

# SATELITSKI POSNETKI - VIR INFORMACIJ O PROSTORU

Zoran Stančič in Vincent Gaffney

UDK 528.9:659.2

SATELITSKI POSNETKI - VIR INFORMACIJ O PROSTORU

Zoran Stančič, dr., Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Gosposka 13, Ljubljana, Slovenija; Vincent Gaffney, dr., Field Archaeology Unit, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham, Velika Britanija

UDC 528.9:659.2

SATELITE IMAGES - SOURCE OF SPATIAL DATA

Zoran Stančič, Dr., Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Gosposka 13, Ljubljana, Slovenia; Vincent Gaffney, Dr., Field Archaeology Unit, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham, Great Britain

*Satelitski posnetki so izredno učinkovit vir informacij o prostoru. V prispevku so podana osnovna dejstva o satelitskih posnetkih in na kratko predstavljena izhodišča za pripravo ter obdelavo posnetkov na primeru otokov srednje Dalmacije.*

*Satellite images are extremely efficient source of spatial data. In the paper some basic facts on satellite imagery are presented, as well as examples on the data preparation and analysis from the case study on the Central Dalmatia islands are discussed.*

V razpravah in prikazih geografskih informacijskih sistemov se pogosto omenjajo satelitski posnetki. Previloma so predstavljeni kot eden najučinkovitejših virov informacij o prostoru. V mednarodnem projektu raziskav srednje Dalmacije, ki vključuje strokovnjake z Univerze v Birminghamu, Royal Ontario muzeja, Arheološkega muzeja v Splitu ter Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti v Ljubljani, raziskujemo spremembe poselitvenih vzorcev, strategije trgovanja in komunikacij v kontekstu opazovanja sprememb součinkovanja naravnega okolja ter človeka od neolitika tja do zgodnjega srednjega veka. Dele prvih raziskav, omejenih na otok Hvar, smo že predstavili (3), upamo pa, da bi z obdelavo območja na Srednjem Jadranu, ki bi se začel na celini in šel čez bližnje otoke do Palagruže na sredi Jadrana, lahko ugotovili in dokazali funkcijo posameznih otokov pri obvladovanju celotnega prostora ter spremembe strategij v gospodarstvu preteklih družb.

Za prostorske analize bi torej potrebovali natančne podatke o naravnem okolju. Zaradi pomanjkanja posebnih tematskih zemljevidov ponavadi uporabimo kar topografske načrte v merilu 1 : 5000 ali topografske zemljevide v merilih 1 : 25 000 in 1 : 50 000. Zaradi izredno hitrih sprememb v okolju so ti zemljevidi dostikrat že močno zastareli, ob tem pa se postavlja tudi prob-

lem neučinkovitega prenosa grafičnih podatkov na sodobne računalniške sisteme za obdelavo prostorskih podatkov. Ker smo se želeli izogniti digitalizaciji oziroma skeniranju kartografskih prilog, smo se odločili, da poskusimo s standardno alternativo - uporabo daljinskega zaznavanja. Za izbrano področje sicer obstaja cela vsta kakovostnih letalskih posnetkov, od tistih iz petdesetih let, do najsodobnejših (2), vendar pa nam posnetki za celotno območje niso bili na razpolago. Ker smo želeli zbrati podatke o naravnem okolju za celotno raziskovalno območje z natančnostjo nekaj deset metrov, letalski posnetki, ki omogočajo bistveno natančnejše lociranje v prostoru, ne bi predstavljali najbolj optimalne rešitve. Odločili smo se, da uporabimo satelitske posnetke.

Nad zemljo že vrsto let v različnih tirnicah kroži veliko satelitov, ki sistematično zajemajo podatke o zemeljski površini. Že samo pogled na vremenska poročila, ko lahko pogledamo satelitske posnetke premikanja oblakov čez celino, daje slutiti o možnostih tovrstnega načina zajemanja podatkov. Vendar pa za potrebe večine naših raziskav potrebujemo mnogo natančnejše podatke od tistih, ki jih dobimo z meteoroloških satelitov. Leta 1972 so postali širše dostopni posnetki ameriškega satelita LANDSAT. Kmalu je sledila uporaba teh posnetkov v številnih naravoslovnih znanostih. Problem pri prvih posnetkih je bil v sorazmerno slabi natančnosti, saj je

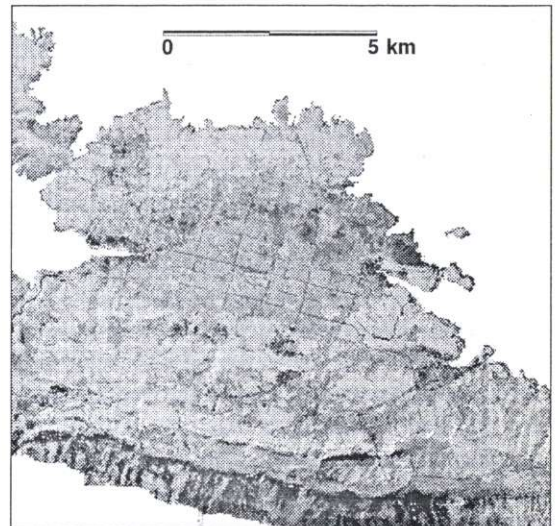
satelitski skener zbiral podatke po kvadratkih velikosti približno 60 krat 80 m, kar je mnogo preveč v primerjavi z zahtevano natančnostjo podatkov za naše raziskave. Kmalu so postali dostopni satelitski posnetki z večjo natančnostjo.

Danes praviloma uporabljamo posnetke ameriškega satelita LANDSAT, francoskega SPOT in nekaj sovjetskih, indijskih in japonskih satelitov. Na žalost pa slednji trije snemajo zemeljsko površje s fotografskimi tehnikami. To pomeni, da je originalen nosilec informacij fotografski film, ki ga sicer v nekaterih primerih pozneje skenirajo v digitalno obliko z dokaj veliko natančnostjo (tudi 5 krat 5 metrov na terenu), vendar je ogromna slabost tovrstnih posnetkov ta, da so omejeni zgolj na vidni pas elektromagnetnega sevanja. Zato se ponavadi odločamo med posnetki satelitov SPOT in LANDSAT. Na eni strani ima SPOT ločljivost 10 krat 10 metrov na terenu za pankromatske posnetke (kar je ekvivalent črno bele fotografije vidnega spektra), oziroma 20 krat 20 metrov za multispektralne posnetke. LANDSAT skener, imanovan Thematic Mapper, pa ima ločljivost 30 krat 30 metrov, in sicer za sedem delov elektromagnetnega spektra, od vidnega dela do bližnjega in srednjega infrardečega dela sevanja. Vsak satelitski posnetek pokriva pri LANDSAT-u kvadrant velikosti približno 180 kilometrov, pri SPOT-u pa 60 kilometrov (4).

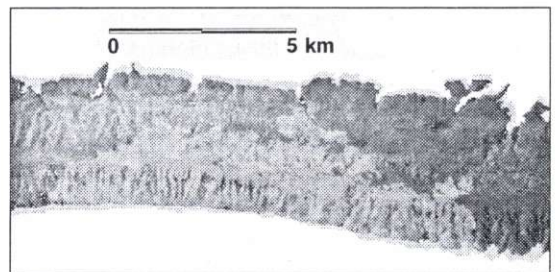
Kakorkoli že, satelitski skenerji so izdelani kot kompromis med željami pokriti čimvečje območje s čimboljšo ločljivostjo (oziroma čim manjšo velikostjo kvadratkov) ter dejanskimi možnostmi prenosa podatkov. Tako je sicer možno, da se močno zmanjša velikost kvadrata, tudi mnogo pod meter, vendar je z današnjo tehnologijo prenosa elektron-

skih podatkov v tem primeru potrebno območje enega satelitskega posnetka primerno zmanjšati. Pri SPOT-u so se odločili, da dajo malenkost natančnejše posnetke (manjši kvadrati) vendar so morali zmanjšati velikost posnetka na kvadrant velikosti 60 krat 60 kilometrov. Mi pa smo se zaradi predpostavke, da našim raziskavam zadošča velikost kvadrata 30 krat 30 metrov in v upanju, da nam bo boljša spektralna ločljivost sedmih kanalov omogočila boljše in lažje potrebno klasifikacijo, odločili za posnetke LANDSAT.

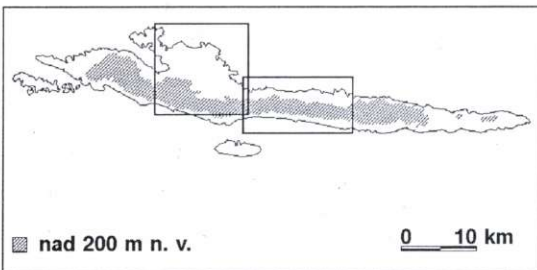
V raziskavah smo uporabili posnetke iz julija



Slika 2: Satelitski posnetek Starigradskega polja z dobro vidno grško parcelacijo v pravokotnikih.



Slika 3: V temni barvi se dobro vidi območje požara na osrednjem delu otoka Hvara, bele lise na južnem pobočju otoka pa so neporaščena območja, ki jih požar ni prizadel. Posnetek je bil narejen 31. julija 1993.



Slika 1: Otok Hvar z označenimi izseki satelitskih posnetkov.

1989, 1990 in 1993. Izbrali smo le takoimenovane četrtscene celotnih posnetkov, saj ena četrtscena pokriva celotno območje raziskav velikosti 90 krat 90 kilometrov. Na vso srečo smo lahko bili pri zahtevah o popolnem nepokritju z oblaki zelo rigorozni in nam ni manjkalo izbire med posnetki brez kakršnihkoli oblakov. Pred postopkom obdelave posnetkov je potrebno le te umestiti v prostor. LANDSAT-ovi posnetki so namreč za malenkost zamaknjeni v smeri urnega kazalca od smeri severa in je zato potrebno izvesti rotacijo posnetkov, hkrati pa posnetek vpeti v koordinatni sistem. Ker smo preostale prostorske podatke zbrali v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu, smo se odločili, da ta koordinatni sistem uporabimo tudi v naših raziskavah. Postopek geokodiranja je načeloma enostaven. Izberemo nekaj deset dobro definiranih točk enakomerno razporejenih po posnetku, jim določimo Gauss-Krügerjeve koordinate iz topografskih zemljevidov, nato odčitamo slikovne koordinate teh točk na satelitskih posnetkih, po metodi naj-

manjših kvadratov izračunamo matriko transformacij, po potrebi izločimo nekaj točk z največjimi izstopanji zaradi pogreškov in nato izpeljemo transformacijo na celotnem delovnem področju. Seveda mora biti natančnost te operacije pod natančnostjo samega zajemanja satelitskih podatkov, torej najmanj  $\pm 30$  metrov.

Vendar pa smo v praktičnem delu naleteli na vrsto težav. Najprej, odločili smo se za uporabo topografskih zemljevidov 1 : 50 000, saj smo pričakovali, da nam bo grafična natančnost odčitavanja koordinat  $\pm 10$  metrov zadoščala. Na žalost pa so bili zemljevidi starejšega datuma, večinoma izdelani v petdesetih letih. Prav zato je bilo nemogoče izbrati točke znotraj otokov, kot so na primer križišča cest ali podobno, saj se je stanje v štiridesetih letih spremenilo do nerazpoznavnosti. Omejeni smo bili na točke z obale. Nekaj zemljevidov pa je pri tem povzročale težave. Še najtežje je bilo pri geokodiranju južne obale Visa, kjer je pri tisku zemljevida 1 : 50 000 prišlo do več kot milimetrskega odsto-



*Slika 4: Opustošenje, ki ga za sabo pusti požar. Dobro se vidi apnenčasta kamninska osnova, opustošenje pa bo še večje po eroziji, ki bo sledila. (Foto: Z. Stančič.)*

panja med linijo obale in morja. Zato smo morali po večkratnih neuspešnih poskusih delovno območje razširiti in poiskati kontrolne točke na zanesljivejši obali sosednjega Biševa.

Po končanih pripravljalnih delih in geokodiranju je potrebno vsebino na posnetkih klasificirati. Postopek klasifikacije pomeni, da glede na potrebe združimo tematske informacije v posamezne razrede in poskušamo določiti, v kateri razred spada vsak posamezni kvadrant na posnetku. Obstajata dva različna pristopa klasifikacije. Prvi je postopek takoimenovane nenadzorovane klasifikacije, kjer lahko določimo število razredov, v katere želimo, da se razvrstijo posamezni kvadranti posnetka. Nato določimo, kateri spektralni kanali se bodo uporabili v klasifikaciji. Velja namreč, da se na eni strani v marsičem prekrivajo informacije iz prvih treh kanalov, ki predstavljajo vidni del elektromagnetnega spektra. Za potrebe klasifikacije rahlih odtenkov v vegetacijskem pokrovu ali vlažnosti tal so zelo koristni četrti, peti in sedmi kanal, ki pokrivajo bližnji infrardeči del sevanja.

Izpeljali smo vrsto poskusov nenadzorovane klasifikacije z metodo klasterskih analiz. Vsakič smo rezultate primerjali s tematskimi zemljevidi iz prostorskega ureditvenega načrta Hvara, predvsem pa z zemljevidoma rastja in prsti (3), letalskimi posnetki Starigradskega polja ter topografskim zemljevidom v merilu 1 : 50 000. Zlahka smo določili sedem glavnih tipov rabe tal: urbana območja, odprta območja, vinograde, sredozemsko makijo, gozdove, travnike in območja intenzivnega poljedelstva.

V marsičem so se prekrivala območja, klasificirana kot urbana in odprta, kar smo na koncu koncev tudi pričakovali. Ker smo želeli poskusiti klasificirati tudi bolj rafinirane odtenke rabe tal, vključujoč oljke, sadovnjake in podobno, smo se odločili za poskus nadzorovane klasifikacije. Postopek nadzorovane klasifikacije je tak, da se na podlagi dejanskega stanja na terenu, ki ga lahko ugotovimo bodisi z zbiranjem podatkov na samem terenu ali z letalskimi posnetki, ter po natančnem opazovanju satelitskih posnetkov izbere za vsak razred klasifikacije nekaj poligonov, ki obkrožajo homogena območja določene rabe tal. Nato se izračunajo statistične značilnosti posamezne kategorije v satelitskih kanalih. Sledi primerjava vsakega klasificiranega kvadranta

posnetka s "podpisom" testnega območja in izračuna verjetnost pripadanja določenemu razredu rabe tal. Primerjava rezultatov nadzorovane in nenadzorovane klasifikacije nam kaže na bolj rafinirane možnosti določanja rabe tal. Ob opravljenih raziskavah smo bili presenečeni, da se na posnetkih vidijo celo nekatere arheološke strukture (slika 2). Seveda gre za grško parcelacijo Starigradskega polja, ki pokriva območje kakih 20 km<sup>2</sup>. Zlahka smo tudi locirali in izmerili območja gozdnega požara na otoku Hvaru, ki je leta 1993 opustošil osrednji del otoka (sl. 3).

Kljub temu, da dela še potekajo, je nekaj rezultatov že jasnih. Opisane težave pri klasifikaciji so rezultat izredne težavnosti terena. Poljedelstvo otoka označuje ekstenzivna polikultura. Na eni sami parceli pogosto gojijo veliko število različnih kultur, ki jih pogosto zakrivajo tudi sadna drevesa ali oljke. Hkrati je za otoke značilna izredna razdrobljenost parcel. Skoraj 45 odstotkov parcel na Starigradskem polju je manjših od kvadranta 30 krat 30 metrov, torej manj od natančnosti LANDSAT posnetka. Dodaten problem predstavljajo tudi kamnite groblje in kraški zidovi ter terase. Ti stojijo bodisi ob zemljiških parcelah ali znotraj njih. Tako se redno dogaja, da je zaradi izrednega odsevanja apnenčastega kamena signal z zemlje močno popačen.

Toda kljub težavam so prvi rezultati zelo vzpodbudni. Vsekakor satelitski posnetki predstavljajo najbolj učinkovit vir kakovostnih podatkov o rabi tal za arheološke prostorske analize. V sorazmerno kratkem času smo uspeli izdelati zemljevid rastja, ki je neprimerljivo boljši od obstoječih zemljevidov. Z opisano metodo bomo lahko obdelali tudi celotno območje raziskav, kar bi nam z drugimi načini zajemanja podatkov zagotovo ne uspelo.

1. Bognar, A. 1990: *Geomorfološke i inženjerisko geomorfološke osobine otoka Hvara i ekološko vrednovanje reljefa. Geografski glasnik 52. Zagreb.*
2. Lipej, B. 1992: *Slovenija na letalskih posnetkih. Geografski obzornik 39/2. Ljubljana.*
3. Stančič, Z. in Gaffney, V. 1993: *Arheologija pokrajine in GIS. Geografski obzornik 40/3. Ljubljana.*
4. Tretjak, A. in Šabič, D. 1987: *Digitalna satelitska teledetekcija. Uporaba metod satelitske teledetekcije za potrebe kmetijske statistike. Ljubljana.*