

Primjena magnetometrijskih ispitivanja na arheološkom lokalitetu Nedeljkova humka

Mirko Petković, Vesna Cvetkov, Milorad Ignjatović, Dejan Naumov



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Primjena magnetometrijskih ispitivanja na arheološkom lokalitetu Nedeljkova humka | Mirko Petković, Vesna Cvetkov, Milorad Ignjatović, Dejan Naumov | Aktuelna interdisciplinarna istraživanja tehnologije u arheologiji jugoistočne Evrope: zbornik radova, Prvi skup Sekcije za arheometriju, arheotehnologiju, geoarheologiju i eksperimentalnu arheologiju Srpskog arheološkog društva, Beograd, 28.02.2020. | 2020 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0005718>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

PRIMJENA MAGNETOMETRIJSKIH ISPITIVANJA NA ARHEOLOŠKOM LOKALITETU NEDELJKOVA HUMKA

Mirko Petković

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Vesna Cvetkov

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Milorad Ignjatović

Muzej grada Beograda

Dejan Naumov

Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

***Ključne riječi:** cik-cak i paralelni profili, linijske anomalije, Pančevački rit, višeslojno nalazište*

Nezaobilazan dio arheološke prospekcije predstavlja upotrebu geofizičkih metoda iz razloga što se za relativno kratko vrijeme dobija informacija o veličini lokaliteta kao i relevantna slika potpovršine čime se smanjuje mogućnost praznih arheoloških sondi.

Najčešće korišćena geofizička metoda je magnetometrija iz razloga što se u malom vremenskom domenu pokrivaju velike istražne površine sa prihvatljivom rezolucijom podataka.

Tokom maja 2014. godine izvedena su magnetometrijska istraživanja u Pančevačkom ritu (Beograd, Palilula) na arheološkom lokalitetu Nedeljkova Humka, koje čini teren pod istim imenom nazivom Nedeljkova Humka i teren Nuz Pitrop, ukupne površine od 0,64 hektara. Cilj ispitivanja je bio ograničavanje dimenzija arheološkog lokaliteta.

Na primjeru arheološkog lokaliteta Nedeljkova Humka detaljno je objašnjen svaki korak magnetometrijskih

ispitivanja u arheologiji, od samog planiranja akvizicije podataka do finalnog prikazivanja u vidu karte, kao i koje korake mjereni podaci treba da prođu da bi bili u potpunosti analizirani.

Topografija terena i rezolucija (detaljna ili regionalna) istraživanja imaju glavnu ulogu u izboru načina prikupljanja podataka. Obično se bira pravac profila upravan na pružanje pretpostavljene anomalije u već pripremljenom istražnom poligonu. Ukoliko nije poznat pravac pružanja anomalije, mjerenja se vrše paralelno magnetskom meredijanu, odnosno pravac sjever-jug.

Postoje dva najčešća načina nošenja magnetometra ili gradiometra po istražnom poligonu. Kod prvog načina susjedni profili su paralelni i suprotno orijentisani. Operater po završetku profila pravi polukrug započinjući sledeći, susjedni profil krećući se u suprotnom smijeru u odnosu na prethodni. Ovakav način nošenja instrumenta naziva se još i „cik-cak“ način akvizicije.

Drugi način akvizicije, paralelni način, od gore opisanog razlikuje se po tome što operater nakon završetka jednog profila, vraća se na početak započinjući sledeći, susjedni profil. Ovim načinom uzorkovanja svi podaci se uzorkuju u istom smjeru.

Prednost „cik-cak“ načina akvizicije je u tome što je brža i za kraće vrijeme se pokrivaju veće površine, takođe nema ni praznog hoda operatera. Međutim, mana ovog načina je što se pojavljuju linijske anomalije duž profila na kome je vršena akvizicija podataka, te se kao takvi moraju dodatno da filtriraju. Kod paralelnog načina uzorkovanja to nije slučaj.

Za magnetometrijska istraživanja u arheologiji najoptimalniji je paralelni način akvizicije jer se izbjegavaju linijske anomalije i obično nije potrebna dodatna filtracija podataka.

Mogućnost detekcije arheoloških objekata zavisi od njihovih magnetnih osobina i rastojanja od senzora. Ako se arheološko tijelo aproksimira najjednostavnijim dipolom, anomalija izazvana tim tijelom može se računati po formuli: gdje su:

$$T_{cl} = \frac{\Delta k \cdot V}{r^3} \cdot T_n$$

Δk – razlika magnetske susceptibilnosti tijela i okoline,

V – zapremina tijela,

r – rastojanje između tijela i instrumenta i

T_n – intenzitet normalnog Zemljinog magnetskog polja.

Anomalije detektovane gradiometrom uglavnom leže u prva dva metra, u rijetkim slučajevima do tri. Ako je anomalija arheološkog objekta 10 [nT] na rastojanju od 1 [m], onda ona na 2 [m] iznosi 1,25 [nT], a na rastojanju od

3 [m] je svega 0,37 [nT]. To je na granici detektabilnosti za većinu instrumenata, što čini objekat nakon dva metra dubine teško „vidljivim“. S obzirom da je većina objekta na praistorijskim lokalitetima slabo magnetična, oni su praktično „nevidljivi“, ako se nalaze na dubini većoj od 3 metra (Fassbinder and Irlinger 1994).

Pančevački rit u arheološkom smislu je zanimljiv zbog paleotokova, ali i zbog ubrzane urbanizacije ovog predjela. Nalazišta su pretežno višeslojna što znači da su bila naseljena u različitim vremenskim periodima, i to od srednjeg neolita, eneolita, bronzanog i gvozdenog doba, antičkog perioda, ranog, razvijenog i kasnog srednjeg veka. Osnovna odlika većine konstatovanih nalazišta je da se nalaze duž starih tokova rijeka. Dominantni periodi su svakako praistorijski.

Lokalitet Nedeljkova Humka se na osnovu sakupljenog površinskog materijala datuje u periode eneolita (bakarno doba), gvozdenog doba i pozne antike. Okupacija ovog lokaliteta koja se odvijala u kontinuitetu ukazuje na mogućnosti da je ovo mjesto bilo dugo naseljeno (Ignjatović *et al.* 2018).

Magnetometrijska akvizicija vršena je duž profila orijentisanih u pravcu SSI-JJZ, prateći pravac oranja, na međusobnom rastojanju 1 [m]. Profili su mjestimično pogušćeni na 0,5 [m] na prostorima gdje su prilikom mjerenja uočene povećane vrijednosti vertikalnog gradijenta totalnog geomagnetskog polja ($gradT$).

Prvo istražno polje u odnosu na sjever rotirano je za 54° u smjeru kretanja kazaljke na satu, a drugi istražni poligon za 35°. Međusobno rastojanje mjernih tačaka na profilima iznosilo je 0,5 [m]. Na oba terena, ukupno je izmjereno 11689 vrijednosti vertikalnog gradijenta geomagnetskog polja.

Magnetometrijska je istraživanja obavljeno protonskim magnetometrom-gradimetrom sa Overhauzerovim efektom (GEM System model GSM-19GW) u "hodajućem" modu.

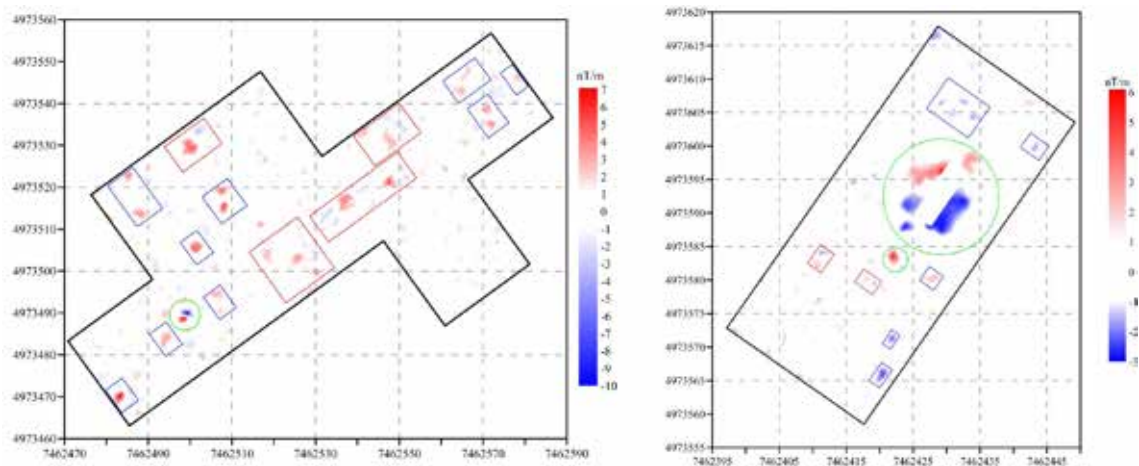
S obzirom na to da je ispitivani prostor oranica, sa veoma mladom poljoprivrednom kulturom, donja sonda je postavljena na visinu od 0,98 [m], a gornja na 1,82 [m] čime je postignut najbolji odnos između signala i smetnje. Da bi se što ravnomernije pokrio teren uzorkovanje je vršeno na 0,5 [s]. Podaci su prikupljeni paralelanom postupkom koji osim što ograničava podatke u realan domen gradijenta geomatnetskog polja, ne zahtjeva dodatno filtriranje podataka jer se ovim postupkom ne javljaju anomalije paralelne profilima duž kojih se vrši mjerenje.

Podaci su nakon mjerenja spremljeni za softversku obradu. U prvom koraku obrade iz baze sa podacima polja Nedeljкова Humka odstranjeni su pikovi, tj. vrijednosti gradijenta zemljinog magnetskog polja izvan opsega od ± 5

[nT/m]. Sve vrijednosti veće odnosno manje od ± 5 [nT/m] su posledica izazvana vještačkim uzročnicima

Za interpretaciju podataka koja se zasniva na analizi karata bilo je neophodno dobijene podatke "gridovati" odnosno projektovati prikupljene podatke u pravilnu mrežu, na osnovu kog se računarskim putem dolazi do interpolacije podataka i finalne vizualizacije karte. U ovom slučaju primjenjen je najzastupljeniji vid interpolacije podataka, Kriging metod sa čvornim tačkama na rastojanju 0,25 x 0,25 [m], a dobijeni rezultati su prikazani u vidu karata gdje su maksimalne vrijednosti predstavljene crvenom, minimalne vrijednosti plavom, a vrijednosti u opsegu od ± 1 [nT/m] bijelom bojom čime je maskirana dozvoljena greška instrumenta. Gradiometrijske karte oba lokaliteta prikazane su na Slici 1.

Da bi se sa karti odstranile anomalije posledice dubljeg zazora na terenu, svi profili ponaosob su svedeni na nultu medijalnu vrijednost*.



Slika 1. Pozicije pretpostavljenih objekata na karti vertikalnog gradT (lijevo- Nedeljкова Humka, desno – Nuz pitrop). Crveno uokvireno - dipolne anomalije, plavo uokvireno – pozitivne ili negativne anomalije, zeleno uokvireno vještački objekat).

* Medijana predstavlja onu vrijednost koja pri normalnoj raspodjeli podataka dijeli površinu koju funkcija zaklapa sa x-osom u dva polja jednake površine. Prednost medijalne vrijednosti u odnosu na srednju vrijednost je u tome što podacima koji imaju veliko odstupanje pridaje manju važnost (Isaaks and Srivastava 1989).