

SL. 1. SATELITSKA SPIN-2 SNIMKA PODRUČJA GIZE I STVORENI 3D MODEL ISTOGA PODRUČJA
FIG. 1 SATELLITE SPIN-2 PHOTOGRAPH OF GIZA AREA AND ITS 3D MODEL

SUZICA BUŠLJETA-VDOVIĆ

GRAD ŽAGREB
GRADSKI URED ZA PROSTORNO UREĐENJE, ZAŠTITU OKOLIŠA, IZGRADNJU GRADA,
GRADITELJSTVO, KOMUNALNE POSLOVE I PROMET
HR – 10000 ŽAGREB, ULICA GRADA VUKOVARA 58B

PREGLEDNI ZNAJSTVENI ČLANAK

UDK 711.001:711.112

TEHNIČKE ZNAJSTOSI / ARHITEKTURA I URBANIZAM
2.01.02 – URBANIZAM I PROSTORNO PLANIRANJE

ČLANAK PRIMLJEN / PRIHVACEN: 15. 03. 2005. / 30. 03. 2005.

TOWN OF ŽAGREB
CITY DEPARTMENT OF PHYSICAL PLANNING, ENVIRONMENTAL PROTECTION,
ARCHITECTURE, UTILITIES AND TRAFFIC
HR – 10000 ŽAGREB, ULICA GRADA VUKOVARA 58B

SUBJECT REVIEW

UDC 711.001:711.112

TECHNICAL SCIENCES / ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING
2.01.02 – URBAN AND PHYSICAL PLANNING

ARTICLE RECEIVED / ACCEPTED: 15. 03. 2005. / 30. 03. 2005.

ZRAČNE SNIMKE KAO PODLOGA ZA DALJINSKA ISTRAŽIVANJA U PROSTORNOM PLANIRANJU

AERIAL PHOTOGRAPHS AS DATA SOURCES FOR REMOTE SENSING IN PHYSICAL PLANNING

DALJINSKO ISTRAŽIVANJE
DIGITALNA OBRADA
PROSTORNO PLANIRANJE
SATELITSKE SNIMKE

REMOTE SENSING
DIGITAL IMAGE PROCESSING
PHYSICAL PLANNING
SATELLITE IMAGERY

Snimke iz zraka sve više postaju osnovni izvori informacija za daljinska istraživanja raznih događaja u prostoru, a time i vrlo korisne za prostorno planiranje. Rad je podijeljen u tri dijela. U prvom je iznesen pregled i karakteristike pojedinih vrsta snimaka. Drugi dio istražuje kako iskoristiti dostupne snimke digitalnom obradom snimke u računalu da bi se naglasili određeni evidentirani sadržaji i dobile tražene informacije. Treci dio odnosi se na područja primjene što je posebno zanimljivo za urbaniste i prostorne planere.

Aerial photographs are increasingly used as the main data sources for remote sensing of various activities in space, thus being of great benefit to physical planning. This paper consists of three parts. The first part gives a review and characteristics of particular types of photographs. The second part is a research on the possibilities of using the available photographs through a digital image processing. The third part refers to various possibilities of their application which might prove useful to urban and physical planners.

UVOD

INTRODUCTION

Napredne tehnologije u području zračnih snimaka predmet su istraživanja i primjene u području fotogrametrije i daljinskih istraživanja.¹ Pojedine informacije, snimke i karte, šire dostupne zahvaljujući internetu, potaknule su ovaj rad o korištenju zračnih snimaka za daljinska istraživanja koja se mogu primijeniti u prostornom planiranju i drugim područjima od interesa za urbaniste.

Prvi dio rada bavi se osnovnim pojmovima vezanim za daljinsko istraživanje. Daljinsko istraživanje² podrazumijeva pojam istraživanja o događajima, u konkretnom slučaju u prostoru, u kojima nismo fizički prisutni. Jedan od razloga nedostupnosti snimaka iz zraka jest fizičke prirode, ali najčešći je razlog nedostupnosti ekonomske prirode. Iako za područje Hrvatske postoje snimke iz zraka, donekad nisu bile i široko dostupne zainteresiranim korisnicima iz Hrvatske.³ Upravo nove generacije satelitskih snimaka zbog ekonomskog razloga postaju dostupnije od avionskih snimaka. Ukoliko se npr. aktivnost naručivanja koordinira na razini države, pa se time ne gube sredstva na preklapanja snimaka u prostoru ili interesu,⁴ financijska se isplativost znatno povećava. To je posebno važno naglasiti danas kada se ova vrsta podataka može naručiti direktno, mimo državnih ustanova, i dobiti putem interneta.

U nastavku rada istražuje se koliko su tako dostupne snimke⁵ korisne u struci, jesu li do-

voljno pouzdane i na koji se način mogu iskoristiti. Istražujući osnovnu digitalnu obradu, želi se pokazati da li je moguće i na koji način „izvući“ podatke iz tih snimaka pomoću dostupnih alata koji ne zahtijevaju geoinformacijsko znanje.

AVIONSKE SNIMKE

AERIAL PHOTOGRAPHS

Avionske snimke već su duže vrijeme poznati i korišteni izvori informacija o djelovanju u prostoru. Razvojem tehnologija danas je moguće prilikom jednog preleta zrakoplova, osim snimanja fotografije, skenirati područje preleta i drugim sensorima. Isto tako, moguće je snimiti i videozapis područja⁶ kako bi se stvorila kompletna slika o prostoru. Uobičajeno je korištenje više snimaka s odklonom za obradu u digitalnoj fotogrametriji. Snimke moraju biti snimljene na odgovarajući način. Na taj se način naknadnom obradom, osim mapa područja,⁷ mogu dobiti visinske informacije,⁸ pa i čitavi 3D modeli nekoga područja, npr. grada. Ponekad se za pojedina istraživanja obavljaju snimanja pomoću dodatnih posebnih uređaja koji izdvajaju informacije o nekom području, ali su danas upravo takve vrste posebnih snimaka postale predmet satelitskoga snimanja.⁹

Razvoj tehnologija – kako za snimanje, tako i za bilježenje pozicije prilikom snimanja – omogućuje vrlo precizne snimke. Iako su sa-

¹ Prema prijedlogu kolega s Geodetskoga fakulteta (dipl.ing. Ciceli i dipl.ing. župan), prijevod engl. „remote sensing“ prevodi se u radu s „daljinska istraživanja“, kao pojam koji se koristi i u znanstvenim radovima. Državna geodetska uprava (DGU) koristi pojam „daljinska pronicanja“. Posebno se zahvaljujem kolegama i na ostalim primjedbama na ovaj rad, koje su u najvećoj mjeri uzvazene.

² Fotogrametrija i daljinska istraživanja jesu vještina, znanost i tehnologija dobivanja pouzdanih kvantitativnih informacija o fizičkim objektima na Zemlji i okolišu – procesom zabilježbe, mjerenja, analiziranja i interpretacije fotografskih snimaka i scena elektromagnetskoga zračenja, dobivenih senzorskim sustavima (International Society of Photogrametry and Remote Sensing).

³ Pojam „široko dostupna“ ovdje se odnosi na način dostupnosti tih snimaka u drugim državama, gdje je dio tih informacija prisutan i slobodan za korištenje svim zainteresiranim korisnicima.

⁴ Interes za snimke iz zraka postoji od strane svih većih infrastrukturnih organizacija, stoga je potrebno dodatno koordinirati aktivnosti na razini države putem Državne geodetske uprave. Ponuda koju nudi DGU trenutno sadrži ortofoto-snimke i aerofotogrametrijske snimke.

⁵ Rad se bavi prikupljenim snimkama na internetu koje su dostupne širem krugu korisnika.

⁶ Sustavi za snimanje mogu se sastojati od nekoliko vrsta kamera integriranih sa sustavom za globalno pozicioniranje (GPS).

⁷ Mape terena (DSM, Digital Surface Model)

⁸ Visinske mape (DTM, Digital Terrain Model)

⁹ Dodatni senzori uključuju termalne kamere, infracrvene senzore i sl.

telitske snimke danas vrlo precizne, snimanje iz aviona, uz kvalitetnu opremu i dodatnu obradu nakon snimanja, daje vrlo pouzdane i precizne rezultate, mjereći udaljenosti do 15 cm. Preciznost je dostatna za izradu planova mjerila 1:2000 ili 1:1000.

SATELITSKE SNIMKE

SATELLITE IMAGERY

Satelitske snimke kao izvor informacija poznate su već duže vrijeme, ali nisu bile dostupne širem krugu korisnika. Njihova je dostupnost bila ograničena za vojne svrhe. Danas pojedini sateliti imaju upravo osnovni zadatak snimanje određenih područja na zahtjev bilo kojega korisnika.¹⁰ S vremenom i napretkom tehnologija, satelitske snimke postale su osnovni izvor informacija o događajima u prostoru. Tako se pomoću GPS-a¹¹ mogu bilježiti vrlo precizne informacije o poziciji uređaja koji snima, a time i pozicije snimaka. Položajna točnost, bez obzira na veliku udaljenost snimanja, danas se mjeri u centimetrima.¹² Za razliku od prvih generacija satelita,¹³ koji su snimali pomoću optičkih kamera, nove generacije satelita koriste posebne uređaje koji snimanjem raznih valnih dužina skeniraju površinu Zemlje proizvodeći tzv. višespektralne¹⁴ snimke. Nakon snimanja i ovdje se zahtijeva dodatna obrada kako bi se postigla zadovoljavajuća točnost. Tako snimljeni i obrađeni podatci, grafički preklapljeni, mogu biti

izvor za pojedine vrste informacija o nekom prostoru. Točnost takvih snimaka dostatna je za planove mjerila do 1:5000. Prednosti daljinskih istraživanja leže u činjenici da obuhvaćaju znatno veće površine, ali i u tome da su sateliti opremljeni sensorima koji nisu osjetljivi samo u vidljivom i infracrvenom području (kao aerokamere) nego i u ostalim područjima spektra. To je posebno prednost prilikom istraživanja stanja vegetacije (šumarstvo), stanja zemljišta u poljoprivredi i kvalitete tla u geologiji.

DOSTUPNI IZVORI PODATAKA

AVAILABLE DATA SOURCES

Internet je omogućio vrlo brz pristup postojećim, već snimljenim podacima. Isto tako, moguće je naručiti snimanje područja za koje ne postoje podatci i koje tek treba snimiti. Sve procedure, uključujući i plaćanja, idu preko internet poslužitelja, a preuzimanje, ovisno o količini podataka, može se osim skidanja s mreže organizirati i dostavom medija velikoga kapaciteta brzom poštom. Neki od komercijalnih satelita navedeni su u Tablici 1.

KARAKTERISTIKE DOSTUPNIH PODATAKA

CHARACTERISTICS OF AVAILABLE INFORMATION

Osim što se danas podrazumijeva da su snimke geokodirane,¹⁷ prilikom snimanja snimaju se i dodatni podatci, npr. o vremenu snimanja, visini i sl. Karakteristike koje su zanimljive za vrjednovanje svakako su rezolucija snimke i spektralna područja. Rezolucija određuje točnost snimke, dok pojedini senzori (spektralna područja) omogućuju dobivanje informacije o karakteru površina snimljenih na tlu. Područje daljinskoga istraživanja obuhvaća čitav niz relevantnih pojmova i karakteristika vezanih za preciznost, obradu, tehnologiju snimanja i dobivanja podataka.¹⁸ Ovdje ćemo izdvojiti one osnovne koje su važne za korištenje ovih snimaka u prostornom planiranju i urbanizmu.

Geometrijska rezolucija predstavlja veličinu svake pojedine točke (*pixel*) od koje se sastoji snimka, a odnosi se na najmanju distancu zabilježenu na tlu. Na tlu ta veličina točke predstavlja određenu dimenziju u stvarnoj dimenziji. Naknadno geometrijska rezolucija snimke može se poboljšati u postupku digitalne obrade kada se preklapanjima obavljaju provjere i utvrđuju odstupanja, tj. korekcija snimke. Osnovna je podjela snimaka prema rezoluciji na snimke niske i visoke rezolucije. U Tablici 2. navedene su deklarirane rezolucije za neke od dostupnih satelita.

Spektralna područja i valne duljine – druga je važna karakteristika jer nam opisuje čime se

TABLICA 1. PREGLED NEKIH OD DOSTUPNIH ADRESA SA SNIMKAMA IZ ZRAKA
TABLE 1 LIST OF SOME OF THE AVAILABLE ADDRESSES WITH AERIAL PHOTOGRAPHS

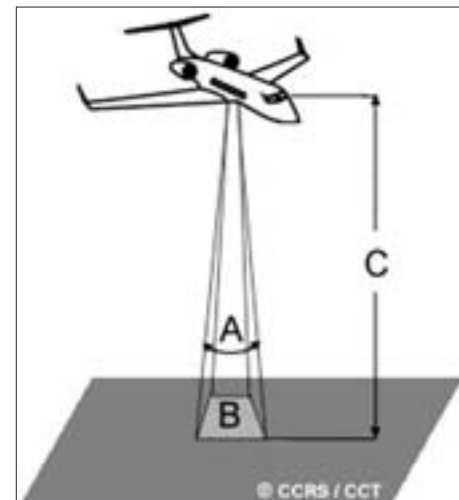
Eurimage	http://www.eurimage.com	Komercijalan
Landsat 7	http://landsat.gsfc.nasa.gov	Djelomično besplatan
Quickbird ¹⁵	http://www.DigitalGlobe.com	Komercijalan
Ikonos ¹⁶	http://www.EUSpacelMaging.com	Komercijalan

TABLICA 2. DEKLARIRANE REZOLUCIJE NEKIH OD DOSTUPNIH SATELITA

TABLE 2 PROCLAIMED RESOLUTIONS OF SOME OF THE AVAILABLE SATELLITES

Naziv	Kategorija	Rezolucija (1pix)
QuickBird ¹⁹	visoka	0.60-0.70m
- IKONOS	visoka	0.80m
- SPOT-5	visoka	2.50m
Landsat	srednja	15-30m
Envisat	niska	150m
ERS -1 & 2	niska	1000m
IRS	srednja	5-20m
Radarsat	srednja	8-100m
NOAA	niska	500-1000m
ASTER	srednja	15/30/90m

SL. 2. ODREĐIVANJE VIDLJIVOGA PODRUČJA B IZ UMNOŠKA VIDLJIVOGA KUTA UREĐAJA A I UDALJENOSTI C
FIG. 2 DETERMINING THE VISIBLE AREA B OUT OF THE SUM OF THE VISIBLE ANGLE OF DEVICE A AND DISTANCE C



10 Za područje Europe jedna je od tvrtki European Space Imaging GmbH, Germany, www.EUSpacelMaging.com.

11 Global Positioning System je sustav 24 povezana satelita u Zemljinoj orbiti na visini od oko 20 km.

12 Najsvježija ilustracija preciznosti koju je moguće postići pomoću dostupnih tehnologija jest izračun pomaka nakon potresa u Indijskom oceanu 26.12.2004. Izračunani su pomaci koji su posljedica toga potresa i izazvanoga tsunamija, a koji npr. iznose 9 cm za Bangkok, odnosno 32 cm za Puket, koji su se pomakli u smjeru jugozapada. Također je mjerjenjima uočeno pomicanje Malezije 1 cm svakih tjedan dana u smjeru zapada. Ovakva mjerenja ne bi bila moguća bez GPS-sustava.

13 Landsat SPOT jedan je od prvih satelita s dostupnim snimkama za širi krug korisnika.

14 Multispectral images predstavljaju snimke snimljene posebnim kamerama s više spektara koji u jednom prolazu snimaju trenutno 1 do 7 slojeva koji se mogu preklapati.

15 Quickbird je jedan od komercijalnih satelita s najvećom rezolucijom snimke.

16 Satelit Ikonos prelazi površinu Zemlje barem jednom dnevno, tako da se naručeni podatci mogu vrlo brzo snimiti. Brzina snimanja iznosi 2000 km² u minuti! To vrijeme ne uključuje naknadnu obradu snimljenoga materijala za konačni proizvod.

17 Svaka snimka pozicionirana je u odnosu na geografske koordinate uz korekcije i također je svedena na pravo mjerilo. Programске aplikacije koje učitavaju geokodirane snimke prepoznaju te informacije i smještaju snimke na ispravno mjesto u pravoj veličini.

18 Odličan izvor osnovnih informacija o daljinskom istraživanju može se pronaći na poslužitelju http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_1_e.html, Canada Center for Remote Sensing.

19 CHENG i sur., 2003.

TABLICA 3. VALNE DULJINE PODRUČJA POJEDINIHZ SENZORA PRILIKOM SNIMANJA SATELITA LANDSAT
TABLE 3 WAVELENGTHS OF THE AREAS COVERED BY SOME SENSORS IN TAKING SATELLITE PHOTOGRAPHS LANDSAT

Band	RBV ²⁰	MSS ²¹	TM ²²	ETM+ ²³
1	.48-.57 µm green		.45-.52 µm blue	.45-.52 µm blue
2	.58-.68 µm red		.52-.6 µm green	.53-.61 µm green
3	.69-.83 µm IR		.63-.69 µm red	.63-.69 µm red
4		.5-.6 µm green	.76-.9 µm NIR	.75-.9 µm NIR
5		.6-.7 µm red	1.55-1.75 µm SWIR	1.55-1.75 µm SWIR
6		.7-.8 µm IR	10.4-12.5 µm TIR	10.4-12.5 µm TIR
7		.8-1.1 µm IR	2.08-2.35 µm SWIR	2.1-2.35 µm SWIR
8				.52-.9 µm panchromatic

skenira površina. Kao što je već spomenuto, danas se snimanje izvodi ne samo optičkim kamerama već i posebnim senzorima. Posebni uređaji snimaju tlo elektromagnetskim valovima raznih duljina i na taj način dobivaju se snimke koje preklapanjem mogu dati uvid u specifične karakteristike prostora koji je snimljen.

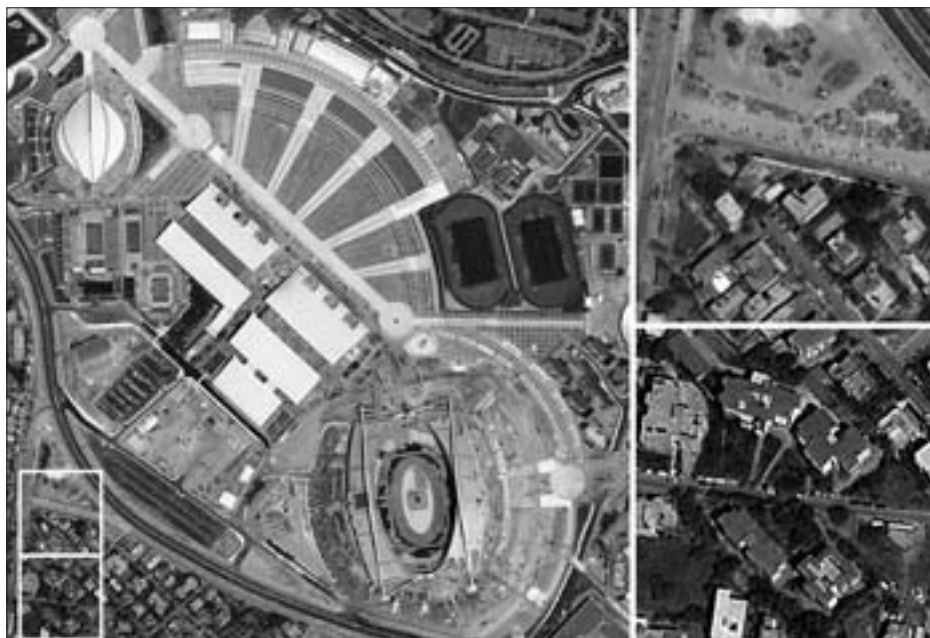
Satelit Landsat 7 npr. snima osam područja različitih valnih duljina (*bands*) za svaku snimku. U Tablici 3. dan je pregled valnih duljina.

Rezultat snimanja svake valne duljine jesu snimke u nijansama sivih tonova, koje je moguće kombinirati u računalu dodjeljujući te snimke kanalima RGB²⁴ prikaza kako bi se olakšao prikaz specifičnih podataka o terenu koji je snimljen.²⁵ Kod Landsata, RGB slika može se spojiti iz nekih od 8 valnih područja:

- vidljivo i gotovo infracrveno područje (VNIR) – valno područje 1, 2, 3, 4 i 8 (PAN)
- kratkovalno infracrveno područje (SWIR) – valno područje 5 i 7
- infracrveno područje toplinske valne duljine (LWIR) – valno područje 6.

SL. 3. SNIMKA DIJELA ATENE S IKONOS-A (LIJEVO); DETALJ SLIKE KOJA NIJE IZOŠTRJENA (DESNO GORE); DETALJ SLIKE GDJE JE DJELOMIČNO KORISTEN FILTAR UNSHARP MASK UZ PARAMETRE: INTENZITET 120%, RADIJUS 3.0, TRESHOLD 4 (DESNO DOLJE)

FIG. 3 PHOTOGRAPH OF A PART OF ATHENS FROM IKONOS (LEFT); DETAIL OF THE BLURRED PHOTOGRAPH (TOP RIGHT); DETAIL OF THE PHOTOGRAPH PARTLY TAKEN WITH A FILTER UNSHARP MASK WITH PARAMETERS: INTENSITY 120 %, RADIUS 3.0, TRESHOLD 4 (BOTTOM RIGHT)



Slobodno dostupne snimke satelita Landsat predstavljaju tzv. *geocover*-prikaz terena. U SWIR snimci područje 2 prikazano je kao plavi, područje 4 kao zeleni i područje 7 (ili 5) kao crveni kanal u RGB slici. Dostupne su snimke iz razdoblja oko 1990. i 2000. godine.

Rezultirajući prikaz nije stvarna slika područja, već se može koristiti za analizu pokrova. Ovako pripremljeni prikazi slobodno su dostupni na NASA-inu poslužitelju²⁶ i pokrivaju veći dio Zemlje.

DIGITALNA OBRADA SNIMAKA

DIGITAL IMAGE PROCESSING

U nastavku su iznesena zapažanja prilikom istraživanja primjene digitalne obrade dostupnih snimaka Landsat 7 i njihove moguće primjene u prostornim analizama. Istražene su neke osnovne obrade koje se mogu obavljati u programu za obradu rasterskih podataka.²⁷ Činjenica je da postoji veći broj specijaliziranih alata za pojedina područja primjene²⁸ koji ovdje nisu obrađeni.

Analiza treba ići u nekoliko smjerova. Prvo: istražiti mogućnosti obrade SWIR snimke u cijelosti dobivene s Landsat poslužitelja. Drugo: istražiti kako obrada pojedinoga RGB kanala u SWIR slici može istaknuti neki od zanimljivih sadržaja. Treće: primijeniti pojedine filtre kako bi se dodatno istaknuli neki elementi ili izdvojio određeni tematski sadržaj. I četvrto: odrediti koji od filtara može na prihvatljiv način izdvojiti rubne elemente snimke u daljnjem postupku vektorizacije.

²⁰ Return Beam Vidicon sensor – senzor na Landsat 1-3

²¹ MSS, Multispectral sensor – senzor na Landsat 1-5

²² TM, Thematic Mapper sensor – senzor na Landsat 4 i 5 zamijenio je RBV senzor.

²³ ETM, Enhanced Thematic Mapper senzor – senzor na Landsat 6 i 7

²⁴ RGB (Red-Green-Blue) ili crveni, zeleni i plavi kanal definiraju svaku sliku u boji. Kanal svake od 3 boje može biti neki od 8 područja. Takve kombinacije daju razne prikaze područja.

²⁵ An Introductory Landsat Tutorial, <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/tutorial/Landsat%20Tutorial-V1.html>

²⁶ Snimke se mogu preuzeti na adresi NASA-ina poslužitelja <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>.

²⁷ Konkretno, korišten je dostupni program Photoshop, tvrtke Adobe, ali se ovakva istraživanja mogu provoditi i drugim programima koji uključuju manipulaciju pojedinim kanalima RGB prikaza i određene filtre.

²⁸ Pojedini programski alati pokrivaju područje obrade snimaka dobivenih iz senzora za korekcije i poboljšanje kvalitete te dobivanje ortofoto-snimaka (npr. PCI Orthoengine tvrtke PCI Geomatics), a pojedini omogućuju dobivanje tematskih mapa, mapa pokrova, visinskih mapa i sl. (npr. ER Mapper). Jedan je od takvih integriranih programa Geomatica, tvrtke PCI Geomatics.

²⁹ PANAKULCHAIWIT i sur., 2004.

³⁰ KRIZANOVIC, 1999.

PRIMJENA FILTRA NA SNIMKE I KANALE

APPLICATION OF FILTERS
TO PHOTOGRAPHS AND CHANNELS

Nekoliko filtara za izostravanje snimke primjenjivi su, ali tek kod većega mjerila. Međutim, rezolucija Landsat snimaka ipak je premalena da bi se postigla značajna poboljšanja. Takva obrada može se primijeniti kod snimaka visoke rezolucije urbanoga područja, npr. snimke satelita IKONOS. Ukoliko se pokazuje detalj slike, onda se korištenjem filtra „unsharp mask” može izostravanjem dobiti privid veće detaljnosti snimke (sl. 3). Median je filtar koji omogućuje ublažavanje suma u slici pa time može poboljšati kvalitetu slike. Ovisno o rezoluciji i intenzitetu median filtra dolazi do gubitka točnosti i detaljnosti prikaza.²⁹ Primjena toga filtra na dostupne Landsat snimke primjenjiva je jedino u malome mjerilu, gdje je potrebna dobra kvaliteta prikaza i pregledan prikaz, jer se gube detalji.

Kod većega mjerila, s obzirom na dostupnu preciznost, gubitak detalja je prevelik. Posebno kod većega intenziteta median filtra prikaz prikazuje prosječne vrijednosti. U kombinaciji s filtrom equalize može se dobiti istaknuta npr. izgradnja. Pojedini filtri djelomično mijenjaju sadržaj snimke i time se gubi na preciznosti i pouzdanosti podataka. Međutim, tako naknadno obrađene snimke mogu se koristiti u analizama zona, zatim dinamike promjena u nekom području i sl. Pojedina istraživanja koriste ekspertne sustave i neuralne mreže³⁰ koje se koriste u analizama odnosa na razini svake točke određene valne duljine. Kako se radi o velikoj količini podataka, primjena ovih sustava umjetne inteligencije značajno će olakšati interpretaciju dobivenih podataka.

3D KARTE

3D MAPS

U tijeku ovoga istraživanja uočeno je da bi ove snimke mogle pružiti dodatne informacije ako bi se kombinirale s 3D podatcima (DTM) o područ-

TABLICA 4. OPIS POVRŠINA U PREKLOPLJENIM SNIMKAMA (LANDSAT 7)

TABLE 4 DESCRIPTION OF THE SURFACES IN OVERLAPPING PHOTOGRAPHS (LANDSAT 7)

	Stvarne boje R: Band 3 G: Band 2 B: Band 1	Lažne boje R: Band 4 G: Band 3 B: Band 2	SWIR (GeoCover) R: Band 7 G: Band 4 B: Band 2
Stabla i grmlja	sivozelena	crvena	nijanse sive
Usjevi	svijetlozelena	roza do crvene	nijanse sive
Vegetacija vlažnih područja	tamnozeleno do crne	tamnocrvena	nijanse zelene
Voda	nijanse plave i sive	nijanse plave	crna do tamnoplave
Urbana područja	bijela do svijetloplave	plava do sive	boja lavande
Gola zemlja	bijela do svijetlozelene	plava do sive	magenta, lavanda, roza

ju. Spajanje 3D podataka o području i GIS-a pojavilo se u posljednjih nekoliko godina. U tome smjeru idu i dodatci za vodeća GIS programska rješenja,³¹ a razvoj u području 3D prikaza tek je pred nama.³² Osim profesionalnih rješenja, ovdje se mogu primijeniti i neki dostupniji programi za 3D prikaz karata.³³ Postojeća rezolucija dostupnih snimaka mogla se primijeniti do mjerila od oko 1:100 000.³⁴ Sva ostala povećanja nisu dala dodatnu vrijednost prikaza, a postoji i ograničenje u besplatnom korištenju aplikacije. Tendencije idu u smjeru približavanja ovih tehnologija široj zainteresiranoj publici. Internet je u tome smislu i ovdje osnovni medij širenja svijesti o korisnosti ovih informacija. U tome smjeru ide i tvrtka Skyline,³⁵ gdje se može osim pojedinih gradova istražiti i površina Marsa prema podacima dobivenim iz postaje Spirit.³⁶ Na primjeru koji je istražen, koristili su se pripremljeni podatci o lokaciji u Francuskoj, Chamonix, jer su se mogle istražiti i opcije koje omogućuju analizu u 3D prostoru – poput zračne udaljenosti, visinske razlike i sl. Kroz takav prikaz moguće je samostalno se kretati ili koristiti prethodno definirane putanje. Prikaz je upotpunjen i drugim podatcima iz GIS-a, kao što je položaj pojedinih turističkih sadržaja na terenu.

PRIMJENA

APPLICATION

Iako je područje primjene snimaka iz zraka široko, glavno je područje istraživanja u fotogrametriji gdje se koristi već duže vrijeme.

SL. 4. PRIMJER UOČAVANJA ARHEOLOŠKOGA LOKALITETA: PUEBLO BONITU, CHACO CANYON, NEW MEXICO

FIG. 4 EXAMPLE OF NOTICING ARCHAEOLOGICAL SITES, PUEBLO BONITU, CHACO CANYON, NEW MEXICO

31 ESRI ArcGIS/View 3D Analyst omogućava korištenje DTM informacija u kombinaciji s ostalim GIS slojevima informacija. www.esri.com

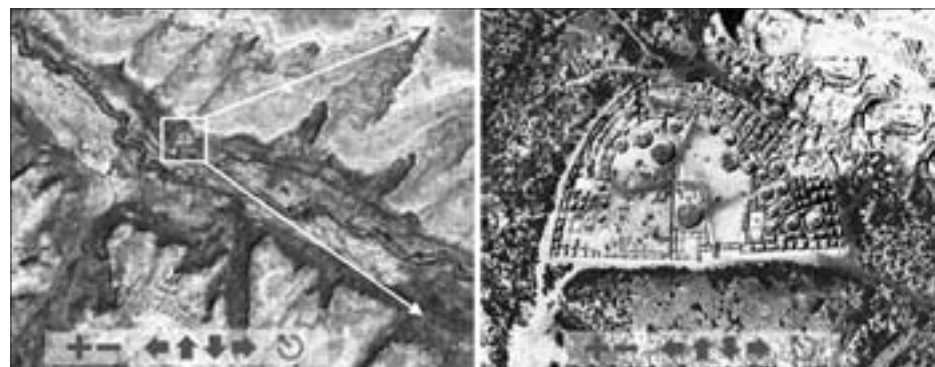
32 SMITH i sur., 2004.

33 Za primjer je korištena Landsat 4/5 Geocover karte N-33-45 iz 1990., koja ima rezoluciju 240 m, dok su sada dostupne i karte iz 2000. s rezolucijom 30 m.

34 GTOPO30 visinski podatci u DEM datoteci, Land Processes Distributed Active Archive Center. <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/gtopo30.asp>

35 Skyline Software Systems, Inc. i grupa proizvođača TerraExplorer koji prikazuju neke od gradova i drugih lokacija u 3D prostoru kroz koji se može kretati, ali i dobiti ostale informacije o tome prostoru. www.skyline.com

36 Earth Observing System (EOS). <http://www.eoscenter.com>



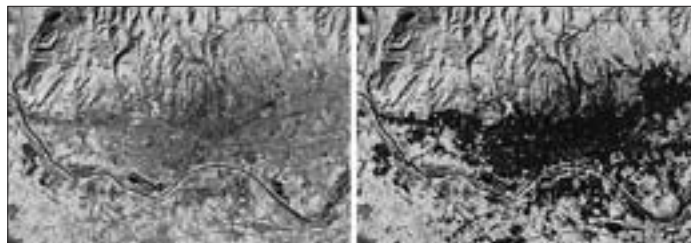


SL. 5. PRIMJENA FILTARA: ORIGINALNA SNIMKA (A), MEDIAN I EQUALIZE (B), TRESHOLD (C)

FIG. 5 APPLICATION OF FILTERS: ORIGINAL PHOTOGRAPH (A), MEDIAN AND EQUALIZE (B), TRESHOLD (C)

SL. 6. PRIMJENA FILTRA NA DOSTUPNIM LANDSAT SNIMKAMA: FILTAR EQUALIZE (A) I FUNKCIJE COLOR SELECT KAKO BI SE ZAMIJENILA BOJA I ISTAKNUO IZGRADENI PROSTOR (B)

FIG. 6 FILTERS APPLIED ON THE AVAILABLE LANDSAT PHOTOGRAPHS: FILTER EQUALIZE (A) AND FUNCTIONS COLOR SELECT IN ORDER TO REPLACE COLOUR AND EMPHASIZE THE BUILT ENVIRONMENT (B)



Urbanistima i planerima zanimljiva je primjena snimaka kao podloga za prostorne analize koje su sastavni dio postupka planiranja u prostoru.³⁷ Prikupljeni podatci iz snimaka iz zraka i rezultati analiza moraju biti sastavni dio geoinformacijskoga sustava³⁸ nekoga područja kako bi se u potpunosti iskoristio ovaj sustav kao sustav podrške planiranju.³⁹ U nastavku su navedena neka područja koja su zanimljiva za urbaniste i planere: kartografija – kartografske karte, katastarske karte, karte gradova, karte prometnica i infrastrukture, prostorne karte, visinske karte; okoliš (analiza odnosa) – karte pokrova, karte vodenih površina, karte staništa divljih životinja, karte cjelina pojedinih površina, karte onečišćenja okoliša, karte stanja vodenih površina, analize naplavnih površina, identifikacija rudnika i odlagališta, analize pustošenja terena; arheologija; prostorne analize – prostorne karte, visinske karte, karte gradova, karte nagiba, karte vidljivosti, karte pokrova, karte infrastrukture i prometa, analize zločina i nesreća, stapanje podataka.

PROSTORNE ANALIZE

SPATIAL ANALYSES

Detaljnije razmatranje prethodno navedenih primjena zahtijeva puno više prostora, a osim toga predstavlja danas evidentne prednosti daljinskih istraživanja o trenutnim događajima u prostoru. Zanimljivije je već sada predvidjeti mogućnosti koje nudi kontinuirano odnosno periodično bilježenje istovrsnih podataka. Tako je ovakvim daljinskim istraživanjem moguće pratiti razvoj, dinamiku, npr. urbanizacije prostora, ili promjene na većim vegetacijskim pokrovima zbog onečišćenja i sl. U svakom slučaju, povezivanje s ostalim podatcima koji upotpunjuju GIS jest neophodno.⁴⁰ Pri izradi prostornoplanske dokumentacije potrebno je prethodno analizirati prostor za koji je predviđena izrada prostornoga plana. Pri analizi prostora moguće je koristiti snimke iz zraka koje su dodatno obrađene kako bi se naglasio predmet analize. Na taj način možemo izvršiti analizu odnosa izgrađenoga i neizgrađenoga područja, izdvojiti mrežu prometnica ili površine za promet u mirovanju, trase infrastrukture, analizirati odnos vode-

nih i kopnenih površina, izvršiti analizu pokrova i druge analize.

PROMJENE TIJEKOM ODREĐENOGA RAZDOBLJA

MODIFICATIONS IN TIME

Stvaranjem baza snimaka u nekom periodu, svaka od prethodno navedenih analiza moći će pratiti promjene tijekom određenoga razdoblja. Da bi se lakše izvršila analiza, može se istaknuti pojedini sadržaj izmjenom boje, a onda se vektorizacijom tako dobivene površine mogu jednostavno mjeriti. Tako je izrađena analiza rasta urbanoga područja grada Springfielda, gdje su postojale snimke za razdoblje 1972. – 2000. godine⁴¹ (sl. 7). S obzirom na trenutnu pokrivenost i dostupnost snimaka iz zraka,⁴² moguće su komparativne analize svake od prethodno navedenih tema – kako unutar područja Hrvatske, tako i prema europskim i svjetskim područjima.

ARHEOLOGIJA

ARCHAEOLOGY

Arheologija je još jedno od interesantnih područja primjene.⁴³ Za neke prikrivene građevine ili ostatke iz prethodnih razdoblja, posebice u malome mjerilu, moguće je jednostavnije rekognosciranje korištenjem zračnih snimaka. U pojedinim slučajevima njih je jedino tako moguće otkriti. To u većoj mjeri omogućuje arheolozima da na vrlo precizno odrede-

³⁷ GAFFNEY i sur., 1996.

³⁸ Geografsko-informacijski sustav, GIS, osnovno je ishodište za istraživanje svih relevantnih informacija o nekom području. GIS uključuje ne samo fizičke već i ekonomske, gospodarske i vlasničke podatke o području, ali isto tako i sve ostale prikupljene podatke, kao npr. podzemne resurse, zagađenja, pokrov i sl. Pritom je važno da je sav sadržaj georeferenciran i tako smješten u sustav.

³⁹ Sustav podrške planiranju (Planning Support System, PSS) relativno je nov pojam koji se odnosi na složeni sustav GIS-a upotunjen alatima za modeliranje i vizualizaciju radi predočavanja složenih procesa u prostoru.

⁴⁰ TIWARI, 2003.

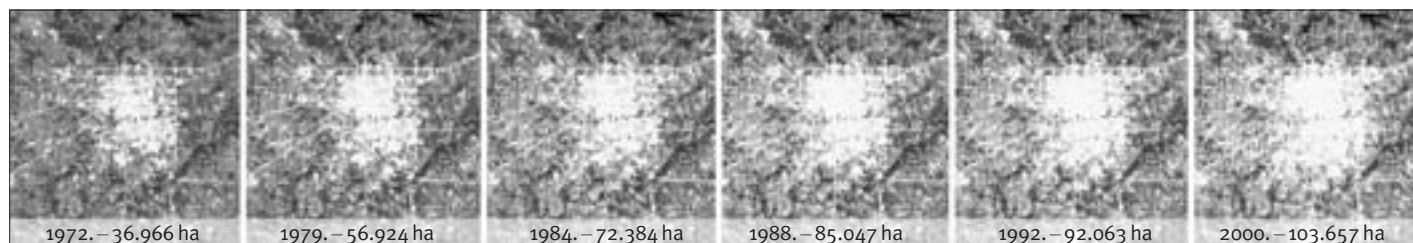
⁴¹ LANCIOS, 2003.

⁴² Google Earth trenutno pokriva s većom ili manjom preciznošću čitavu površinu Zemlje.

⁴³ Korištenje avionskih snimaka u arheologiji već je poznato od prvih snimaka sredinom prošloga stoljeća.

⁴⁴ GEORGOULA i sur., 2004.

⁴⁵ Ovdje se to odnosi na snimke sada dostupnih rezolucija, npr. Ikonos satelita i dr.



nim koordinatama provjere na terenu naznake mogućih lokaliteta koji su snimljeni iz zra-ka. Nadalje, takve snimke omogućuju izradu 3D modela područja iz kojeg se dodatno mogu istraživati prikriveni ili neobični prostorni odnosi (sl. 1). Kod slika vrlo visoke rezolucije (Ikonos) može se vizualnom percepcijom otkriti arheološki lokalitet koji prostorno nije dostupan (sl. 4). Međutim, vrlo često nije lako uočiti prikriveni element u prostoru. Stoga je zanimljiv projekt grupe istraživača⁴⁴ koji raznim preklapljenim Quickbird satelitskim snimkama, koristeći digitalnu obradu snimke, rekognosciraju određene elemente na terenu.

PROSTORNI EKSCESI

EXCESSES IN SPACE

Vrlo je zorna primjena zračnih snimaka u praćenju poremećaja u prostoru, kao što je bio slučaj u Aziji prilikom praćenja posljedica tsunamija nakon katastrofalnoga potresa krajem 2004. godine (sl. 8). Na slikama je vidljiva kvaliteta i vrsta informacija o promjenama koje su dostupne iz ovih satelitskih snimaka.

ZAKLJUČAK

CONCLUSION

Satelitske snimke, uz korištenje avionskih snimaka, danas predstavljaju dostupan izvor

podataka o događajima u prostoru. Kontinuirano prikupljanje ovakvih daljinskih istraživanja omogućuje usporedbe i praćenje događaja u prostoru. Povezani u GIS dobra su osnova za analize u prostoru. Potrebno je poticati korištenje novih tehnologija uopće, ali i koordinirati napore i sredstva za sustavno snimanje područja Hrvatske. Satelitske snimke⁴⁵ dobar su temelj za analize prilikom rada na prostornoplanskoj dokumentaciji jer za većinu informacija predstavljaju povoljniju opciju u odnosu na avionske snimke, ukoliko su dostupne.

S druge strane, avionsko snimanje daje preciznije i potpunije informacije. Dostupne snimke, npr. Landsat TM, s obzirom na svoju rezoluciju predstavljaju dobru osnovu za istraživanje primjene ovih snimaka o događajima u prostoru, pa i prilikom planiranja prostora. To pokazuje i sve veći broj znanstvenih i stručnih radova koji se oslanjaju upravo na Landsat snimke. Međutim, bez obzira na digitalnu obradu ili druge informacije o prostoru, one nisu dostatne za detaljniju stručnu primjenu, posebno u velikom mjerilu, ali se mogu dobro koristiti u edukaciji ili znanstvenim istraživanjima kroz komparativne analize raznih područja.

Nije potrebno posebno naglašavati da je javno objavljivanje i dostupnost svih raspoloživih snimaka veoma korisno za znanstveno-istraživačko djelovanje, a isto tako i za urbanizam i prostorno planiranje.

SL. 7. RAST URBANOGA PODRUČJA NA PRIMJERU GRADA SPRINGFIELDA

FIG. 7 URBAN SPRAWL – SPRINGFIELD

SL. 8. ZRAČNA SNIMKA PODRUČJA BANDA ACEH PRIJE I POSLIJE TSUNAMIJA

FIG. 8 AERIAL PHOTOGRAPH OF BANDA ACEH AREA BEFORE AND AFTER THE TSUNAMI



LITERATURA

BIBLIOGRAPHY

1. ALEXANDROV, A.; HRISTOVA, T.; IVANOVA, K.; KOEVA, M.; MADZHAROVA, T.; PETROVA, V. (2004.), *Application Of Quickbird Satellite Imagery For Updating Cadastral Information*, u: Conference proceedings XXth ISPRS Congress: 386-392, Istanbul
2. CHENG, P.; TOUTIN, T.; ZHANG, Y.; WOOD, M. (2003.), *QuickBird – geometric correction, path and block processing and data fusion*, „Earth Observation Magazine”, 12 (3), Littleton
3. CHENG, P.; TOUTIN, T.; TOM, V. (2000.), *Unlocking the Potential for Landsat 7 Data*, „Earth Observation Magazine”, 9 (2), Littleton
4. CAVAYAS F.; BAUDOUIN, Y.; GOSSELIN, C. (2003.), *SIGMA⁰: Better Monitoring of Urban Change*, „Géo-Info Newsletter of the Plan géomatique du gouvernement du Québec”, siječanj-veljača 2003., Montreal
5. FOWLER, M.J.F. (1995.), *Detection of archaeological features on satellite imagery*, AARGnews 10: 7-14
6. GAFFNEY, V.; OSTIR, K.; PODOBNIKAR, T.; STANČIĆ, Z. (1996.), *Satellite imagery and GIS applications in Mediterranean Landscapes*, u: Interfacing the past. Computer applications and quantitative methods in archaeology CAA 95 Vol. II [ur. Kamermans, H., Fennema K.], University of Leiden: 338-342, Leiden
7. GEORGOULA, O.; KAIMARIS, D.; TSAKIRI, M.; PATIAS, P. (2004.), *From The Aerial Photo To High Resolution Satellite Image. Tools For The Archaeological Research*, u: Conference proceedings XXth ISPRS Congress: 1055-1060, Istanbul
8. HUNG, M.-C. (2002.), *Urban Land Cover Analysis From Satellite Images*, u: Pecora 15/Land Satellite Information IV/ISPRS Commission I/FIEOS 2002 Conference Proceedings, Denver
9. KRIZANOVIĆ, K. (1999.), *Klasifikacija tipova zemljišta na temelju satelitskih snimaka u različitim dijelovima spektra*, diplomski rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
10. KUŠAN, V.; MUŽINIĆ, J.; VASILIK, Ž. (1997.), *Primjena satelitskih snimaka pri ornitološkoj valorizaciji urbanih biotopa*, u: Zbornik sažetaka priopćenja [ur.: Huber, Đ.], Hrvatsko biološko društvo: 226-227, Zagreb
11. LANCLOS, M. M. (2003.), *Assessing Urban Land Use Change and Impacts on Metropolitan Statistical Areas of EPA Region 7*, u: MoRAP, ASPRS Regional Meeting, Rolla
12. PANAKULCHAIWIT, N.; ATDIRATANAKUL, L. D.; DEJHAN, K.; CHEEVASUVIT, F. (2004.), *Adaptive Multi-Shell Median Filter for Improving Image Quality*, Proceedings of the 18th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS'97), Kuala Lumpur
13. SMITH, G.; FRIEDMAN, J. (2004.), *3D GIS: A Technology Whose Time Has Come*, Earth Observation Magazine, 13 (7), Littleton
14. TIWARI, D. P. (2003.), *Remote Sensing and G.I.S. for efficient Urban Planning*, u: MAP Asia Conference 2003, Kuala Lumpur

IZVORI

SOURCES

INTERNETSKI IZVORI

INTERNET SOURCES

Eurimage	http://www.eurimage.com
GISDevelopment	http://www.GISdevelopment.net
GoogleEarth	http://earth.google.com
Landsat 7	http://landsat.gsfc.nasa.gov , http://landsat.org
Nasa, Landsat	http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid ,
Quickbird	http://www.DigitalGlobe.com
TerraExplorer	http://www.skylinesoft.com
Terraserver	http://terraserver.microsoft.com

IZVORI ILUSTRACIJA

ILLUSTRATION SOURCES

- SL. 1. Satelitska SPIN-2 snimka, Sovinformspunik, 1997.
- SL. 2. Canada Center for Remote Sensing, <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/>
- SL. 3. Crtež: autorica (podloga snimka Ikonos, <http://www.DigitalGlobe.com>)
- SL. 4. Space Imaging, www.spaceimaging.com
- SL. 5. Crtež: autorica
- SL. 6. Crtež: autorica (podloga snimka Landsat, <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>)
- SL. 7. LANCLOS, 2003.
- SL. 8. Eurimage, <http://www.eurimage.com/tsunami/tsunami.html>

SAŽETAK

SUMMARY

AERIAL PHOTOGRAPHS AS DATA SOURCES FOR REMOTE SENSING IN PHYSICAL PLANNING

Aerial photographs are developing into the main sources of data intended for remote sensing of various activities in space and thus prove to be of great benefit to physical planning. Aerial and satellite photographs are ever more available and attractive. In addition to the already known aerial photographs, satellite photographs are nowadays widely available. This paper consists of three parts. The first part gives a review and characteristics of particular types of photographs. The second part is a research on the possibilities of using the available photographs through a digital image processing in order to emphasize a particular recorded content and obtain the required information. The third part refers to various possibilities of their application which might prove useful to urban and physical planners. The qualitative and quantitative value of the data and the way to obtain them from a particular type of photograph are here analyzed using examples from various professions. Advanced technology in the aerial photographs is the focus of research and application in the field of photogrammetry and remote sensing. Particular data, photographs and maps widely available nowadays via the Internet have been a major stimulus to this research. Aerial photographs used for remote sensing may be practically applied in physical and urban planning.

Remote sensing refers to an investigation of the activities in space where we are physically absent from. The most common reason for the unavailability of aerial photographs is economic. In spite of the fact that the aerial photographs of the Croatian territory do exist, they have not been widely available to Croatian users until recently. Due to economic reasons the new generations of satellite photographs have become more easily available than the aerial photographs. Cost-effectiveness will certainly increase if orders are coordinated at state level and thus funds would not be wasted on the overlapping of photographs. This fact is worth emphasizing particularly nowadays when this kind of data may be ordered directly via the Internet without involving the government institutions.

This paper analyzes three crucial points regarding these photographs: how useful are the photographs obtained in this way to a profession? Are they reliable enough? What might be possible ways to use them? A research into the basic digital image processing aims to demonstrate if and how it is possible to retrieve data from these photographs by means of the available tools that do not require geoinformatic knowledge.

Satellite photographs in addition to aerial photographs are nowadays a widely available source of data about the activities in space. Continuous gath-

ering of data obtained by remote sensing provides an opportunity to compare and track activities in space. Connected into a GIS they may serve as a sound basis for analyses in space. It is necessary to stimulate the use of new technology in general but also to coordinate efforts and means for a systematic surveying of the Croatian territory. Satellite photographs provide a solid basis for analyses needed for planning documentation since, if available, they seem to be a better option than the aerial surveying. On the other hand, aerial surveying offers more accurate and detailed data.

The available photographs, for example Landsat TM, as far as their resolution is concerned, are a solid basis for research into the application of these photographs of the activities in the space as well as into their use in space planning. This is proved by a growing number of scientific papers based on Landsat photographs. However, regardless of their digital image processing or other data about space, they are not sufficient for a more detailed professional application, particularly not large scale one. However, they may well be used for education or research purposes through comparative analyses from different scientific fields. It is hardly necessary to point out the importance of making these photographs publicly available. It would certainly be of great interest to scientists as well as to urban and physical planners.

SUZICA BUŠLJETA-VIDOVIĆ

BIOGRAFIJA

BIOGRAPHY

SUZICA BUŠLJETA-VIDOVIĆ, dipl.ing.arh., rođena je 1967. u Zagrebu. Diplomirala je 1994. godine na Arhitektonskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. U tijeku studija i prije zaposljavanja u Gradskoj upravi surađivala na nekoliko znanstvenih i stručnih projekata i natječaja. Od 1995. zaposlena u Gradskom uredu za izgradnju Grada kao stručna suradnica u početku, a kasnije kao stručna savjetnica za pripremu prostorne dokumentacije. 1997. godine položila državni stručni ispit za pristav I. vrste zvanja. 2001. položila stručni ispit arhitektonske struke. Upisala znanstveni poslijediplomski studij „Prostorno planiranje, urbanizam i parkovna arhitektura” 2003. godine.

SUZICA BUŠLJETA-VIDOVIĆ, Dipl.Eng.Arch., born 1967 in Zagreb. In 1994 she graduated from the Faculty of Architecture of the University of Zagreb. During her studies she took part in several research projects and competitions. Since 1995 she has been employed in the City Department of Physical Planning, Environmental Protection, Architecture, Utilities and Traffic first as expert associate and later as expert advisor for planning documentation. In 1997 she passed the state-administered exam and in 2001 her licensing exam. In 2003 she enrolled in the post-graduate scientific program in „Physical Planning, Urban Planning and Landscape Architecture”.

