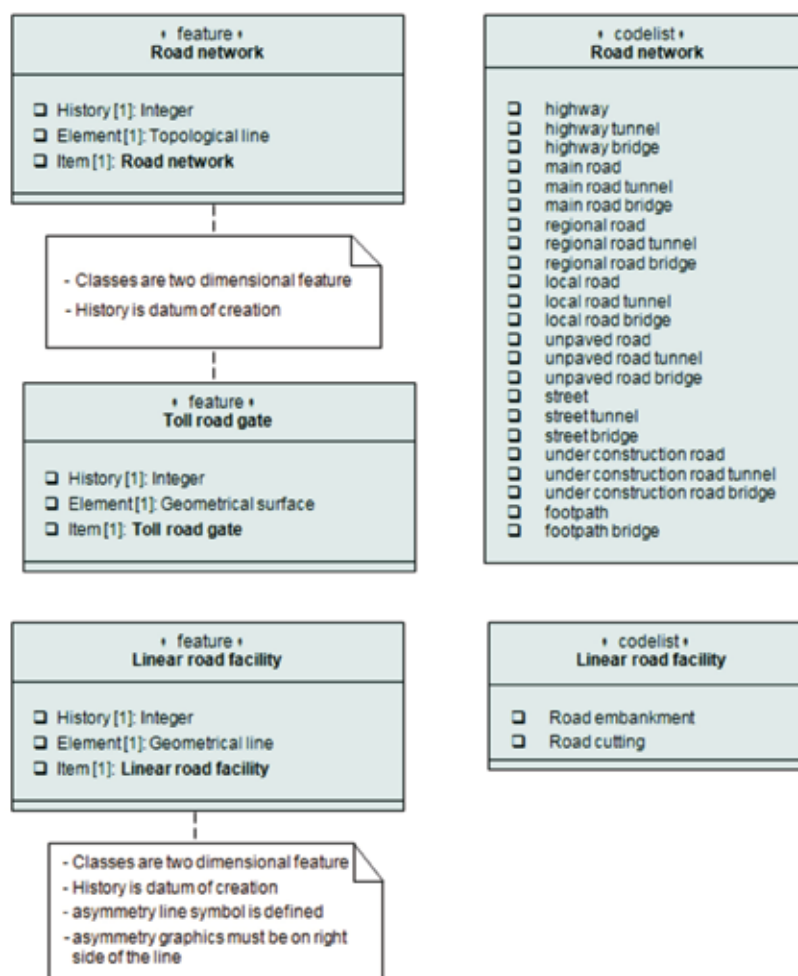


Fig. 5. UML diagram of the "roads" package classes (Dimova 2007)

Slika 5. UML-dijagram klasa paketa "ceste" (Dimova, 2007)

Finalni produkt snimanja bile su 1584 fotografije u mjerilu 1:40 000 s cjelokupnom popratnom dokumentacijom. Na slici 3 prikazan je produkt snimanja – aerofotogrametrijska snimka grada Bitolja.

Nakon aerofotogrametrijskog snimanja i dešifriranja terena, uslijedio je takozvani "transfer tehnologije" s JICA u DZGR. Pod transferom tehnologije podrazumijeva se instaliranje najnovije tehnologije za obradu aerofotogrametrijskih snimaka i izradu digitalnih karata. U sklopu transfera znanja stručnjaci iz DZGR-a bili su u stručnom posjetu i na obuci u Japanu.

Izvođenjem terenskih radova i aerofotogrametrijskog snimanja uspostavljena je osnova za izradu nove digitalne topografske karte.

3. Dizajniranje sadržaja digitalne topografske karte

Sljedeća faza u izradi topografske karte bilo je definiranje geografskih elemenata karte i dizajniranje njezina

sadržaja (kartografike). S obzirom na to da je riječ o digitalnom kartografskom proizvodu, njezin sadržaj se definira kao topografski model podataka (TMP). TMP je organizirani skup geoprostornih podataka koji se koriste za efikasno upravljanje aktivnostima vezanima uz prostor.

Koncepcijski, sadržaj digitalne topografske karte podijeljen je na 11 tematskih cjelina, sistematiziranih u različite slojeve. Ti slojevi čine koncept sheme topografskog modela podataka, dizajniranog za potrebe nove digitalne topografske karte.

Sadržaj digitalne topografske karte čine:

- administrativna područja
- klasifikacija zemljišta
- ceste
- željeznice
- hidrografija
- mali objekti
- topografske karakteristike

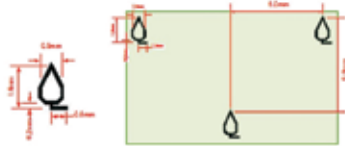
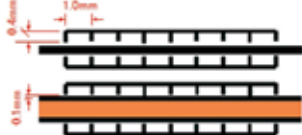
Object	Element	Code	Topographic symbol	Characteristics
Forest	polygon	2006		Colour: black, light green wide: 0.15 wide: 0.10
Road passage	line	3122		Colour: black wide: 0.15

Fig. 6. Digital topographic key of the new topographic map
Slika 6. Digitalni topografski ključ nove topografske karte

26

Conceptually, the map's content is divided into 11 thematic parts in separate layers. The layers represent the conceptual scheme of topographic data model designed for the new digital topographic map (Fig. 4).

The digital topographic map content consists of following levels:

- Administrative areas
- Land classification
- Roads
- Railways
- Hydrography
- Small objects
- Topography
- Text (notes)
- Reference raster
- Coordinate network and frame
- Spatial scheme.

For each level, an UML diagram was made showing all relations between elements (classes) of the package. An example of a road network UML diagram follows.

An integral part of designing the new digital topographic map is making the topographic key. Fig. 6 shows an excerpt of the topographic key (Srbinoski 2008).

4. Basic Digital Cartographic Products from the Project of the Digital Topographic Map

The basic project product is the digital topographic map of the Republic of Macedonia consisting of 205

sheets. Fig. 7 represents a part of the new digital topographic map.

In addition to usual products obtained from aerial recording, the production of an *orthophoto* is also anticipated. Orthophoto products are products of digital photogrammetry made by orientation (external and internal) of aerial photographs. These products represent an orthogonal georeferenced photographic view of terrain at the moment of recording (Fig. 8).

Orthophoto representations are the most important cartographic-photogrammetric products used in decoding. In addition, they are an inexhaustible source of spatial data in other scientific disciplines.

5. Analysis of Geometric Accuracy of the New Digital Topographic Map

Cartographic data can be produced in different ways and with different accuracies. Nowadays, electronic technology enables easy access to digital cartographic data and the issue of their quality is getting more attention. Position (geometric) accuracy is the most important element determining the quality of cartographic data and is a numerical way of describing accuracy of positioning of spatial elements. Position accuracy defines the deviation degree of objects from their real position. Real position is defined by field surveys or by reading from cartographic products in a large scale (topographic-cadastral plans, 1:1000 or 1:2500).

Members of the Chair for Higher Geodesy of the Faculty of Civil Engineering from Skopje analyzed geometrical accuracy immediately following the production of first sheets of the digital topographic map. The research

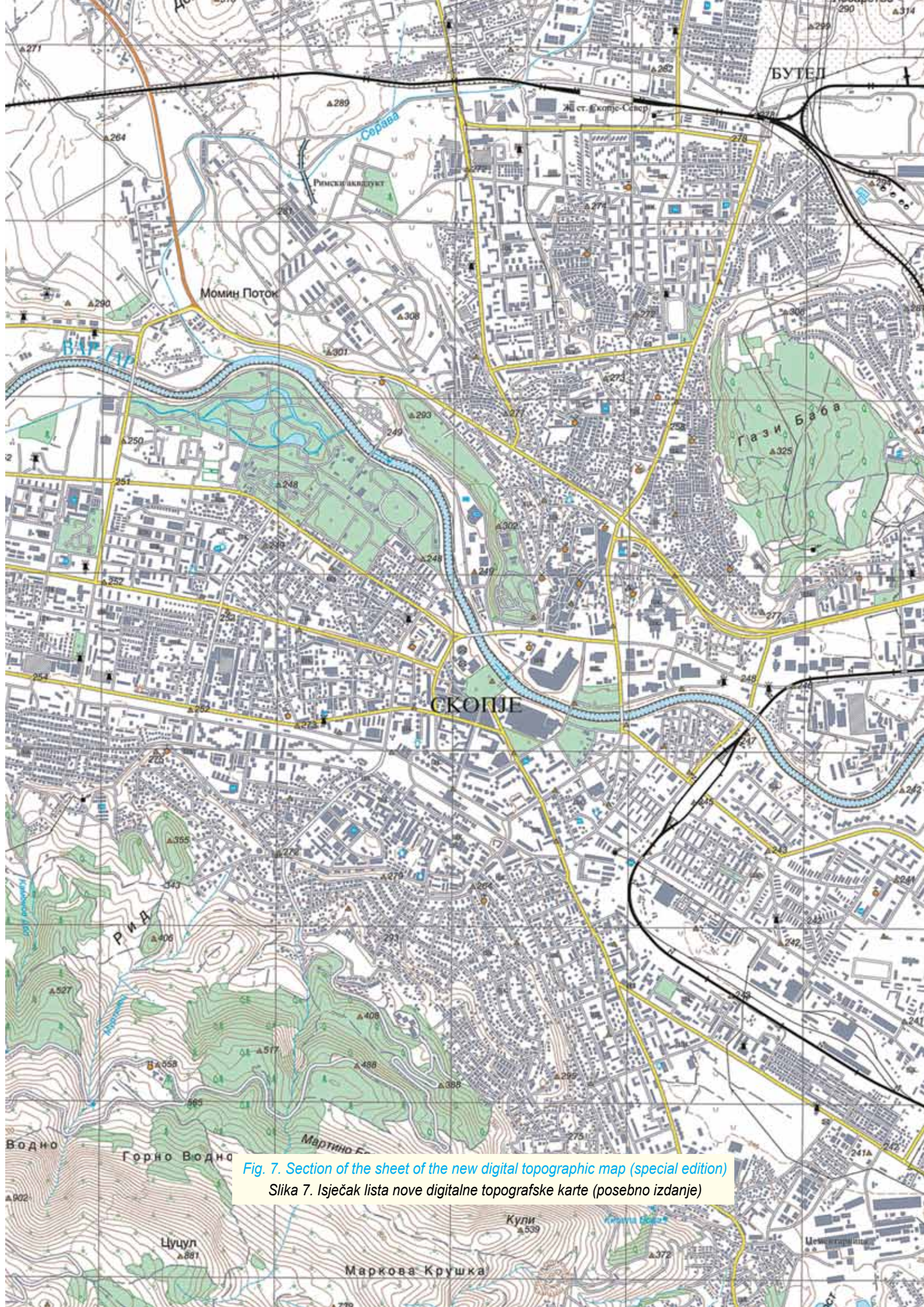


Fig. 7. Section of the sheet of the new digital topographic map (special edition)
Slika 7. Isječak lista nove digitalne topografske karte (posebno izdanje)



Fig. 8. Orthophoto for a part of Skopje
Slika 8. Ortofoto dijela Skoplja



- tekst (tekstualni zapis)
- referentni raster
- koordinatna mreža i okvir
- prostorna shema.

Za svaki od navedenih nivoa (paketa) izrađen je UML-dijagram u kojem su prikazane sve relacije između pojedinih elemenata (klasa) paketa. Slijedi primjer UML-dijagrama za paket ceste.

Sastavni je dio dizajniranja nove digitalne topografske karte izrada digitalnoga topografskog ključa. Primjer digitalnog topografskog ključa prikazan je na slici 6 (Srbinoski, 2008).

4. Osnovni digitalni kartografski proizvodi projekta za izradu nove topografske karte

Osnovni proizvod projekta je digitalna topografska karta Republike Makedonije, koja će biti izrađena na 205 listova. Na slici 7 prikazan je jedan list nove digitalne topografske karte.

Osim uobičajenih proizvoda koji se dobivaju snimanjem iz zrakoplova, u sklopu projekta za izradu digitalne topografske karte Republike Makedonije predviđena je i izrada ortofota. Ortofoto je proizvod digitalne fotogrametrije koji nastaje nakon orijentacije (unutarnje i vanjske)

Table 1. Accuracy estimation of the digital topographic map elements

Tablica 1. Ocjena točnosti elemenata digitalne topografske karte

Tip opažanja Observation type	Srednja kvadratna pogreška (m) RMS (m)	$m_{x,y} = \sqrt{m_y^2 + m_x^2}$	Srednje vrijednosti Average values
Y-koordinate kuća i zgrada Y-coordinates of houses and buildings	1,14	1,74 m	$m_{x,y} = \sqrt{m_y^2 + m_x^2}$ $m_{x,y} = 1,94 \text{ m}$
X-koordinate kuća i zgrada X-coordinates of houses and buildings	1,31		
Y-koordinate cesta Y-coordinates of road network	0,62	0,73 m	
X-koordinate cesta X-coordinates of road network	0,40		
Y-koordinate riječne mreže Y-coordinates of river network	2,07	3,35 m	
X-koordinate riječne mreže X-coordinates of river network	2,63		
H-koordinate DMT-a 12,7% H-coordinates of DTM 12.7%	1,31	$m_H = \frac{\sum_{i=1}^3 m_i}{3} = 0,89 \text{ m}$	
H-koordinate DMT-a 4,7% H-coordinates of DTM 4.7%	0,89		
H-koordinate DMT-a 1,5% H-coordinates of DTM 1.5%	0,47		

of geometrical data accuracy was performed on target point groups using the method of comparative analysis of surveyed and conditionally correct coordinates. The total geometrical accuracy of the map contains analyses of the position and height accuracy.

The analysis was only performed on precisely defined objects on the digital topographic map at the scale of 1:25 000. These objects are buildings, the road network and the river network. When height accuracy is considered, data taken from grid 20 × 20 m were compared. Reading and comparing heights was done at the grid vertices.

First results of geometric accuracy research on one test section are shown in (Dimova 2007), and final results can be seen in Table 1.

Results shown in Table 1 lead to the conclusion that geometrical accuracy of digital topographic map elements (in the analyzed section) equals:

□ According to position:

houses and buildings: $m_{x,y} = 1.74 \text{ m}$

road network: $m_{x,y} = 0.73 \text{ m}$

river network: $m_{x,y} = 3.35 \text{ m}$

average position accuracy: $m_{x,y} = 1.94 \text{ m}$

□ According to height:

DTM 12.7%: $m_H = 1.31 \text{ m}$

DTM 4.7%: $m_H = 0.89 \text{ m}$

DTM 1.5%: $m_H = 0.47 \text{ m}$

average height accuracy: $m_H = 0.89 \text{ m}$

These results show a very high geometrical accuracy of the new topographic map.

6. Conclusion

The aim of the NSDI in agreement with the INSPIRE Directive is to standardize organization, archiving, updating and visualization of spatial data at national level. NSDI aims to achieve easy and fast access to spatial data, greater transparency and cooperation between authorized institutions, as well as to use data for scientific, practical and commercial aims. In that direction, we must put emphasis on topographical maps as the main platform for acquisition of spatial data and a basic segment of the NSDI.

In the Republic of Macedonia, there is a project for production of new digital topographic maps – the most important project of national cartography. New digital topographic maps are produced on the basis of aerial recording performed in 2004. Their contents are systematized in 11 layers forming the topographic data model.

The *Basic State Map for GIS in Macedonia* project is in the final phase and first analyses of quality (especially geometrical) of new topographic map are already being made. These analyses made by comparing geometrical data from digital topographic map and accurate data show high geometrical accuracy of the new digital topographic map. According to the research, position accuracy of objects is $\pm 1.94 \text{ m}$ and height accuracy is $\pm 0.89 \text{ m}$. This accuracy is much better than that of old analogue topographic maps.

30

References / Literatura

- Dimova, S. (2007): *Metodologija i standardi za izradotka na digitalni topografski karti*, doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Skopje.
- Dimova, S., Srbinoski Z. (2007): *Aspect of positional accuracy of digital cartographic data*, 6th FIG Regional Conference 2007, San Jose, Costa Rica.
- Dukadinovska, E. (2009): *Topographic Data Base for digital map in scale 1:25000 – component of NSDI*, International scientific conference *Importance of developing National Spatial Data Infrastructure of the Republic of Macedonia based on INSIPRE directions*, Skopje.
- JICA (2004): *The study for establishment of state base maps in the Republic of Macedonia*, Japan International Cooperation Agency, Skopje.
- Srbinoski, Z. (2008): *Opšta kartografija*, Univerzitet "Sv. Kiril i Metodij", Građevinski fakultet, Skopje.
- Srbinoski, Z. (2008): *Matematička kartografija*, Univerzitet "Sv. Kiril i Metodij", Građevinski fakultet Skopje.
- Todorovski, D. (2009): *Spatial data – the fundament for the National spatial data infrastructure of the Republic of Macedonia*, International scientific conference *Importance of developing National Spatial Data Infrastructure of the Republic of Macedonia based on INSPIRE directions*, Skopje.

aerofotogrametrijskih snimaka. Na tim proizvodima prikazan je teren fotografski i ortogonalno georeferenciran, kakav je bio u trenutku aerosnimanja (sl. 8).

Ortofoto prikazi iznimno su važni kartografsko-fotogrametrijski proizvodi koji se u geodeziji rabe za dešifriranje, dok druge znanstvene discipline rabe te proizvode kao neiscrpe izvore prostornih informacija.

5. Analiza geometrijske točnosti novih digitalnih topografskih karata

Kartografski podaci mogu se dobiti različitim metodama i različitom točnošću. U današnje doba, kada elektronička tehnologija omogućava jednostavni i brzi pristup digitalnim kartografskim podacima, pitanje njihove kvalitete ima sve veći značaj. Pozicijska (geometrijska) točnost je najznačajniji element koji determinira kvalitetu kartografskih podataka i ujedno je numerički način za opisivanje točnosti pozicioniranja prostornih elemenata. Njome se definira stupanj odstupanja objekta od njegova stvarnog položaja, pri čem se točan položaj objekta definira na osnovi terenskih mjerenja ili na osnovi očitavanja s karata u krupnijem mjerilu (topografsko-katastarskih planova mjerila 1:1000 ili 1:2500).

Ubrzo nakon izrade prvih listova digitalne topografske karte, na Katedri za višu geodeziju Građevinskog fakulteta u Skoplju analizirana je njihova geometrijska točnost. Ispitivanje geometrijske točnosti prostornih podataka izvedeno je na određenim ciljnim skupovima podataka, metodom komparativne analize mjerenih i uvjetno točnih koordinata. Pritom je analizirana pozicijska i visinska točnost podataka – elementi koji definiraju ukupnu geometrijsku točnost nove topografske karte.

Predmet analize položajne točnosti bili su objekti koji su nedvojbeno definirani na digitalnoj topografskoj karti, a to su zgrade, ceste i riječna mreža. Što se tiče visinske točnosti, uspoređivani su podaci s pravokutne mreže 20 × 20 m kojom su prekrivene karte i planovi. Očitavanje i usporedba visina obavljena je u vrhovima te pravilne pravokutne mreže.

Prvi rezultati ispitivanja geometrijske točnosti provedeni na jednom području testiranja prikazani su u radu (Dimova i Srbinoski 2007), a konačni rezultati prikazani su u tablici 1.

Iz rezultata prikazanih u tablici 1 može se zaključiti da geometrijska točnost elemenata digitalne topografske karte (u analiziranoj sekciji) iznosi:

□ Po položaju:	
kuće i zgrade:	$m_{x,y} = 1,74 \text{ m}$
ceste:	$m_{x,y} = 0,73 \text{ m}$
riječna mreža:	$m_{x,y} = 3,35 \text{ m}$
prosječna položajna točnost:	$m_{x,y} = 1,94 \text{ m}$

□ Po visini:	
DMT s nagibom 12,7%:	$m_H = 1,31 \text{ m}$
DMT s nagibom 4,7%:	$m_H = 0,89 \text{ m}$
DMT s nagibom 1,5%:	$m_H = 0,47 \text{ m}$
prosječna visinska točnost:	$m_H = 0,89 \text{ m}$

Prikazani rezultati analize pokazuju vrlo visoku geometrijsku točnost nove digitalne topografske karte.

6. Zaključak

Cilje izgradnje NIPP-a, koncipiranoga u suglasnosti s INSPIRE direktivom, standardizacija procesa koji definiraju prikupljanje, organiziranje, arhiviranje i ažuriranje prostornih informacija na nacionalnoj razini te uspostavljanje standarda glede njihove vizualizacije. Tendencija NIPP-a je jednostavan i brz pristup prostornim podacima, veća transparentnost i suradnja između nadležnih državnih institucija te višekratno korištenje podataka u znanstvene, stručne i komercijalne svrhe. U tom pogledu treba istaknuti da su topografske karte osnovna platforma za prikupljanje prostornih podataka i da su jedan od osnovnih segmenata NIPP-a.

U Republici Makedoniji u tijeku je projekt kojega je cilj izrada novih digitalnih topografskih karata. To je projekt od najveće važnosti za makedonsku nacionalnu kartografiju. Nove digitalne topografske karte izrađuju se na osnovi aerofotogrametrijskog snimanja provedenog tijekom 2004 godine. Njihov je sadržaj sistematiziran u 11 tematskih slojeva koji čine topografski model podataka.

Projekt za izradu Osnovne državne karte za GIS u Makedoniji u završnoj je fazi i već se izrađuju prve analize kvalitete (osobito geometrijske) novih topografskih karata. Analize dobivene iz usporedbe geometrijskih podataka s digitalne topografske karte s uvjetno točnim podacima pokazuju vrlo visoku geometrijsku točnost nove topografske karte. Naime, iz provedenih istraživanja proizlazi da položajna točnost objekata na topografskoj karti iznosi $\pm 1,94 \text{ m}$, dok prosječna visinska točnost iznosi $\pm 0,89 \text{ m}$. Ta je točnost gotovo dva puta veća u odnosu na točnost kojom se karakteriziraju stare analogne topografske karte.