

# Nove metode arheoloških prostorskih analiz

Zoran Stanić  
Filozofska fakulteta, oddelek za arheologijo  
Univerza v Ljubljani

Vincent Gaffney  
Department of Archaeology  
University of Reading, Great Britain

Sodobna evropska arheologija se kljub dolgotrajni tradiciji še vedno ukvarja z enakimi problemi kot si jih je zastavila pred stoletji. Ključno vprašanje večine arheoloških raziskav je: „Kje je arheološko najdišče?“, hkrati pa ostaja zanemarljiv najpomembnejši problem raziskav preteklih družb, to je: „Zakaj je neko najdišče tam kjer je?“. Najnovejša arheološka teoretična dognanja se zato iz locusa usmerjajo v pokrajino, od posameznega artefakta k celotni družbi.

Nove metode arheoloških prostorskih analiz si za cilj postavljajo dojevanje preteklih družb in njihove interakcije z okoljem, tako naravnim kot socialnim. Le tako je moč dobiti celovit vpogled v ekonomsko, socialno in politično strukturo teh družb, hkrati pa opazovati dinamiko njihovih sprememb. Do pred kratkim je bilo reševanje tovrstnih problemov izredno težko. Z razvojem tehnologije geografskih informacijskih sistemov se teh raziskav z osnovnim znanjem lahko loti vsak posameznik. Predstavljene so teoretične osnove in nekaj praktičnih aplikacij na področju raziskav otoka Hvara v Dalmaciji.

**DESKRIPTORJI:** prostorska analiza, arheologija, geografski informacijski sistem (GIS)

## A NEW METHOD OF ARCHAEOLOGICAL SPATIAL ANALYSIS

Despite a long tradition of archaeological research within Europe, the majority of contemporary archaeologists still confine themselves to several very limited goals: essentially what are archaeological sites and where are they? More provocative questions including the most fundamental problem, why archaeological sites should be situated in a specific location are usually not attempted. As a result of this research lacuna, recent theoretical approaches to archaeological site location have emphasised the need to carry out research at a variety of scales: from the single location to the whole landscape and to incorporate data on individual artefacts and complete societies.

In order to carry out such ambitious aims, novel methods of spatial analysis are now being applied which allow archaeologists to examine the interaction between past communities and the social and natural environment. These techniques allow us an insight into the economic, social and political structures of society but also place a special emphasis on the dynamics of change. Such possibilities have only become a reality within the last few years because of the rapid development of Geographical Information System (GIS) technologies. This paper describes the theoretical base underpinning the use of GIS within archaeology and presents several GIS applications using data from the island of Hvar in Dalmatia.

**KEYWORDS:** Spatial Analysis, Archaeology, Geographical Information System (GIS)

## 1. Uvod

Do pred kratkim je zemlja bila glavni in ponavadi edini medij arheoloških raziskav. Kljub neispodbitem dejstvu, da arheologi ne prednjačijo v sprejemanju novih tehnologij pa se je do danes stanje v marsičem spremenilo. Eno od najzanimivejših področij aplikacij različnih kvantifikativnih metod v arheologiji so prostorske raziskave. Vsaka arheološka študija namreč vključuje tudi izvednotenje prostorskih podatkov: arheološke kulture so vezane na določene lokacije na kontinentalnem nivoju, posamezna najdišča so locirana znotraj regij, tudi položaj artefaktov znotraj najdišč je prostorski podatek. Vendar pa odgovorov na kompleksna vprašanja, kot so na primer, kakšno je razmerje med naravnim okoljem in posameznimi najdišči ali pa kakšne so možnosti za gospodarjenje znotraj interesnega območja posameznega najdišča, s standardnimi analitičnimi metodami (Hodder in Orton 1976) ni bilo moč dobiti.

Prav zato so najprej ameriški pozneje pa tudi evropski strokovnjaki odprti rok sprejeli novo tehnologijo geografskih informacijskih sistemov (GIS). Geografski informacijski sistem je računalniška tehnologija, ki omogoča učinkovito shranjevanje, manipulacijo, obdelavo in prezentacijo prostorskih podatkov (Burrough 1986).

GIS se največ uporablja v ameriški arheologiji. Prve uspešne aplikacije lahko zasledimo že v začetku osemdesetih let (za pregled glej Kvamme 1989) in sicer tako v spomeniško varstveni službi, kot tudi v akademskih raziskavah. Za potrebe spomeniškega varstva deluje GIS kot sistem, ki omogoča kakovostno varovanje in upravljanje arheoloških spomenikov (Parker 1986, Altschul 1990). Tako nekatere državne arheološke baze podatkov v ZDA že vključujejo GIS. Smisel takih baz je vključevanje arheoloških podatkov v splošni sistem prostorskih informacij predvsem zaradi nadzovanja namenske rabe zemljišč. Ob tem je možno tudi lociranje najbolj ogroženih spomenikov in njihovo varovanje.

Na drugi strani so različne arheološke raziskave pri katerih želimo izvednoti prostorski element arheoloških podatkov. Te raziskave potekajo na večih nivojih (Williams et al. 1990). Na primer na makro nivoju, kjer raziskujemo distribucijo kultur ali trgovinsko mrežo denimo na področju Srednje Evrope. Sledi nivo, ki je vezan na družbenopolitične meje, torej državni nivo, kjer opazujemo distribucijo skupin najdišč v okviru neke države. Na regionalnem nivoju se ukvarjamo z analizo poselitve v regiji in z odnosi med posameznimi najdišči (Kvamme 1989). Lokalni ali mikro nivo uporabe GIS pomeni osredotočenje na posamezno najdišče in aktivnosti znotraj njega (Gill in Howes 1985). Seveda vsak od teh nivojev zahteva primerno organizirano bazo podatkov. Tudi podatki morajo biti zajeti z določeno natančnostjo. Tako na primer se ne bomo spraševali o distribuciji posameznih kultur z natančnostjo 100 m ali 1 km. Istočasno nam na lokalnem nivoju lahko relevantno natančnost pomeni nekaj centimetrov. Kljub temu torej, da bomo z zelo različno natančnostjo, z različnimi viri podatkov postavljali različna vprašanja, pa bomo še vedno uporabljali enaka orodja GIS. Vse pa kaže, da si arheologi že po prvih uspešnih aplikacijah nadaljnega dela brez GIS sploh ne morejo zamisliti (Peregrine 1988).

## 2. Pilotna študija arheološke poselitve otoka Hvara

Na Oddelku za arheologijo ljubljanske Univerze se od leta 1981 ukvarjamo z arheološko študijo otoka Hvar (Kirigin in Slapšak 1986). Ko smo leta 1988 privedli h koncu izdelavo arheološke baze podatkov smo se ob pogledu na dostopne karte o naravnem okolju, izdelane za potrebe prostorskega načrta otoka vprašali, kako je naravno okolje vplivalo na sistem poselitve otoka v različnih časovnih obdobjih. Že preprosto kartiranje položaja najdišč na posameznih tematskih kartah nam je pokazalo, da povezave so, vendar pa kaj več od tega enostavno nismo mogli ugotoviti. Jasno nam je bilo, da bi za celovito izvednotenje potrebovali GIS.

Po definiciji ciljev in vpogledu v tehnologijo smo se odločili za rasterski GIS. Razlogov za to je več. Ker je naš glavni cilj bil, da na regionalni ravni analiziramo odnos med arheološkimi najdišči in naravnim okoljem, ki se v prostoru ponavadi spreminja kontinuirano, je rasterski sistem primernejši. Meje med posameznimi kategorijami podatkov o paleookolju, ki jih interpoliramo bodisi iz podatkov o sedanjem okolju, ali pa na podlagi posebnih analiz in vzorčenja, so marsikdaj nejasne. Tako je na primer pomembna sprememba gladine morja, ki je bila še pred 15000 leti za kakih 100 m nižje kot danes (Šegota 1979). Izredno zanimivi so tudi procesi erozije in akumulacija, ki so v izredno kratkem času temeljito spremenili rodovitnost tal na nekaterih področjih.

Ker GIS tehnologije takrat še nismo obvladali, smo se na pomoč obrnili na Arkansas Archaeological Survey (AAS) na Univerzi v Arkansasu, Fayetteville, ZDA. AAS že leta deluje na področju aplikacije kvantifikativnih metod v arheologiji, od leta 1986 pa uporablja in razvija GIS GRASS (Geographical Resources Analysis Support System) za različne potrebe arheoloških raziskav.

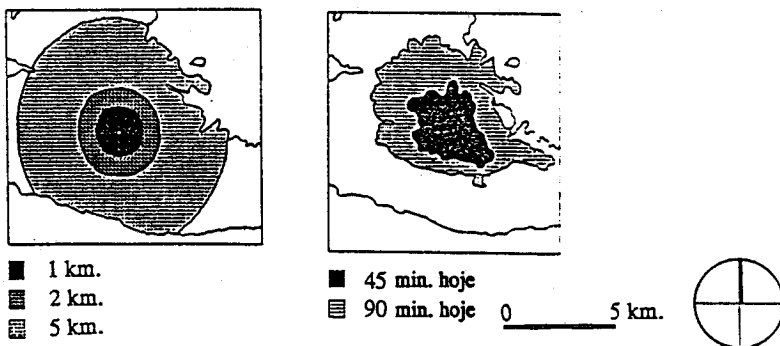
GRASS je interaktivni programski paket, prirejen za obdelavo, analizo in prikazovanje geografskih podatkov. Razvila ga je ameriška vojska za potrebe nadzora uporabe zemljišč na vojaških vadbennih področjih. Glavni cilj je bil zagotavljanje optimalne izrabe tal vojaških zaprtih območij, ohranjanje okolja za potrebe dolgoročne intenzivne dejavnosti, hkrati pa varovanje naravne in kulturne dediščine ter zagotavljanje sekundarne uporabe, vključujoč gozdarstvo, lov, pašo ter rekreacijo (Lozar in Goran 1987).

GRASS je programski paket, napisan v jeziku C, in temelji na operacijskem sistemu UNIX. Trenutno je dostopen na številnih delovnih postajah: Sun, Concurrent, Intergraph, Apple Macintosh, PC386 in 486, AT&T 3B2, DEC in IBM 6000. GRASS je rasterski geografski informacijski sistem, ki omogoča uporabniku, da shrani, analizira in prikaže podatke bodisi v obliki barvnih slik bodisi v obliki statističnih rezultatov. Omogoča digitalizacijo topografskih in tematskih kart s celo vrsto digitalnikov, hkrati pa podpira vnos digitalnih podatkov: DMR, aeroposnetkov ali pa satelitskih posnetkov SPOT ter LANDSAT. Posnetke lahko nadalje obdelamo s celo vrsto filtrov, lahko jih postavimo v državni koordinatni sistem, informacije pa ekstrahiramo s procesi multispektralne klasifikacije (Madry 1989). GRASS ima module za analizo DMR za potrebe določanja optimalne poti, medsebojne vidnosti, analizo porečij... Obstaja tudi močan statistični modul za potrebe univariantne statistike. GRASS ima tudi module za komunikacijo z drugo GIS programsko opremo, hkrati pa je izrednega pomena integracija geografskega informacijskega sistema z močnimi bazami podatkov ter statističnimi paketi za potrebe shranjevanja kompleksnih podatkov in njihove multivariantne analize (Farley 1989).

Treba je poudariti, da je ta programska oprema izredno enostavna za uporabo. Vsak modul lahko dosežemo na nekaj različnih načinov. Tako je na primer začetniku najlažje vse postopke opraviti prek cele vrste menijev, izkušenejši uporabnik pa lahko uporabi interaktivne ukaze, ki ga enostavno vodijo skozi proces. V tem primeru računalnik ob klicanju kakega modula postavi celo vrsto podvprašanj, na katera mora uporabnik odgovoriti. Izkušen uporabnik GRASS-a pa lahko vse ukaze pokliče z direktnimi ukazi v eni vrstici. Tako sistem omogoča, da uporabnik izbere način dela, ki mu glede na njegovo lastno znanje tudi najbolj ustreza.

Namen tega teksta ni dataljno prikazati vse aplikacije GIS na otoku Hvar, več podatkov in celovit pregled je moč dobiti drugje (Staničič in Gaffney 1991), zato si le na kratko oglejmo nekaj najuspešnejših. Z analizo DMR smo določili vplivna območja in distribucijo bronastodobnih in železnodobnih gradišč. GIS namreč omogoča bistven premik od tradicionalnega arheološkega pristopa, ki temelji na enostavnih krožnih vplivnih območjih najdišč. Z upoštevanjem DMR, težavnosti premikanja po terenu in časa, ki ga za določen

premik porabimo, lahko dobimo bolj realne približke vplivnih območij (slika 1). Ta so zdaj nepravilne oblike, kar je posledica vpliva terena na hitrost in težavnost premikanja. Brez GIS bi bilo število operacij, potrebnih, da bi dobili nek podoben rezultat, popolnoma neovladljivo.

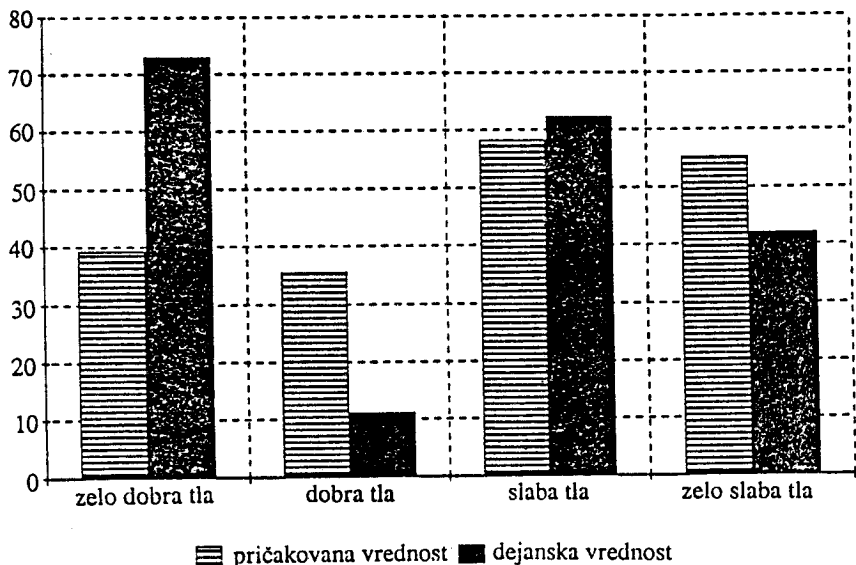


Slika 1 Primerjava tradicionalno in z GIS določenega vplivnega območja gradišča Gračišče

GIS v marsičem olajša tudi statistične analize lokacije najdišč, kar kaževa dve študiji. V raziskavah distribucije kamnitih grobelj in gomil iz časa od bronaste dobe pa do 1.st.pr.n.št. je dokazano, da se ti spomeniki praviloma pojavljajo na tleh, ki so najbolj primerna za poljedelstvo. Glede na to, da 50% teh velikih kupov kamena ob izkopavanjih ne kaže nikakršnih sledov pokopov, je ta ugotovitev potrdila hipotezo, da so mnoge od teh struktur enostavno rezultat nekdanjega čiščenja polj in ne le pogrebni običajev. V tej analizi smo uporabili enostaven  $hi^2$  test, kjer smo analizirali statistično razmerje med različnimi kakovostnimi pedološkimi razredi in distribucijo teh spomenikov (tabela 1 in slika 2). Dokazano je, da obstaja statistično pomembna povezava med tlemi, ki so klasificirana kot zelo dobra in grobljami ter gomilami. Hkrati se ti spomeniki izogibajo slabših tal. Na drugi strani so podobne analize rimskih podeželskih vil pokazale jasno koncentracijo teh najdišč na področjih z najboljšimi tlemi, boljše mikroklimo in predvsem na flišni in aluvialni geološki osnovi. Rezultati teh raziskav so nam omogočili izdelavo prediktivnega modela rimske poselitve (slika 3), ki definira področja, kjer je bi bila intenzivnost rimske poselitve glede na naravne danosti največja.

Tabela 1  $Hi^2$  test razmerja med kakovostnimi razredi tal in grobljami ter gomilami

tla	pokritje v %	pričakovo število	dejansko število	Hi 2
zelo dobra	21.0	39.4	73	28.6
dobra	18.9	35.6	11	16.9
slaba	30.8	57.9	62	20.3
zelo slaba	29.3	55.1	42	23.1
skupaj	100.0	188.0	188	



Slika 2  $H_i^2$  test razmerja med kakovostnimi razredi tal in grobljami ter gomilami



Slika 3 Prediktivni model Rimske poselitve otoka Hvara

Morda je pomen GIS za arheološke regionalne študije najbolj predstavljen v analizi grške kolonizacije otoka. Grški kolonizatorji, ki so bili omejeni predvsem na naselbino Pharos (današnji Stari grad), so očitno bili v neprestanih konfliktih z ilirskimi domorodci. Nad Starigrajskim poljem so postavili dva opazovalna stolpa, ki sta zelo verjetno pomenila sistem opazovanja in opozarjanja, najbrž s pomočjo dimnih signalov, ob napadu Ilirov. Analize vidnosti z GIS ob uporabi digitalnega modela reliefa jasno kažejo, da sta bila stolpa vizuelno povezana s Pharosom in da sta imela pregled nad precejšnjim delom okolice (slika 4). Hkrati je z analizo optimalne poti med Pharosom in enim opazovalnim stolpom rekonstruirana najbolj verjetna takratna komunikacija.

### 3. Zaključek

Relativno kratko pilotno študijo s področja uporabe GIS tehnologije v arheoloških regionalnih raziskavah smo končali. Ob vrsti dobrih arheoloških rezultatov so zelo pomembne tudi pridobljene izkušnje za nadaljnje delo v Sloveniji. Jasno so se pokazale tudi nekatere pomanjkljivosti in področja, kjer je pri teh delih potrebno biti nadvse previden. Najprej je to vprašanje kontrole podatkov in natančnosti. GIS omogoča izredno enostavno in hitro manipuliranje s podatki, ki so različni po svoji natančnosti. Tako se kaj hitro lahko zgodi, da izgubimo vpogled v natančnost dobljenega rezultata. Ob delu z arheologi se je pokazal tudi problem vizualizacije podatkov. Z GIS je moč producirati izredno lepe temetske prikaze, ki marsikdaj tako fascinirajo uporabnika, da se ta enostavno več ne vpraša ali je to res tista informacija, ki jo je želel. Kljub temu, da je to mogoče koristno izrabiti v propagandne namene pa moramo GIS postaviti na pravo mesto, kot orodje, ki na podlagi znanih podatkov omogoča generiranje novih informacij.

### Literatura

- Altschul J.H., 1990. Red flag models: the use of modelling in management contexts, v Allen, K.M.S., Green, S.W. in Zubrow, E.B.W. (eds.) *Interpreting space: GIS and archaeology*, London, 226-238.
- Burrough P.A., 1986. *Principles of geographical information systems for land resources assesment*, Oxford.
- Farley J.A., 1989. Integrating relational database capabilities with the GRASS geographic information management system, *Proceedings of the 1988 Geographical Resource Analysis Support System (GRASS) User Group Meeting*, USA CERL Technical Manuscript N-89/18, Champaign, Illinois, 58-62.
- Gill S.J. and Howes D., 1985. A geographic information system approach to the use of surface samples in intra-site distributional analysis. Referat na *International Symposium on Data Management and Mathematical Methods in Archaeology*, International Union of Pre- and Protohistoric Sciences, Denver.
- Hodder I. in Orton C., 1976. *Spatial analysis in archaeology*, Cambridge.
- Kirigin B. in Slapšak B., 1986. Starigradsko polje na otoku Hvaru, *Arheološki Pregled* 1985, 26, 207-208.
- Kvamme K.L., 1989. Geographic information systems in regional archaeological research and data management, v Schiffer, M.B. (ed.) *Archaeological Method and Theory*, Vol.1, University of Arisona Press, Tucson, 139-203.
- Lozar R.C. in Goran W.D., 1987. GRASS for military land use planning, *The Military Engineer*, 468-469.
- Madry S.L.H., 1989. Geographic Resources Analysis Support System (GRASS), an integrated public domain GIS and image processing system, *GIS/LIS'89 proceedings*, Orlando, Florida, Vol.2, 743-750.
- Parker S., 1986. The role of geographic information systems in cultural resource management, v Opitz B.K. (ed.) *Geographic information systems in government*, Vol.1. Hampton, Virginia, 133-140.
- Peregrine P., 1988. Geographic information systems in archaeological research: prospects and problems, *Proceedings of GIS/LIS'88*, San Antonio, Texas, Vol.2, 873-879.
- Stančič Z. in Gaffney V., 1991. Napovedovanje preteklosti - uporaba GIS v arheološki študiji otoka Hvara, Ljubljana.

Šegota T., 1979. Paleoklimatske i paleogeografske promjene, Praistorija jugoslovenskih zemalja I, paleolitsko i mezolitsko doba, 21-33.

Williams I., Limp W.F. in Briuer F.L., 1990. Using geographic information systems and exploratory data analysis for archaeological site classification and analysis, v Allen, K.M.S., Green, S.W. in Zubrow, E.B.W. (eds.) Interpreting space: GIS and archaeology, London, 239-273.