

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, održanoj 18.06.2011. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije mr Maje Gajić-Kvašček, dipl. fizičara, pod naslovom: NEDESTRUKTIVNA KARAKTERIZACIJA ARHEOLOŠKIH KERAMIČKIH ARTEFAKATA I UTVRĐIVANJE NJIHOVOG POREKLA STATISTIČKIM METODAMA PREPOZNAVANJA OBLIKA.

Na osnovu pregleda dokumentacije koju je dostavio kandidat Komisija o naučnoj zasnovanosti predložene teme podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

1. Podaci o kandidatu

Maja Gajić-Kvašček rođena je 28.04.1973. godine u Požarevcu. Osnovno i srednje obrazovanje završila je u Velikom Gradištu. Fizički fakultet u Beogradu upisala je školske 1991/92. godine. Diplomski rad odbranila je 1997. godine sa ocenom 10 i stekla zvanje: diplomirani fizičar. Fizički fakultet je završila sa prosečnom ocenom 8,68. Poslediplomske studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu upisala je školske 1997/98. godine. Magistarski rad pod naslovom: "Mehanizam električnog proboja gasova u okolini Pašenovog minimuma" odbranila je 14.02.2003. godine i time stekla akademsko zvanje magistra elektrotehničkih nauka za oblast elektrotehničkih materijala i tehnologija.

Od 1998-2000. godine bila je stipendista Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije i angažovana kao istraživač-pripravnik na projektu osnovnih istraživanja 11M01E1-Štednja energije kroz tribologiju, koji se realizovao na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, pod rukovodstvom prof dr Miodraga Zlatanovića. To vreme bila je angažovana i kao asistent-pripravnik za izvođenje nastave na Elektrotehničkom fakultetu. Školske 2000/2001 godine bila je zaposlena kao asistent-pripravnik na Poljoprivrednom fakultetu u Beogradu na katedri za fiziku. Od aprila 2001. godina zaposlena je u institutu za nuklearne nauke "Vinča" u laboratoriji za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita". U laboratoriji je bila raspoređena na poslovima u okviru grupe za kontrolu okoline. Od januara 2002. godine bila je angažovana na projektima osnovnih istraživanja 2016-"Fizika zaštite od zračenja", rukovodilac prof dr Marko Ninković i 1985-"Istraživanje i razvoj postupaka i materijala u obradi radioaktivnog i opasnog otpada i procena opasnosti po okolinu", rukovodilac dr Ilija Plećaš koje je finansiralo Ministarstvo za nauku, tehnologije i razvoj, Republike Srbije a koji su realizovani u laboratoriji "Zaštita". Od 2007. godine raspoređena je na aktivnosti za realizaciji projekta VIND-Vinča *Institute Nuclear Decommissioning Program*, koji se realizuje kao naučno-tehnološki projekat

Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije a uz tehničku i ekspertsku podršku MAAE (IAEA). U 2010. godini angažovana je na projektu osnovnih istraživanja 142050- "Istraživanje hemijskih i fizičkih fenomena u obradi radioaktivnog i opasnog otpada", rukovodilac dr Ilija Plećaš koje finansira Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije. U 2008. godini učestvovala je, kao lice odgovorno za obezbeđenje kvaliteta, u realizaciji projekta "Sistem rane najave radijacionog akcidenta", čiji je rukovodilac dr Milan Orlić, a koji je finansiralo Ministarstvo zaštite životne sredine Republike Srbije. U 2008. godini rukovodila je dvema aktivnostima (laboratorijske analize i sistem kvaliteta), na projektu "Preuzimanje radijuma-226 iz Instituta za onkologiju i radiologiju Srbije, njegov transport, kondicioniranje i skladištenje u Institutu "Vinča"", rukovodilac dr Milan Orlić, a koji je finansiralo Ministarstvo zaštite životne sredine Republike Srbije.

Od 01.03.2011. godine zaposlena je Laboratoriji za hemijsku dinamiku i permanentno obrazovanje u Institutu u Vinči i angažovana na aktivnostima vezanim za zaštitu kulturnog nasleđa. U tekućem projektnom ciklusu angažovana je na dva projekta TR 37021- Ispitivanje i verifikacija metoda za multidisciplinarne forzičke analize u funkciji neproliferacije OMU, kojim rukovodi dr Tatjana Maksin i III 43009- NOVE TEHNOLOGIJE ZA MONITORING I ZAŠTITU ŽIVOTNOG OKRUŽENJA OD ŠTETNIH HEMIJSKIH SUPSTANCI I RADIJACIONOG OPTEREĆENJA, kojim rukovodi dr Antonije Onjia. U 2007. godini bila je stipendista IAEA, koja je realizovana u IAEA Laboratory, Seibersdorf, Wien.

Objavljeni naučni radovi kandidata:

Radovi u časopisima sa SCI liste

Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu M21

Gajic-Kvascev Maja, Maric-Stojanovic Milica, Smit Ziga, Kantarelou Vasiliki, Karydas Andreas Germanos, Sljivar Dusan, Milovanovic Dragan, Andric Velibor: New evidence for the use of cinnabar as a colouring pigment in the Vinca culture, JOURNAL OF ARCHAEOLOGICAL SCIENCE, (2012), vol. 39 (4), pp. 1025-1033 (Anthropology 11/79, Geosciences, Multidisciplinary 53/170, ISSN 0305-4403 IF **1,914**)

Rad u istaknutom međunarodnom časopisu M22

M. Zlatanović, M. Gajić, U. Kaščak, I. Popović and V. Gođevac, "Voltage-Current Characteristics of the Unbalanced Magnetron for Reactive Deposition of Thin Films", Materials Science Forum Vol. 352, (2000), pp: 29-34 (Materials Science, Multidisciplinary 78/168, ISSN 0255-5476 IF **0,597**)

Rad u međunarodnom časopisu M23

Predrag Osmokrovic, Boris Loncar, and Maja Gajic-Kvascev: "The Model Law for SF₆ Insulated Systems", IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, Vol. 32, No. 5, OCTOBER 2004, pp: 1849-1855 (Physics, Fluids & Plasmas 11/21, ISSN 0093-3813 IF **1,042**)

Rad u domaćem časopisu M51

R. Beloševac, T. Gradić, M. Gajić, "Neke osobine keramičkih (Al₂O₃)_x/(TiO₂)_{1-x} prevlaka dobijenih postupkom plazma sprejanga", TEHNIKA 1/2002, pp 1-5 (ISSN 0040-2176)

Radovi u proceduri objavljivanja:

Maja Gajić-Kvascev, Milica Maric-Stojanovic, Radmila Jancic- Heinemann, Goran Kvascev, Velibor Andric, In-situ characterisation and classification of ceramic artefacts using pEDXRF and statistical pattern recognition, rad podnet u Chemistry Central Journal (ISSN 1752-153X Chemistry, Multidisciplinary 36/152 IF 3,281) (M21)

Saopštenja na skupovima:

Saopštenja sa skupa međunarodnog značaja štampana u celini M33

1. M. Zlatanović, M. Gajić, Đ. Đukić, "Characteristics of a Simple Magnetron Deposition System in Metallic Mode of Operation", 19th SPIG, (1998), pp.275-278 (M33).
2. Maja Gajić-Kvašćev, Snežana Pavlović, Milan Orlić, *Sampling Strategy and Radiological Characterization as Radiation Safety Assessment Tool*, Proceedings of the International Conference Nuclear Energy for New Europe, Portoroz, Slovenia, Sept. 8-11, 2008, pp. 910.1-910.6, www.djs.si/proc/port2008/ (M33).
3. Milan Orlić, Snežana Pavlović, Maja Gajić-Kvašćev, *Radiation Safety and Security Measures for Radium Collection and Conditioning Operation*, Proceedings of the International Conference Nuclear Energy for New Europe, Portoroz, Slovenia, Sept. 8-11, 2008, pp. 909.1-909.7, www.djs.si/proc/port2008/ (M33).
4. M. Gajić-Kvašćev, V. Svoboda, R. Jančić-Heinemann, M. Dimitrijević, D. Milovanović, S. Polić-Radovanović, Classification of Neolithic Ceramics and Clays According to Their Morphological Characteristics, CMA4CH 2012, Mediterranean Meeting Use of Multivariate Analysis and Chemometrics in Cultural Heritage and Environment 4th ed., Rome, Italy, Europe, 27-30 May 2012 (M33).
5. M. Eremić-Savković, M. Gajić-Kvašćev, V. Andrić, Multivariate Analysis of Eight Radionuclides Using the Soil Monitoring Network Data, CMA4CH 2012, Mediterranean Meeting Use of Multivariate Analysis and Chemometrics in Cultural Heritage and Environment 4th ed., Rome, Italy, Europe, 27-30 May 2012 (M33)

Saopštenja sa skupa međunarodnog značaja štampana u itvodu M34

6. R. Beloševac, P. Osmokrović, T. Gredić, M. Gajić, "Dielectric Characteristics of Ceramic Coatings (Al₂O₃)/(TiO₂)_{1-x} Deposited by Plasma-Spraying, Fourth Yugoslav Materials Research Society Conference "YUCOMAT", (2001), p32 (M34).
7. P.Osmokrović, N.Kartalović, B.Lončar, M.Gajić-Kvašćev, "The Model Law for SF₆ Insulated Systems", IEEE Pulsed Power Conference, Dalas, 2003. pp.10356 (M34).
8. Maja Gajić-Kvašćev and Snežana Pavlović: "*The Radiation Protection of Employees in Ceramic Industry*", Book of Abstracts, IRPA 12-12th International Congress of the International Radiation Protection Association, 19-24 October 2008, Buenos Aires-Argentina, TS III.4.2-3225, pp. 432-433 (M34).
9. Snežana Pavlović, Maja Gajić-Kvašćev, and Miodrag Mandić: "*Application of Current National and International Standards During Radioactive Waste Treatment in Vinca Institute*", Book of Abstracts, IRPA 12-12th International Congress of the International Radiation Protection Association, 19-24 October 2008, Buenos Aires-Argentina, TS III.1.4-3169 pp. 317 (M34).
10. Milan Orlić, Snežana Pavlović and Maja Gajić-Kvašćev: "*The Role of Vinca Institute in National Orphan Sources Recovery Program*", Book of Abstracts, IRPA 12-12th

International Congress of the International Radiation Protection Association, 19-24 October 2008, Buenos Aires-Argentina, TS II.1.4-3245 pp. 169 (M34).

11. Maja Gajic-Kvascev, Marina Veselinovic, Milan Orlic and Snezana Pavlovic: "*Quality Management System Implementation for Nuclear Facilities and Activities in Vinca Institute*", Book of Abstracts, 6th International Conference of Nuclear Society of Serbia-CoNuSS 2008, 22-25 September 2008, Belgrade-Serbia, A.10, pp. 15 (M34).
12. M. P Orlic, S. Dj Pavlovic, M. D Gajic-Kvascev, M. Jovanovic, D. Krkljus and S. Ljubinkovic: "*Nuclear Safety and Security Sinergism in Vinca Institute*", Book of Abstracts, 6th International Conference of Nuclear Society of Serbia-CoNuSS 2008, 22-25 September 2008, Belgrade-Serbia, A.9, pp. 15 (M34).
13. S. Dj Pavlovic, M. P Orlic, and M. D Gajic-Kvascev: "*Specific Radiation Safety Issues Relating to Radium Needles Conditioning Operation*", Book of Abstracts, 6th International Conference of Nuclear Society of Serbia-CoNuSS 2008, 22-25 September 2008, Belgrade-Serbia, E.7, pp. 37-38 (M34).
14. M. Gajić-Kvašćev, M. Stojanović, Lj. Damjanović, V. Andrić, 2011, Classification of Neolithic Ceramics Using EDXRF Spectrometry and Multivariate Statistical Analysis, Euroanalysis-16th European Conference on Analytical Chemistry, Book of Abstracts, B, AH06 (M34).
15. V. Andrić, M. Stojanović, M. Gajić-Kvašćev, 2011, Investigation of XVIII Century Robert Hubert's Painting with EDXRF, SEM-EDX and OM Analytical Techniques, Euroanalysis-16th European Conference on Analytical Chemistry, Book of Abstracts, B, AH01 (M34).
16. M. Gajić-Kvašćev, S. Čupić, A. Savić, V. Andrić, U. Jovanović, 2011, Multivariate Statistical Analysis of Data Obtained in Surface Water Quality Monitoring, Euroanalysis-16th European Conference on Analytical Chemistry, Book of Abstracts, B, EN26 (M34).

Saopštenja sa skupa nacionalnog značaja štampana u izvodu M63

17. P. Osmokrović, D. Filipović, S. Josipović, M. Gajić, "Starenje prenaponskih zaštitnih elemenata uzrokovano brojem prorada", 25. JUKOCIGRE, (2001), R 15-03 (M63).
18. P. Osmokrović, I. Milovanović, M. Gajić-Kvašćev, D. Matijašević, "Postupak određivanja dinamičkog probnog napona pomoću Kindovog zakona površine i Bekovog zakona zapremine-vreme i njihovog upoređenja", 26. JUKOCIGRE, (2003), R 15-02/10 (M63).
19. J. Raičević, M. Gajić, Z. Popović, "Health-modul za procenu stohastičkih efekata nakon nuklearnog akcidenta", XLVII Konferencija ETRAN-a, (2003) (M63).
20. Snežana Pavlović, Maja Gajić-Kvašćev, "Izrada strategije uzorkovanja kao elementa radiološke karakterizacije", XLXII Konferencija ETRAN-a, (2008) (M63)
21. Snežana Pavlović, Maja Gajić- Kvašćev, *IZRADA STRATEGIJE UZORKOVANJA KAO ELEMENTA RADIOLOŠKE KARAKTERIZACIJE*, 52. ETRAN, Palić, 8.-12.6.2008., NT3.7.1-3(M63).
22. Velibor Andrić, Maja Gajić- Kvašćev, *MONITORING RADIOAKTIVNOSTI ZIVOTNE SREDINE-EVROPSKA REGULATIVA I PRAKSA*, XXV simpozijum Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore, Kopaonik, Srbija, 30.09.-02.10.2009., Zbornik radova Kopaonik 2009, pp. 306-310 (M63).

Učešće na međunarodnim projektima:

1. IAEA VIND-Vinca Institute Nuclear Decommissioning Program, 2007-2010.
2. IAEA Project no.: RER8/015: Using Nuclear Techniques for Characterization and Preservation of Cultural Heritage Artefacts in the European Region, 2011-.

Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Kandidat se bavio vrlo širokim aspektom tema vezanih za tehnologiju novih materijala, spektrometrijske analitičke tehnike i izučavanje predmeta kulturnog nasleđa, kao što to pokazuje i niz radova koji su objavljeni, i posebno oni čije je prihvatanje u toku, a vezani su neposredno za izučavanje keramičkih artefakata.

Na osnovu ove kratko izložene aktivnosti kandidata, jasno je da je njegova podobnost za uspešnu izradu ovakve teme nedvosmilena. Zbog toga, smatramo da kandidat poseduje potrebnu zrelost i kompetenciju koja je neophodna za izrazito pozitivnu ocenu njegove podobnosti.

2. Predmet i cilj istraživanja

Predmet ove doktorske disertacije je sistematska analitička karakterizacija keramičkih artefakata iz perioda Neolita na osnovu elementarnog sastava korišćenjem EDXRF spektrometrije. Na osnovu tog elementarnog sastava treba doneti odluku o poreklu keramike, tj. utvrditi da li je ispitivani predmet (ili njegov sačuvani ostatak) lokalno proizveden ili je predmet neke trgovinske razmene-uvoza (tj. porekla sa neke druge lokacije koje se može utvrditi ako se i ona nalaze na lokalitetima koja su obuhvaćena ovim istraživanjem).

Prvi deo disertacije biće posvećen metodološkom pristupu. EDXRF spektrometrija za analizu elementarnog sastava je dobro poznata i široko korišćena metoda, pogotovo u oblastima izučavanja kulturnog nasleđa. Skorašnja intenzivna primena prenosivih-portabl i ručnih EDXRF spektrometara otvorila je sasvim nova pitanja vezana za njihovo korišćenje i analizu informacija koje su posledica izvršene analize. U ovoj disertaciji biće korišćen portabl EDXRF spektrometar, koji je razvijen u Institutu Vinča. Osnovna prednost ove metode je da je ona nedestruktivna pa se njeno korišćenje sve više nameće u istraživanjima u kojima postoji veliki broj ispitivanih uzoraka. Metoda EDXRF spektrometrije daje samo informaciju o elementarnom sastavu pa se prilikom interpretacije rezultata dobijenih ovom metodom obično koristi multianalitički pristup. Osnovna ograničenja i metode da se ta ograničenja prevaziđu kako bi se ova tehnika, jednostavna za upotrebu, mogla široko koristiti biće predstavljena u okviru ove disertacije. U tom smislu u okviru ove disertacije treba ispitati sve pogodnosti i ograničenja analize elementarnog sastava ispitivanih keramičkih artefakata u uslovima rada na terenu.

Drugi deo ove disertacije ima za cilj prikaz metoda interpretacije dobijenih analitičkih podataka. Korišćenje prenosivih i ručnih EDXRF spektrometara, kao i njihova relativna dostupnost za širi krug korisnika pokazalo je da se analizi dobijenih spektara mora prići sa mnogo više pažnje nego u uslovima dobro kontrolisane laboratorijske primene. Pored toga, mogućnost dobijanja informacije za kratko vreme merenja, vrlo često dovodi do moguće situacije pogrešnog zaključka. Zato se ukazala praktična potreba za razvojem procedure koja će za rezultat imati brzu i pouzdanu informaciju.

Ciljevi istraživanja, naučno predviđanje ciljeva u funkciji nivoa naučnog saznanja

Cilj prvog dela disertacije jeste da se ispituju sve performanse korišćenog EDXRF spektrometra u uslovima rada na terenu (*in-situ*). Planirano je da se poseban akcenat stavi na ispitivanje uticaja predtretmana uzoraka koji se analiziraju.

Cilj drugog dela disertacije je da se ispita način obrade dobijenih EDXRF spektara. U tom smislu biće razvijen pristup upotrebom neuralnih mreža, da bi se ostvario cilj, dobijanje brze i pouzdane informacije. Ovaj pristup predstavlja novinu u interpretaciji rezultata. Za ostvarenje tog cilja biće razvijena i procedura za donošenje odluke (*decision making procedure*) o poreklu ispitivane keramike. Poseban akcenat će biti stavljen na delove ove procedure koji se odnose na statističke metode obrade podataka i na klasifikaciju korišćenjem metoda prepoznavanja oblika.

Relevantni bibliografski izvori u vezi sa predmetom istraživanja

Izučavanje kulturnog nasleđa zaokuplja veliku pažnju istraživača iz oblasti prirodnih nauka i ovom pitanju se može prići sa različitih analitičkih aspekata^{1 2 3}(Sánchez 2002, Tsolakidou 2002, Padilla 2006). Sa aspekta stručnjaka iz oblasti arheologije, istorije umetnosti, restauracije i konzervacije najpogodniji pristup je svakako onaj koji je nedestruktivan ili najmanje destruktivan, kao i onaj koji omogućava rad u terenskim uslovima. Sa ovog aspekta EDXRF spektrometrija ima najviše pristalica, bez obzira na ograničenja.

Primena portabl EDXRF spektrometara je u poslednje vreme intenzivirana i trenutno postoji mogućnost izučavanj mnogih aspekata njene primene, kao i njenih performansi^{4,5,6}. Najčešći do sada korišćeni pristup izučavanju keramičkih artefakata metodom EDXRF analize elementarnog sastava je bio destruktivan i uključivao je mlevenje materijala artefakata koji su kasnije podvrgnuti analizi⁷. Sa druge strane postoji mogućnost dobijanja informacija o sastavu artefakata bez njihove destrukcije snimanjem spektara sa slobodnih površina uzoraka. Ovde je potrebno izvesti minimalni predtretman uzoraka koji uključuje ciscenje površine i njenu pripremu za snimanje korišćenjem portabl uređaja što se može izvesti u terenskim uslovima.

Ovakav rad na terenu zahteva i brzu povratnu informaciju, pa je neophodno uvesti i novi pristup u analizi dobijenih spektara. Najčešći pristipupi u literaturi angažuju različite metode

¹ Sánchez S, Bosch F, Gimeno JV, Yusá DJ, Doménech A: **Study and dating of medieval ceramic tiles by analysis of enamels with atomic absorption spectroscopy, X-ray fluorescence and electron probe microanalysis.** *Spectrochim. Acta, Part B* 2002, **57**: 689–700

² Tsolakidou A, Kilikoglou V: **Comparative analysis of ancient ceramics by neutron activation analysis, inductively coupled plasma-optical-emission spectrometry, inductively coupled plasma-mass spectrometry, and X-ray fluorescence.** *Anal. Bioanal.Chem* 2002, **374**: 566–572.

³ Padilla R, Van Espen P, Godo Torres PP: **The suitability of XRF analysis for compositional classification of archaeological ceramic fabric: A comparison with a previous NAA study.** *Anal. Chim. Acta* 2006, **558**: 283-289.

⁴ Carrero JA, Goienaga N, Fdez-Ortiz de Vallejuelo S, Arana G, Madariaga JM: **Classification of archaeological pieces into their respective stratum by a chemometric model based on the soil concentration of 25 selected elements.** *Spectrochim. Acta, Part B* 2010, **65**: 279–286.

⁵ Forster N, Grave P, Vickery N, Kealhofer L: **Non-destructive analysis using PXRF: methodology and application to archaeological ceramics.** *X-Ray Spectrom* 2011, **40**: 389–398.

⁶ Speakman RJ, Little NC, Creel D, Miller MR, Iñáñez JG: **Sourcing ceramics with portable XRF spectrometers? A comparison with INAA using Mimbres pottery from the American Southwest.** *J. Archaeol. Sci* 2011, **38**: 3483-3496

⁷ Papachristodoulou C, Gravani K, Oikonomou A, Ioannides K: **On the provenance and manufacture of red-slipped fine ware from ancient Cassope (NW Greece): evidence by X-ray analytical methods.** *J. Archaeol. Sci* 2010, **37**: 2146-2154.

⁸ Bakraji EH, Itlas M, Abdulrahman A, Issa H, Abboud R: **X-ray fluorescence analysis for the study of fragments pottery excavated at Tell Jendares site, Syria, employing multivariate statistical analysis.** *J. Radioanal. Nucl. Chem* 2010, **285**: 455–460.

transformacije spektara (Beltran 2005). U ovoj tezi biće razrađen pristup koji koristiti neuralne mreže.

Izučavanje porekla keramike uključuje i njenu klasifikaciju. Najčešće korišćenja metoda je analiza glavnih komponenata, poznatija kao PCA analiza^{9,10,11}. Međutim, u radu će biti izložen novi pristup koji omogućava jednostavnu implementaciju u predloženu *decision-making* proceduru (Fukunaga 1990). Ova metoda koristi podatke dobijene snimanjem spektara sa artefakata bez njihovog prethodnog tretmana i omogućava klasifikaciju uzorka.

3. Polazne hipoteze

U prvom delu disertacije proučavaće se performanse EDXRF spektrometrije u treneskim uslovima, Ono što treba da bude istraženo jeste kakav je uticaj treneskog uslova na rezultat analize u poredjenju sa standardnim laboratorijskim uslovima. Takođe je neophodno detaljno ispitati uticaj predtretmana uzoraka koji se ispituju, jer se pretpostavlja da predtretman ima mali uticaj.

U drugom delu disertacije vršiće se klasifikacija ispitanih keramičkih artefakata prema njihovom dobro poznatom poreklu na osnovu elementarnog sastava keramike. Testiraće se klasifikacioni model i razviće se procedura donošenja odluke o poreklu. Na taj način treba da se omogući jasno razdvajanje predmeta lokalne proizvodnje od predmeta koji su bili predmet trgovine ili uvoza.

Za istraživanja koja će biti sprovedena u prvom delu disertacije, mogu se formulisati dve osnovne hipoteze

1. EDXRF spektrometrija se može primenjivati u terenskim uslovima za analizu elementarnog sastava keramičkih artefakata
2. Analiza spektara može se izvesti u vremenu koje je približno vremenu potrebnom za primenu analitičkih metoda.

Za istraživanja koja će biti sprovedena u drugom delu disertacije hipoteza glasi:

- Moguće je utvrđivanje porekla keramičkih artefakata korišćenjem informacija o njihovom elementarnom sastavu dobijenog primenom EDXRF spektrometrije

4. Naučne metode istraživanja

Naučne metode koje će biti primenjene određene su procedurama sličnih istraživanja u svetu. Analiza elementarnog sastava biće izvršena korišćenjem EDXRF spektrometra. Ovako dobijeni podaci biće obrađeni metodama multivarijantne analize korišćenjem analize glavnih komponenata (PCA). Poseban osvrt biće stavljen na preduslove za kreiranje baze podataka.

Kao specifična metoda može se izdvojiti metoda in-situ portabl EDXRF nedestruktivne spektrometrije. Ovde će po prvi put biti korišćene neuralne mreže u analizi spektara. Pored toga, biće primenjen specifičan pristup klasifikaciji i određivanju porekla.

⁹ Pizarro C, Perez-del-Notario N, Saenz-Gonzalez C, Rodriguez-Tecedor S, Gonzalez –Saiz JM: **Matching past and present ceramic production in the Banda area (Ghana): improving the analytical performance of neutron activation analysis in archaeology using multivariate analysis techniques.** *Archaeometry* 2012, **54**: 101–113.

¹⁰ Hall M, Minyae S: **Chemical Analysis of Xiong-nu Pottery: A Preliminary Study of Exchange and Trade on the Inner Asian Steppes.** *J. Archaeol. Sci* 2002, **2**: 135–144.

¹¹ Freitas PR, Calza C, Lima AT, Rabello A, Lopes TR: **EDXRF and multivariate statistical analysis of fragments from Marajoara ceramics.** *X-Ray Spectrom* 2010, **39**: 307–310.

Rezultati dobijeni na osnovu izučavanja keramičkih artefakata biće upoređeni sa rezultatima mineraloško-petrografske analize koja spada u uobičajene tehnike za izučavanje tehnologije i porekla keramičkih predmeta.

5. Očekivani naučni doprinos

Na kraju izrade teze očekuje se

- Primena postojeće tehnike u terenskim uslovima
- Novi pristup u spektralnoj analizi zasnovan na primeni neuralnih mreža
- Razvoj procedure za donošenje odluke o poreklu keramike
- Prva sistematska analitička karakterizacija i klasifikacija Neolitskog keramičkog kulturnog nasleđa sa prostora Republike Srbije
- Očekuje se stvaranje uslova za kreiranje savremene i kompatibilne baze podataka o keramičkom kulturnom nasleđu dobijene na osnovu istraživanja primenom EDXRF i upotpunjavanje podataka o hemijskom i mineraloškom sastavu arheoloških artefakata.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predviđeno je da se disertacija sastoji iz dva dela. Prvi deo bi se odnosio na analizu elementarnog sastava keramičkih artefakata na terenu, in-situ EDXRF spektrometrijom. U ovom delu bi se ispitala sve mogućnosti korišćenja ove metode za datu analizu i utvrdila bi se eventualna ograničenja u primeni. Poseban osvrt u toku analize treba da bude stavljen na pripremu uzoraka.

Drugi deo disertacije sastoji se iz obrade spektara i statističke obrade dobijenih podataka. Savremena spektralna analiza uključuje različite pristupe, a u ovom delu disertacije ispitaće se različiti pristupi u obradi EDXRF spektara. Poseban akcenat će biti stavljen na korišćenje neuralnih mreža u obradi spektara, u smislu automatizacije ekstrakcije podataka i obeležja, kako bi sama procedura bila standardizovana i automatizovana, i izbačen ljudski faktor kao izvor grešaka u metodi.

Razvoj procedure za donošenje odluke o poreklu keramičkog artefakta uključuje i primenu metoda multivarijantne statističke analize, kao i ostalih metoda prepoznavanja oblika. U ovom delu disertacije pored predložene procedure, biće ispitani i različiti pristupi u klasifikaciji koja je krajnji zahtev. Nakon izvršene klasifikacije sledi testiranje predloženog modela. Završni deo disertacije biće posvećen mogućnosti implementacije dobijenih rezultata u bazu podataka, kao i poređenje sa postojećim bazama.

Predviđena poglavlja:

Uvod

1. Multidisciplinarnost u izučavanju i zaštiti kulturnog nasleđa

2. Teorijski deo

- 2.1. Izučavanje keramičkih predmeta arheometrijskom kontekstu
- 2.2. Energetski disperzivna rendgenska fluorescentna (EDXRF) spektrometrija X zračenja
- 2.3. Metode klasifikacije
- 2.4. Petrografske

3. Eksperimentalni deo

- 3.1. Uzorci arheološke keramike – izbor, opis i priprema za analitički postupak
- 3.2. Nedestruktivno određivanje elementarnog sastava arheološke keramike EDXRF spektrometrijskom metodom
- 3.3. Petrografske analize i analiza slike
- 4. Određivanje porekla arheološke keramike**
 - 4.1. Predlog algoritma za donošenje odluke o poreklu arheološke keramike
 - 4.2. Redukcija dimenzija
 - 4.3. Projektovanje klasifikatora
 - 4.4. Metode za testiranje uspešnosti klasifikacije
- 5. Rezultati i diskusija**
 - 5.1. Elementarni sastav analizirane keramike
 - 5.2. Klasifikacija arheološke keramike na osnovu elementarnog sastava određenog EDXRF spektrometrijskom metodom
 - 5.3. Testiranje uspešnosti klasifikacije
 - 5.4. Petrografska analiza kao komparativna metoda
 - 5.5. Diskusija

Zaključak

7. Zaključak, predlog teme, mentora i naučne oblasti

Na osnovu izložene analize podobnosti teme doktorske disertacije, Komisija smatra da je predložena tema mr Maje Gajić-Kvašćev „Nedestruktivna karakterizacija arheoloških keramičkih artefakata i utvrđivanje njihovog porekla statističkim metodama prepoznavanja oblika“ naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću da je prihvati. Za mentora se predlaže prof. dr Radmila Jančić-Heinemann, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Hemija i hemijska tehnologija.

U Beogradu, 10. 09. 2012. godine

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Radmila Jančić-Heinemann, van. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Radoslav Aleksić, red. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Viktor Pocajt, docent
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Željko Đurović, red. prof.
Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Boris Lončar, van. prof. Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu