

PROCEEDINGS

IX International Conference IcETLAN
and LXVI ETRAN Conference,
Novi Pazar, Serbia, 6 - 9, June, 2022.

ЗБОРНИК РАДОВА

IX међународне конференције ИцЕТРАН
и LXVI конференције ЕТРАН,
Нови Пазар 6 - 9. јуна 2022. године

PROCEEDINGS IX International Conference IcETLAN and LXVI ETRAN
Conference, Novi Pazar, Serbia, 6 - 9, June, 2022.

ЗБОРНИК РАДОВА IX међународне конференције ИцЕТРАН и LXVI
конференције ЕТРАН, Нови Пазар 6 - 9. јуна 2022. године

Editor in Charge / Главни уредник
Vladimir Katić / Владимир Катић

Published by / **ETLAN Society, Belgrade, Academic Mind, Belgrade**
Издавачи / **Друштво за ЕТРАН, Београд и Академска мисао, Београд**

Production / Израда
Academic Mind, Belgrade / Академска мисао, Београд

Place and year of publication / Место и година издања
Belgrade, 2022. / Београд, 2022.

Circulation / Тираж
300 copies / 300 примерака

ISBN 978-86-7466-930-3

**ETRAN – Society for electronics, telecommunication,
computing, automatics and nuclear engineering**

**ЕТРАН - Друштво за електронику, телекомуникације,
рачунарство, аутоматику и нуклеарну технику**

Kneza Milosa 9/IV, 11000 Belgrade / Кнеза Милоша 9/IV, 11000 Београд

Phone / Телефон: +381 (11) 3233 957

E-mail / Е-пошта: office@etran.rs

www.etran.rs

ORGANIZERS - ОРГАНИЗАТОРИ

ETRAN Society, Belgrade / Друштво за ЕТРАН, Београд

**State University of Novi Pazar, Novi Pazar, Serbia /
Државни универзитет у Новом Пазару, Нови Пазар, Србија**

**University of Priština temporarily settled in Kosovska Mitrovica, Faculty of
Technical Sciences, Serbia /**

**Факултет техничких наука Косовска Митровица - Универзитет у Приштини са
привременим седиштем у Косовској Митровици**

UNDER THE AUSPICES OF / ПОКРОВИТЕЉ

**Ministry of Education, Science and Technological Development
of the Republic of Serbia /**

Министарство просвете, науке и технолошког развоја републике Србије

SUPPORTED BY / ПОДРШКА

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers, USA

Power Electronics Society of Serbia / Друштво за енергетску електронику Србије

CIRED Serbia / CIRED Србија

ЗБОРНИК РАДОВА/PROCEEDINGS

ИМПРЕСУМ/IMPRESUM

ACOUSTICS/АКУСТИКА - (AKI/AK)

1

AKI1.1	Recent Advances on Perforated Panels for Sound Absorption Applications <i>Jesus Carbajo, Nicholas Xuanlai Fang and Sang-Hoon Nam</i>	2
AKI1.2	Real-time Speaker Independent Recognition of Bimodal Produced Speech <i>Boris Malčić, Vlado Delić, Jovan Galić and Nebojša Babić</i>	6
AKI1.3	Feature Analysis for Industrial Product Sounds Using Discrete Meyer Wavelet <i>Đorđe Damnjanović, Dejan Ćirić and Dejan Vujičić</i>	12
AK1.1	Multidisciplinarnost u istraživanju slike i zvuka u sakralnom prostoru <i>Jelena Erdeljan and Ljubica Vinulović</i>	18
AK1.2	Auralizacija sakralnih prostora i likovni programi: nove perspektive i mogućnosti istraživanja <i>Vuk Dautović and Jakov Đorđević</i>	21
AK1.3	Istraživanje zvučnog ambijenta srpskih sakralnih prostora kao višemedijskog fenomena <i>Miomir Mijić, Miloš Bjelić, Dragana Šumarac Pavlović, Tatjana Miljković and Filip Pantelić</i>	25
AK1.4	O ulozi akustičkih rezonatora u prostoru hrama Svetog Save u Beogradu <i>Dragana Šumarac Pavlović, Miomir Mijić, Jelena Erdeljan and Tatjana Miljković</i>	31
AK2.1	Optimizacija prostorne rezolucije mikrofonskog niza za merenje saobraćajne buke <i>Miodrag Stanojević, Miloš Bjelić and Tatjana Miljković</i>	37
AK2.2	Komparativna analiza akustičkih signala motora sa unutrašnjim sagorevanjem mapiranih u slike bazirane na spektrogramu <i>Marko Milivojević, Emilija Kisić and Dejan Ćirić</i>	41
AK2.3	Koeficijent inharmoničnosti tonova harfe -Specifičnost i problemi automatske procene <i>Tatjana Miljkovic, Miloš Bjelić, Jelena Ćertić and Dragana Šumarac Pavlović</i>	46
AK2.4	Implementacija algoritama za kontrolu usmerenosti zvučničkog niza sa dva glavna loba na otvorenom hardveru <i>Tijana Đorđević, Stefan Ćimović and Miloš Bjelić</i>	52
AK2.5	Optimizacija pozicija zvučnika u zvučničkom nizu <i>Stefan Ćimović, Tijana Đorđević and Miloš Bjelić</i>	58
AK2.6	Realizacija sistema za aktivnu kontrolu buke u cevi na otvorenom hardveru <i>Marija Ratković, Nebojša Kolarić and Miloš Bjelić</i>	63

ANTENNAS AND PROPAGATION/АНТЕНЕ И ПРОСТИРАЊЕ - (API/AP)

69

API1.1	Application of Microwave Imaging for Brain Diagnostics <i>Marija Nikolic Stevanovic, Darko Ninkovic, Tushar Singh, Branislav Ninkovic, Miodrag Tasic and Branko Kolundzija</i>	70
API1.2	Current distribution in a hollow circular conductor influenced by a parallel filament <i>Dragan Filipović and Tatijana Dlabac</i>	75
API1.3	Jamming a Drone - EM Simulation of Simple EW and EW Countermeasures Scenarios <i>Tomislav Milosevic</i>	80
API1.4	Simulation Study of Voxel-Based Head Phantom for Medical Microwave Imaging <i>Mladjen Stevanetic, Branko Kolundzija, Tushar Singh and Marija Nikolic Stevanovic</i>	85
API1.5	Radome Shape Impact on Automotive Radar Sensor Operating at 79 GHz <i>Nebojsa Pupavac and Miodrag Tasic</i>	90
API1.6	Implementing Gradient Model for Surface Roughness in WIPL-D <i>Milan Radović, Aleksandar Golubović and Miloš Jovičić</i>	95
API1.7	The Ability to Minimize a New Type of Moderate-Bandwidth Microwave Filter <i>Dušan Nešić and Tomislav Milošević</i>	99
AP1.1	Uopštenje izraza za transfer funkcije između antena u problemima inverznog rasejanja <i>Anja Kovačević, Marija Nikolić Stevanović and Antonije Đorđević</i>	102

AUTOMATION/АУТОМАТИКА - (AUI/AU)

106

AUI1.1	The Improved GM PHD algorithm for Multi- Target Radar Tracking <i>Zvonko Radosavljevic, Dejan Ivkovic and Branko Kovacevic</i>	107
AUI1.2	Four-Stage Recursive Least Squares Algorithm for CARARMA Systems <i>Nasar Aldian Shashoa, Ahmed J Abougarair, Bduhakim Agll and Abdurrezag Elmezughi</i>	113
AUI1.3	Consensus on the Auxiliary Variables in Distributed Gradient-Based Temporal Difference Algorithms <i>Milos Stankovic, Marko Beko, Nemanja Ilic and Srdjan Stankovic</i>	118
AUI1.5	Arduino based online laboratory platform for digital control systems analysis and design <i>Vladimir Mitić, Vladimir Sibinović, Snežana Đorđević and Boban Veselić</i>	124
AUI2.1	Implementation of the New Curricula in Smart Products and Services Engineering <i>Marko Milojkovic, Dragan Antic, Sasa Nikolich and Nebojsa Jotovic</i>	129
AUI2.2	Denosing the open-loop step response using an encoder-decoder convolutional neural network <i>Natalija Đorđević, Nenad Džamić, Aleksa Stojić and Goran Kvaščev</i>	132

AUI2.3	Single Screw Extruder Temperature Control Using PLC and HMI in Cable Production Process <i>Igor Kocić, Saša Nikolić, Aleksandra Milovanović, Darko Mitić, Petar Đekić and Nikola Danković</i>	137
AU1.1	Upravljanje nivoom vode i pumpama upotrebom SMS poruka <i>Igor Kocić and Zoran Jovanović</i>	143
AU1.2	Application of Subtractive Clustering in Data Processing <i>Boris Barišić, Aleksandra Krstić, Sanja Vujnović and Željko Đurović</i>	148
BIOMEDICAL ENGINEERING/БИОМЕДИЦИНСКА ТЕХНИКА - (BTI/БТ)		153
BTI1.1	AGILIS: Restoring Functional Grasping in Individuals with Tetraplegia using Epineural Electrodes <i>Christine Azevedo, Charles Fattal, Lucie William, Lucas Fonseca, Arthur Haiarrassary, David Andreu, Antoine Geffrier, Jacques Teissier and David Guiraud</i>	154
BTI1.2	A Device for Monitoring Physiological Parameters and Electrotactile Stimulation <i>Bojan Jorgovanović, Matija Štrbac, Miloš Kostić, Vojin Ilić and Nikola Jorgovanović</i>	156
BTI1.3	Deep Neural Network Approach for Artifact Detection in Raw ECG <i>Tanja Boljanić, Jovana Malešević and Goran Kvaščev</i>	160
BTI1.4	Inhibition Potency of Terpyridine Metal Complexes toward Penicillin-Binding Protein 1A <i>Svetlana Jeremić, Enisa Selimović, Milan Dekić and Tanja Soldatović</i>	164
BTI1.5	GT Analyzer - A Basic Tool for Handwriting Movement Data <i>Vladimir Džepina, Nikola Ivančević, Vera Miler-Jerković, Blažo Nikolić, Dejan Stevanović, Jasna Jančić and Milica Janković</i>	168
BTI1.6	Morphological parameters assessment with a depth camera based measurement system <i>Olivera Tomašević, Luka Mejić, Darko Stanišić and Nikolina Maravić</i>	173
POWER ENGINEERING/ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА - (EEI/ЕЕ)		178
EEI1.1	Overview of measuring methods and equipment for calibration of instrument transformers <i>Dragana Naumovic-Vukovic</i>	179
EEI1.2	Effects of cryptocurrency mining rig operation on power quality in LV distribution network <i>Vladimir Katic, Zoltan Corba and Aleksandar Stanisavljevic</i>	188
EEI1.3	Prediction of voltage dips characteristics in IEEE 13-bus test grid using harmonic footprint <i>Aleksandar Stanisavljević and Vladimir Katic</i>	194
EEI1.4	Optimal Power Dispatch in Distribution Networks with PV Generation and Battery Storage <i>Jordan Radosavljević, Miloš Milovanović, Nebojša Arsić, Andrijana Jovanović, Bojan Perović and Jovan Vukašinović</i>	199
EEI1.5	Modeling of High-Voltage Induction Machines with Fallen-out Magnetic Slot Wedges <i>Milica Banović, Kristina Vujkov, Mladen Terzić and Dejan Jerkan</i>	205
EEI1.6	Time-domain simulation of electric circuit with nonlinear hysteretic inductor <i>Srđan Divac and Branko Koprivica</i>	211
EEI1.7	A Comparative Analysis of Three-Phase Phase-Locked Loops for Grid-Connected Systems <i>Filip Bakić, Lazar Stojanović, Katarina Obradović and Emilija Lukić</i>	217
EEI2.1	Parameter estimation of induction motors using Wild Horse Optimizer <i>Jovan Vukašinović, Miloš Milovanović, Nebojša Arsić, Jordan Radosavljević, Saša Štatkić, Bojan Perović and Andrijana Jovanović</i>	222
EEI2.2	Damper Winding Inductances Calculation by Winding Function Approach <i>Aldin Kajević and Gojko Joksimović</i>	228
EE1.1	Inteligentni DTC algoritam sa automatskom reorganizacijom u zavisnosti od intenziteta ripla momenta <i>Marko Posuћ</i>	234
EE1.2	Primjena električnih vozila za smanjenje deficita snage u sistemu <i>Uroš Ognjenović, Saša Mujović and Lazar Šćekić</i>	240
EE1.3	Realizacija laboratorijskog sistema za bežični prenos energije <i>Dejan Janjić, Alenka Milovanović and Branko Koprivica</i>	246
EE1.4	Pravci istraživanja u elektroenergetici kroz tematsku orijentaciju radova sa skupova CIRED Srbija i ETRAN/IcETAN <i>Zoran Simendić and Vladimir Katic</i>	251
ELECTRIC CIRCUITS AND SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING/ЕЛЕКТРИЧНА КОЛА, ЕЛЕКТРИЧНИ СИСТЕМИ И ОБРАДА СИГНАЛА - (EKI/ЕК)		257
EKI1.1	A method for laser rangefinder reticle position calibration in a multi-sensor imaging system <i>Saša Vujić, Miloš Radisavljević, Dragana Perić and Branko Livada</i>	258
EKI1.2	Linear regression in RR-RT domain for cardiac cycle evaluation <i>Milan Milivojević, Ana Gavrovska and Dragi Dujković</i>	264
EKI1.3	Application of Bayes and knn classifiers in tumor detection from brain MRI images <i>Marta Mirkov and Ana Gavrovska</i>	268
EKI1.4	From puppet-master creation to false detection <i>Ana Pantelić and Ana Gavrovska</i>	273
EK1.1	Kvarcni kristalni filter frekvencije 35.4 MHz zasnovan na trećem overtonu <i>Dragi Dujkovic, Ana Gavrovska, Lenkica Grubišić, Snežana Dedić-Nešić, Irini Reljin and Ivan Popovic</i>	278
EK1.2	Primena vremensko-frekvencijskih metoda kod analize spektra u kognitivnom radiju <i>Nenad Stojanovic, Milenko Andrić, Dimitrije Bujaković, Boban Bondzulic and Vladimir Ristić</i>	283
ELECTRONICS/ЕЛЕКТРОНИКА - (ELI/ЕЛ)		289

ELI1.1	A Gigabit Ethernet Media Access Controller for TCP/UDP Radar Data Streaming and Visualization <i>Vukan Damnjanović and Vladimir Milovanović</i>	290
ELI1.2	ANN model for one day ahead Covid-19 prediction <i>Jelena Milojković, Miljana Milić and Vančo Litovski</i>	296
ELI1.3	Equivalent Electromechanical Model of a Composite Ultrasonic Transducer <i>Igor Jovanović and Dragan Mančić</i>	300
ELI1.4	Hardware Realization of Nearest Neighbour Search Algorithm over an In-Memory Pre-Stored k-d Tree <i>Aleksandar Kondić and Vladimir Milovanović</i>	304
METROLOGY/МЕТРОЛОГИЈА - (MLI/МЛ)		310
MLI1.1	An Intercomparison of the Broadband Electrical Field Meter NARDA NBM 550 <i>Nenad Munić, Aleksandar Kovacević, Nenko Brkljač and Ljubiša Tomić</i>	311
MLI1.2	LiDAR measurements in Maritime transport safety and navigation of the deep seafloor <i>Dijana Džever and Marjan Urekar</i>	316
ML1.2	Dvokoračna segmentna linearizacija kao deo mernog lanca termopara <i>Dragan Živanović, Milan Simić, Milica Stojanović and Dragan Denić</i>	322
ML1.3	Poređenje merenja brzine vetra anemometrom sa lopaticama i ultrasoničnim anemometrom na vetroturbini <i>Robert Fajhner and Marjan Urekar</i>	328
ML1.4	Primena linearnog niza fotodetektora kod optičkih pseudoslučajnih pozicionih enkodera <i>Ivana Ranđelović, Dragan Denić, Goran Miljković and Aleksandar Jocić</i>	333
ML2.1	Ponovljivost rezultata merenja nivoa električnog polja EM smetnji <i>Aleksandar Kovačević and Nenad Munić</i>	337
ML2.2	Pregled elektrogastrografske metode <i>Jelena Đorđević Kozarov, Platon Sovilj, Marjan Urekar, Milan Šaš and Miroljub Pešić</i>	340
ML2.3	Sistem za merenje pritiska u konceptu Internet of Things <i>Tomislav Pap and Marjan Urekar</i>	344
ML2.4	Merno informacioni sistem za automatsko hranjenje kućnih ljubimaca <i>Maja Perić and Marjan Urekar</i>	347
ML2.5	Uređaj za pravilno sedenje baziran na merno-informacionim modulima <i>Jovana Jović and Marjan Urekar</i>	352
ML2.6	Merno-akvizicioni sistem za pravilno sedenje <i>Mario Volaš, Dragan Pejić and Marjan Urekar</i>	358
ML2.7	Razvoj softvera za merenje vremena reakcije na vizuelne i zvučne stimuluse <i>Milica Djordjevic, Djordje Novakovic and Marjan Urekar</i>	364
ML3.1	Projektovanje univerzalne razvojne ploče za merenje i regulaciju <i>Ninoslav Srdić, Marjan Urekar, Dragan Pejić and Platon Sovilj</i>	368
ML3.2	Merni sistem za detekciju padova zasnovan na akcelerometru, žiroskopu i GPS modulu <i>Sanja Mandić and Đorđe Novaković</i>	373
ML3.3	Merenje karakteristika i modelovanje Hamonovih etalon otpornika u naizmeničnom režimu <i>Stefan Mirkovic, Dragan Pejic and Aleksandar Dimitrijevic</i>	378
ML3.4	Merni sistem za određivanje modula i faznog stava impedanse baziran na virtuelnoj instrumentaciji <i>Milan Šaš, Dragan Pejić, Nemanja Gazivoda, Đorđe Novaković and Bojan Vujičić</i>	382
ML3.5	Simulaciona analiza metode pogodna za metrološku karakterizaciju impedanse na niskim frekvencijama <i>Milan Šaš, Dragan Pejić, Nemanja Gazivoda, Đorđe Novaković and Bojan Vujičić</i>	386
MICROELECTRONICS AND OPTOELECTRONICS, NANOSCIENCES AND NANOTECHNOLOGIES/МИКРОЕЛЕКТРОНИКА И ОПТОЕЛЕКТРОНИКА - (MOI/МО)		390
MOI1.1	Two Color Photodiodes Mounted on the Micromachined Carrier <i>Žarko Lazić, Milče Smiljanić, Dušan Nešić and Ljubiša Zeković</i>	391
MOI1.2	Optimization of electrodeposition parameters to improve composite hardness of nickel coatings on brass substrate for varying film thicknesses and applied indentation loads <i>Ivana Mladenović, Jelena Lamovec, Marko Obradov, Milena Rašljić Rafajilović, Vesna Radojević, Dana Vasiljević Radović and Nebojša Nikolić</i>	395
MOI1.3	Electrically Programmable Analog Device As An Ultraviolet Light Sensor <i>Stefan Ilić, Milija Sarajlić, Dana Vasiljević-Radović, Marko Andjelković, Alberto J. Palma, Russell Duane and Goran Ristić</i>	401
MOI1.4	Origin of the Open Circuit Voltage and Important Processes that Affect its Value in Organic Solar Cells <i>Teodora Pavličević, Jovana Gojanović, Nataša Čirović and Sandra Živanović</i>	405
MOI1.5	Design Consideration for Low-Power Step-Up Converter <i>Jana Vračar, Milan Stojanović, Zoran Prijjić, Aneta Prijjić and Ljubomir Vračar</i>	411
MO1.1	Osnovi teorije diferencnih jednačina sa primenom na analizu svojstava nanostrukture <i>Jovan Šetrajčić, Vjekoslav Sajfert and Siniša Vučenović</i>	415
MO1.2	Difuzija optičkih pobuđenja u tankim molekulskim filmovima <i>Jovan Šetrajčić and Siniša Vučenović</i>	427
MO1.3	Indukovanje stanja sličnih topološkim kod dvoslojnih fosforenskih traka primenom normalnog električnog polja <i>Vladimir Arsoski and Milan Tadić</i>	433
MO1.4	Elektronska svojstva grafenskih nanotraka sa periodičnim defektima <i>Jovana Vlahović, Vladimir Arsoski, Milan Tadić and Milorad Milošević</i>	437

	MICROWAVE TECHNIQUE, TECHNOLOGIES AND SYSTEMS/МИКРОТАЛАСНА ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЈЕ И СИСТЕМИ - (MTI/MT)	441
MTI1.1	On Some Differences Between Wave Digital Models of Directional Couplers <i>Biljana Stošić, Nebojša Dončov and Marin Nedelchev</i>	442
MTI1.2	Doherty PA Linearization by Injection of the 2nd order Digitally Processed Signals for 5G FBMC modulation <i>Aleksandar Atanasković, Nataša Maleš-Ilić, Biljana Stošić and Djurdje Budimir</i>	448
MTI1.3	Planar Archimedean Spiral Antenna Resonant Frequency and Bandwidth Estimation using MLP Neural Network <i>Zoran Stanković, Maja Sarevska, Nebojsa Doncov and Ksenija Pesic</i>	452
MTI1.4	Analysis of Feeding Methods for High-Gain Crossed Slot Antenna Arrays <i>Marija Milijic and Branka Jokanovic</i>	457
MTI1.5	Cost-Effective Standing Wave Ratio Meter <i>Ana Ćupurdija and Slobodan Savić</i>	463
MT1.1	Automatizacija određivanja nivoa EM polja radio-difuznih predajnika na osnovu ITU-R P.1546 metode za visine h1 manje od 10 m <i>Miloš Radojković and Zlatica Marinković</i>	469
MT1.2	TLM modelovanje deformacija savijanja antene u biomedicinskim aplikacijama <i>Jugoslav Jokovic, Tijana Dimitrijević, Aleksandar Atanaskovic and Nebojsa Doncov</i>	473
	NEW MATERIALS IN ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING/НОВИ МАТЕРИЈАЛИ - (NMI/HM)	478
NMI1.1	Sintering and Phase transition of the ZnTiO ₃ nano powder dilatometric data deconvolution <i>Nebojša Labus, Milena Rosić, Smilja Marković, Maria-Vesna Nikolić and Srđan Matijašević</i>	479
NMI1.2	Study of the effect of microstructure and magnetic texture on major loop phenomenology using OOMMF <i>Mehrija Hasicic, Aphrodite Ktena and Jasna Hivziefendic</i>	487
NM1.1	Primeri primene fraktalne analize na karakterizaciju novih materijala <i>Sanja Aleksić, Branislav Ranđelović, Aleksandar Pantić, Neda Stanojević and Dušan Milošević</i>	492
NM1.2	Mikrostrukturna i dielektrična karakterizacija PLZT keramike <i>Vesna Paunović, Miloš Marjanović and Zoran Prijić</i>	498
NM1.3	Električne karakteristike BaTiO ₃ keramike dopirane antimonom <i>Aleksandra Stojković, Miloš Marjanović, Vesna Paunović, Aneta Prijić and Zoran Prijić</i>	503
NM1.4	Осетљивост магнетоимпедансног елемента CoFeSiB аморфне жице <i>Jelena Orelj and Nebojsa Mitrovic</i>	507
	NUCLEAR ENGINEERING AND TECHNOLOGY/НУКЛЕАРНА ТЕХНИКА - (NTI/HT)	512
NTI1.1	The stability and Quality Control of Instruments for Measurement of Ambient Dose Equivalent Rate <i>Jelena Krneta Nikolic, Marija Janković, Milica Rajacic, Ivana Vukanac, Dragana Todorovic and Natasa Sarap</i>	513
NTI1.2	Measurement using liquid scintillation spectrometer-quality control <i>Marija Janković, Nataša Sarap, Jelena Krneta Nikolić, Milica Rajačić, Dragana Todorović and Ivana Vukanac</i>	516
NTI1.3	E-Waste Glass in Radionuclide Immobilization <i>Tatjana Miljojcic, Ivana Jelic, Marija Sljivic Ivanovic and Slavko Dimovic</i>	519
NT1.1	UTICAJ FUZIONIH GENERATORA NA EFIKASNOST GASNOG ODVODNIKA PRENAPONA <i>Nemanja Aranđelović, Dušan P. Nikezić, Uzahir Ramadani, Ivan Lazović, Nikola Mirkov and Predrag V. Osmokrović</i>	524
NT1.2	Sektorski pristup u analizi bezbednosnih rizika upravljanja nuklearnim otpadom <i>Slavko Dimović, Milica Ćurčić and Nikola Zdolšek</i>	530
NT1.3	UTICAJ JONIZUJUĆEG ZRAČENJA NA KARAKTERISTIKE GASNIH ODVODNIKA PRENAPONA <i>Uzahir Ramadani, Dušan P Nikezić, Alija Jusić, Ivan Lazović and Nikola Mirkov</i>	537
	COMPUTING AND INFORMATION ENGINEERING/РАЧУНАРСКА ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА - (RTI/PT)	543
RTI1.1	One Solution For Multimedia Subscription Using Blockchain <i>Igor Srdić and Djordje Glisic</i>	544
RTI1.2	Model-Driven Approach to Blockchain-Enabled MLOps <i>Nenad Petrović</i>	548
RTI1.3	Controllability of the multi-agent system modeled by the chain graphs with repeated degree <i>Milica Anđelić, Edin Dolićanin and Zoran Stanić</i>	554
RTI1.4	Distillation of Secret Keys using Speech Signals and Discussion through a Public Channel <i>Jelica Radomirović, Milan Milosavljević and Aleksandra Krstić</i>	558
RTI2.1	One solution for voice commands on Android based STB <i>Jovana Simić, Djordje Glisic and Uros Jokic</i>	562
RTI2.2	One solution for simulating conditional access in DTV Software on PC platform <i>Milan Petrović, Djordje Glisic and Uroš Jokić</i>	566
RTI2.3	One solution for testing embedded DTV software on the PC platform <i>Branka Ševa, Djordje Glisic and Uroš Jokić</i>	570
RTI2.4	Comparison of type-2 hypervisor performance on the example of VirtualBox, VMware Workstation player and MS Hyper-V	574

	<i>Borislav Đorđević, Iva Jovičić, Nenad Kraljević and Valentina Timčenko</i>	
RTI2.5	Comparison of file system performance in full virtualization with MS Hyper-V and KVM hypervisors	580
	<i>Borislav Đorđević, Miloš Piljić, Nenad Kraljević and Valentina Timčenko</i>	
RTI2.6	A Review of Wazuh Tool Capabilities for Detecting Attacks Based on Log Analysis	585
	<i>Stefan Stanković, Slavko Gajin and Ranko Petrović</i>	
RTI3.1	Infrastructure for Simulating n-Dimensional Simplicial Complexes	590
	<i>Dušan Cvijetić, Nenad Korolija and Marko Vojinović</i>	
RTI3.2	Possibilities for Parallelizing Simplicial Complexes Simulation	595
	<i>Dušan Cvijetić, Nenad Korolija and Marko Vojinović</i>	
RTI3.3	The Evolution of Big Data Analytics Solutions in the Cloud	600
	<i>Danko Miladinović, Jovan Popović and Nenad Korolija</i>	
RTI3.4	Hybrid Manycore Dataflow Processor	606
	<i>Danko Miladinović, Miroslav Bojović, Vladislav Jelisavčić and Nenad Korolija</i>	
RTI3.5	Service-Oriented Communication Between ADAS and IVI Domains in Automotive Solutions	611
	<i>Dušan Kenjić, Marija Antić and Dušan Živkov</i>	
RT1.1	Утврђивање сличности софтверског кода	617
	<i>Zaharije Radivojević and Miloš Cvetanović</i>	
RT1.2	Softversko rešenje za akviziciju i vizuelizaciju moždanih talasa	626
	<i>Ivan Tot, Boriša Jovanović, Dušan Bogičević, Tamara Gajić and Jordan Atanasijević</i>	
RT2.1	Platforma za praćenje kvaliteta vazduha u gradu Čačak	630
	<i>Nikola Kukric, Bozidar Popovic, Slobodan Lubura and Zorana Mandić</i>	
	ROBOTICS AND FLEXIBLE AUTOMATION/РОБОТИКА И ФЛЕКСИБИЛНА АУТОМАТИЗАЦИЈА - (ROI/PO)	634
ROI1.1	Mobile robot decision-making system based on deep machine learning	635
	<i>Aleksandar Jokić, Milica Petrović and Zoran Miljković</i>	
ROI1.2	Method for Configuring Virtual Robot as an Integral Part of the Control System	639
	<i>Nikola Slavković, Saša Živanović, Zoran Dimić and Nikola Vorkapić</i>	
ROI1.3	Low-cost real-time human motion capturing system	645
	<i>Milutin Nikolic, Lazar Milić, Milutin Studen and Mirko Raković</i>	
ROI1.4	GAN-based Data Augmentation in the Design of Cyber-attack Detection Methods	651
	<i>Dušan Nedeljković and Živana Jakovljević</i>	
ROI1.5	Comparison of SLAM algorithms on omnidirectional four wheel mobile robot	657
	<i>Slaven Petković, Lazar Milić, Milutin Nikolić, Mirko Raković and Dragiša Mišković</i>	
ROI2.1	Natural Non-Invasive Human-Machine Interface Based on Hand Gesture Recognition	663
	<i>Jelena Rodić, Darko Golubović, Nikola Knežević and Kosta Jovanović</i>	
ROI1.1	Pozicioniranje Hvataljke ABB Kolaborativnom Robota Pomoću Kamere	668
	<i>Vojislav Vujičić and Ivan Milićević</i>	
ROI1.2	Upravljanje pasivnom krutošću završnog uređaja robota oblikovanjem elipsoida krutosti	672
	<i>Branko Lukić, Nikola Knežević and Kosta Jovanović</i>	
ROI1.3	Hijerarhijsko distribuirano upravljanje kolaborativnim industrijskim humanoidnim robotom podržano oblak-arhitekturom	678
	<i>Jovan Šumarac, Aleksandar Rodić and Ilija Stevanović</i>	
	TELECOMMUNICATIONS/ТЕЛЕКОМУНИКАЦИЈЕ - (TEI/TE)	683
TEI1.1	On Pulse Shaping for Generalized Faster than Nyquist Signaling with and without Equalization	684
	<i>Jovan Milojkovic, Srđan Brkić and Jelena Čertić</i>	
TEI1.2	Performance simulation for LCR of MIMO Multi-branch SC Diversity System in α - μ fading and α - μ interference channel	688
	<i>Dejan Milic, Suad Suljović, Dejan Rančić, Nenad Petrović and Nenad Milošević</i>	
TEI1.3	Location Privacy Improvements in Telecommunication Data Management Systems	693
	<i>Milan Simaković, Zoran Čiča and Dejan Drajić</i>	
TEI1.4	Introducing IoT to Big Data Platform for Network Performance Monitoring	698
	<i>Milan Simaković, Zoran Čiča and Dejan Drajić</i>	
TEI1.5	Reliability of Earth-Space Links under Deep Fades with Interleaved Reed-Solomon Codes	702
	<i>Srđan Brkić, Zoran Čiča, Andreja Radošević, Đorđe Sarač and Predrag Ivaniš</i>	
TEI1.6	Effect of Phase Noise on Error Probability of MPSK Receiver over TWDP Channel - Simulation Study	707
	<i>Goran Djordjevic, Jarosław Makal, Bane Vasic and Bata Vasic</i>	
TEI2.1	Initial Development of a Program for Drone Micro-Doppler Signature Modelling	711
	<i>Jovan Radivojević, Predrag Petrović, Aleksandar Lebl and Mladen Mileusnić</i>	
TEI2.2	Execution Time Improvement using CPU Parallelization and Non-Uniform High-Resolution Range-Doppler Map Estimation in HFSWR	717
	<i>Dragan Golubović, Nenad Vukmirović, Zoran Lončarević, Marko Marković and Miljko Erić</i>	
TEI2.3	Layer 2 Forwarding Using T4P4S: P4 Language and Data Plane Development Kit	723
	<i>Dimitrije Jovanović and Aleksandra Smiljanić</i>	
TE1.1	Mogućnost primene beacon tehnologije za razvoj Covid-19 sistema za praćenje kontakta u visokoškolskim institucijama	729
	<i>Ivana Stefanović, Milutin Nešić and Marko Milivojčević</i>	

TE1.2	Istraživanje različitih algoritama dubokog učenja za detekciju i klasifikaciju dronova <i>Mohammed Mokhtari, Jovan Bajčetić, Boban Sazdić-Jotić and Boban Pavlović</i>	734
TE1.3	LDPC dekoderi sa reinicijalizacijama koji objedinjuju tvrde odluke i razmenu mekih poruka <i>Predrag Ivaniš, Srđan Brkić and Bane Vasić</i>	740
TE1.4	Analiza performansi kooperativnog diverziti sistema u kompozitnom fedingu modelovanom odnosom α - μ i gama raspodela <i>Edis Mekić, Irfan Fetahović and Edin Dolićanin</i>	746
ARTIFICIAL INTELLIGENCE/ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА - (VII/ВИ)		750
VII1.1	Code Comment Classification Taxonomies <i>Marija Kostić, Aleksa Srbijanović, Vuk Batanović and Boško Nikolić</i>	751
VI1.2	Primena ConvLSTM modela za predikciju optičke debljine aerosola <i>Uzahir Ramadani, Dusan Nikezic, Dušan Radivojević, Nikola Mirkov and Ivan Lazović</i>	757
VI1.3	Primena veštačke inteligencije na terminal za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila koja se napaja iz obnovljivih izvora električne energije <i>Jovan Vujasinovic and Goran Savić</i>	763
VI1.4	Prepoznavanje imena na slikama lekarskih izveštaja na srpskom jeziku u cilju zaštite ličnih podataka <i>Aldina Avdić and Ulfeta Marovac</i>	768
VI1.5	Sistem za automatizaciju testova za proveru znanja baziran na transformaciji predikatskih iskaza <i>Ulfeta Marovac and Aldina Avdić</i>	772
SPECIAL THEMATIC SESSION CONTEMPORARY TECHNOLOGIES AND EDUCATION/СПЕЦИЈАЛНА ТЕМАТСКА СЕСИЈА САВРЕМЕНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ И ЕДУКАЦИЈА (SS-EDUI/СС-ЕДУ/)		777
SS-EDUIUvodni rad	Konferencije ETRAN/IcETLAN kroz statistiku <i>Vladimir Katić, Marko Jarnević, Dragomir Nikolić and Mirjana Jovanić</i>	778
SS-EDUI1.1	A Comparison of Selected Systems For Learning About SQLi Vulnerability Suitable for Academic Uses <i>Djordje Madic, Danko Miladinovic and Zarko Stanislavljevic</i>	784
SS-EDUI1.2	Automated grading system for picoComputer assembly codes integrated within E-Learning platform <i>Jovan Đukić, Vladimir Jocović, Marko Mišić and Milo Tomašević</i>	789
SS-EDUI1.3	Pandemic Support System Modelling and Implementation as Integral Part of Computer Science Courses <i>Nenad Petrović</i>	794
SS-EDUI1.4	An overview of software code review tools and the possibility of their application in teaching at the School of Electrical Engineering in Belgrade <i>Milos Obradovic, Marija Kostic, Balsa Knezevic and Drazen Draskovic</i>	799
SS-EDUI1.1	Automatsko snimanje amplitudno-frekventnih karakteristika primenom Arduino okruženja <i>Goran Dikić and Slobodan Drašković</i>	805
SS-EDUI1.2	Zaštita prenosa paketskog telefonskog saobraćaja upotrebom tehnologije virtuelnih privatnih mreža <i>Miće Živanović, Jovan Bajčetić and Ivan Tot</i>	809
SPECIAL THEMATIC SESSION – DIGITALISATION IN SCIENCE/СПЕЦИЈАЛНА ТЕМАТСКА СЕСИЈА – ДИГИТАЛИЗАЦИЈА У НАУЦИ (SS-DI/СС-ДИ)		815
SS-DI1.1	Digitalizacija naučne građe - metode i rešenja <i>Zoran Zdravković</i>	816
SS-DI1.2	Jedinica za snimanje podataka u ispitivanju vanrednih železničkih događaja <i>Sanja Jevtić, Marija Vukšić Popović, Nada Ratković Kovačević and Sonja Ketin</i>	822
SS-DI1.3	Merenje digitalizacije i IKT sektora – parametri i metode kvantifikacije razvoja društva <i>Zoran Zdravković</i>	826
SS-DI1.4	Neki savremeni aspekti upotrebe luminiscentnih efekata <i>Milanka Pećanac and Bećko Kaslića</i>	830
SS-DI1.5	Изазови у настави на рачунарима током пандемије Covid 19 на предмету Нацртна геометрија са рачунарским цртањем <i>Magdalena Dragović, Aleksandar Čučaković, Svetlana Čičević, Aleksandar Trifunović and Anastazija Martinenko</i>	834
SS-DI1.6	Aktuelni problemi digitalizacije u državnoj administraciji <i>Nikola Popović and Julijana Mirčevski</i>	840
SS-DI1.7	On the Potential of SMS Text Messaging in mHealth <i>Danica Mamula Tartalja, Gordana Jelic and Enis Osmani</i>	844
SPECIAL THEMATIC SESSION - FORENSICS/ СПЕЦИЈАЛНА ТЕМАТСКА СЕСИЈА – ФОРЕНЗИКА (SS-FO/СС-ФО)		848
SS-FO1.1	Forenzičke metode za identifikaciju lica: juče, danas, sutra <i>Snezana Stojicic, Nataša Petrović, Radovan Radovanović and Mileša Srećković</i>	849
SS-FO1.2	Sigurnosni uređaji za proveru oružja u funkciji forenzičko-balističkih ispitivanja <i>Kristijan Đujić, Radovan Radovanović, Saša Milić, Martin Matijašević and Aleksandar Ivković</i>	854
SS-FO1.3	Primena forenzičkih alata u klasifikaciji incidenata i nesreća u komercijalnom vazдушном саобраћају по EASA методологији <i>Aleksandar Ivković, Radovan Radovanović, Sаша Милић, Душан Ивковић and Кристијан Ђујић</i>	858
SS-FO1.4	Нуклеарна форензика – методе за откривање процеса производње, прометовања и кријумчарења недозвољених физионих материјала <i>Срећко Илић, Радован Радовановић, Саша Милић, Александар Алексић and Александар Ивковић</i>	863

SS-FO1.5	Stabilnost frekvencije kvarcnih oscilatora <i>Miodrag Malović, Ljiljana Brajović and Tomislav Šekara</i>	869
SS-FO1.6	Natural Polymers As Nanocapsule Carriers <i>Danijela Rajić, Srđan Vuković and Svetlana Pelemiš</i>	875
SS-FO2.1	Kvantne generativne suparničke mreže za generisanje naučnih rezultata <i>Vladimir Arsoski</i>	879
SS-FO2.2	Forenzički aspekt prostorne i vremenske komponente <i>Snezana Stojičić, Radovan Radovanović, Mileša Srečković and Nikola Radovanović</i>	886
SS-FO2.3	Različiti režimi rada kvantnih generatora kao instrument za modifikacije u stomatologiji <i>Aleksandar Bugarinović, Željka Tomić, Sanja Jevtić, Aleksander Kovačević, Svetlana Pelemiš, Zoran Nedić and Dragan Družijanić</i>	890
SS-FO2.4	Оптичка влакна у периметарским системима техничке заштите <i>Slađana Pantelić and Branka Radojčić</i>	894
SS-FO2.5	FIZIČKA I NEDESTRUKTIVNA ISPITIVANJA KERAMIČKIH MATERIJALA ZA OBLAGANJE SA ASPEKTA TRAJNOSTI <i>Zoran Stević, Aleksandar Savić, Milica Vlahović, Sanja Martinović and Tatjana Volkov Husović</i>	898
SS-FO2.6	Суб-микрометарске паралелне површинске структуре индуковане фемтосекундним ласерским снопом у форензици <i>Aleksander Kovačević, Suzana Petrović, Marina Lekić, Borislav Vasić, Branislav Salatić and Jelena Potočnik</i>	901
SPECIAL THEMATIC SESSION - HERITOLGY/СПЕЦИЈАЛНА ТЕМАТСКА СЕСИЈА - ХЕРИТОЛОГИЈА (SS-HE/CC-XE)		905
SS-HE1.1	Sinhronizacija mernih podataka u bežičnim senzorskim mrežama <i>Miodrag Malović</i>	906
SS-HE1.2	Primer kombinovanja raspodela atmosferskih aerosola po veličinama dobijenih metodom merenja električne pokretljivosti i optičkom metodom <i>Miloš Davidović, Milena Davidovic, Sonja Dmitrašinović, Mileša Srečković and Milena Jovašević–stojanović</i>	913
SS-HE1.3	INTEGRACIJE NAUČNIH ZNANJA U PRIMENI VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U HERITOLOŠKIM PROBLEMIMA <i>Suzana Polić, Mileša Srečković, Zoran Stević, Slobodan Bojanić and Željka Tomić</i>	918
SS-HE1.4	Problem heritološke abdukcije u vezi sa instrumentalnim analizama materijala kulturne baštine <i>Suzana Polić, Mileša Srečković, Zoran Stević, Miodrag Malović and Miloš Đurić</i>	922
SS-HE1.5	Deskripcija, heritologija i metrologija boje <i>Mileša Srečković, Veljko Zarubica, Aleksander Kovačević, Zoran Fidanovski, Suzana Polić and Milena Davidović</i>	928
SS-HE1.6	PROTO-KONCEPTUALNA REŠENJA U PRIMENI LASERA U HERITOLOGIJU <i>Mileša Srečković, Suzana Polić, Zoran Stević, Veljko Zarubica and Stanko Ostojčić</i>	933
SS-HE1.7	COMPARISON OF 3D PRINTING AND GALVANIC COATING OF GOLD IN PRINTING CIRCUIT BOARD PRODUCTION <i>Zoran Karastojković, Radiša Perić, Aleksandar Bugarinović, Milan Miladinov and Višeslava Rajković</i>	937
SSICETRAN-KALCEA		940
SS-ICETRAN-KALCEA	Platform for Rapid Prototyping of Maximum Power Point Tracking Algorithms in Photovoltaic Systems <i>Srđan Lale, Ognjen Petrić, Slobodan Lubura and Marko Ikić</i>	941
Indeks autora/Author index		

Auralizacija sakralnih prostora i likovni programi: nove perspektive i mogućnosti istraživanja

Vuk Dautović, Jakov Đorđević

Apstrakt—Doživljaj prisustva svetosti bio je gotovo pretpostavljeno čulno iskustvo za srednjovekovne ljude. Poslednjih decenija istraživanja uloge svetla, mirisa i performativnih aspekata likovnih programa u dočaravanju prisustva svetosti unutar srednjovekovnih crkava omogućila su nove perspektive u razumevanju sakralne vizuelne kulture. Interdisciplinarna grupa naučnika okupljena oko projekta *Soundscapes of Byzantium* doprinela je jasnijem uvidu o važnosti zvuka kada je reč o oblikovanju vizantijskih sakralnih prostora istraživanjem auralizacije osam crkava u Solunu. Ne samo da je potvrđeno kako su promene u arhitekturi i likovnim programima išle paralelno sa promenama u bogoslužjenju i pojanju već je utvrđena i veza između likovnih programa i akustičkih karakteristika crkava.

Ključne reči—auralizacija; sakralni prostor; obred; likovni program; multidisciplinarnost; zvučna slika.

I. UVOD

Positivistička podela na jasno definisane i kruto odvojene discipline odavno se pokazala nedovoljnom za sticanje saznanja iza kojih stoje složenija pitanja o ljudskoj prirodi, kreativnom delovanju i svetu imaginarnog. Pristup svetosti i doživljaj svetog već decenijama privlače pažnju naučnika koji nominalno ne pripadu isključivo krugu antropologa. Tako se istorija religioznog slikarstva pomerila od jednostavnog objašnjenja likovnih izvedbi njihovim svođenjem na „Bibliju za nepismene“, a istorija arhitekture sakralnih zdanja od potrebe za hronološkim praćenjem promena arhitektonskih formi kvalitativno okarakterisanih kroz prizmu napretka i stagnacije. Štaviše, kada je konkretno reč o crkvama, istraživanja poslednjih godina donose sve više rezultata koji opravdavaju novu perspektivu njihovog posmatranja kao multimedijalnih instalacija. Pored osnovne funkcije pružanja mesta kolektivne molitve, crkve su podizane i oblikovane sa namerom da vernicima obezbede manifestaciju prisustva svetosti i čulno učešće u njoj.

Grupa naučnika okupljena na projektu *Soundscapes of Byzantium*, imajući u vidu da glas predstavlja osnovno sredstvo molitve, postavila je kao svoj osnovni predmet istraživanja ulogu zvuka u kreiranju sakralnih prostora Vizantijskog carstva. Ovaj interdisciplinarni tim predvođen

Vuk Dautović – Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Čika Ljubina 18-20, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: vukdau@gmail.com).

Jakov Đorđević – Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Čika Ljubina 18-20, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: jakovdj@gmail.com).

Šeron Gerstel (profesorka vizantijske umetnosti i arheologije na Univerzitetu u Kaliforniji, Los Angeles) i Krisom Kiriakakisom (direktor Imersivne audio laboratorije na Univerzitetu Južne Kalifornije) odabrao je osam srednjovekovnih crkava u Solunu kao polaznu tačku svog ispitivanja [1]. Budići da je reč o gradu sa drevnom istorijom koji i danas čuva mesta hrišćanske molitve još od kasnoantičkog razdoblja, Solun je pružio priliku za analizu akustičkih svojstava crkava različitih perioda hiljadugodišnjeg carstva, a time i razmatanje nove pretpostavke uslovljenosti promena u arhitekturi i slikarstvu uvođenjem novina u crvenom bogoslužjenju i stilu pojanja [1, 2].

II. PRISTUP ISTRAŽIVANJU

Istraživanje sprovedeno u okviru projekta *Soundscapes of Byzantium* počiva na merenju impulsnih odziva na različitim mestima unutar crkava. Odabir odgovarajućih pozicija za izvore zvuka i mikrofone za snimanje određivan je na osnovu nekoliko kriterijuma: 1) položaju specifičnih arhitektonskih formi koje potvrđeno doprinose oblikovanju posebnih akustičkih efekata; 2) pozicijama određenih likovnih predstava koje nagoveštavaju vezu sa crkvenim pojanjem; 3) mestima koja su posebno izdvojena u vizantijskim bogoslužbenim knjigama kao tačke odigravanja specifičnih obrednih radnji. Kako bi se postigla što objektivnija kvalifikacija, merenja su ponavljana svakog dana u isto vreme, obraćajući pažnju na eventualne promene prouzrokovane različitim temperaturama i vlažnošću prostora. Sprovedena analiza dobijenih podataka omogućila je razmatranje auralne atmosfere svake sakralne građevine ponaosob, ali i komparativno sagledavanje svih osam solunskih crkva. Takođe je pridata pažnja utvrđivanju čistoće zvuka i varijacijama koje uvodi izgovorena reč u odnosu na opevan ton, kao i razlikama koje donosi izvedba soliste nasuprot horskom pevanju. Budući da je reč o pokušaju rekreiranja originalne estetike zvučne slike i njene sinergije sa likovnim programom i arhitektonskim karakteristikama prostora, psihoakustička razmatranja predstavljala su kranji cilj analize. Prikupljeni podaci upoređeni su sa opservacijama pojaca angažovanih na projektu baš kao i pažljivo pozicioniranih slušalaca. Najzad, empirijsko sagledavanje i pojedinačne impresije omogućile su novu perspektivu za preispitivanje opisa akustičkih doživljaja zabeleženih u vizantijskim izvorima [1-3].

Ovim merenjima prethodila su jasno formulisana metodološka stanovišta koja su na teorijskom planu pripremila i uporedila različita znanja o shvatanju zvuka i njegovoj ulozi u oblikovanju verske stvarnosti. Pošavši od premise da je savremeni čovek izložen brojnim auditivnim doživljajima i da su muzika i zvuk prisutniji od tišine, za razliku od čoveka vizantijskog doba koji se sa muzikom i pevanjem u najveličajnijem vidu mogao sresti tokom bogoslužjenja u samim crkvama ali i tokom molitvenih procesija koje su hristijanizovale spoljni prostor, te tokom kojih su svi senzorni aspekti bili jednako važni, udruživši vizuelnost, auditivno i olfaktorno u performativnom činu krsnog hoda ili litije. Konačno sama crkva shvaćena je kao muzički instrument odnosno „rezonantna kutija“ koja zvuku kroz svoja akustička svojstva daje konačan pečat [3, 5].

Teorijsko poznavanje tumačenja auditivnog, pre svega teoloških spisa i patristike istočne crkve uporedo je posmatrano sa akustičkim mogućnostima solunskih crkava shvatanih kao odraz „nebesa na zemlji“. Upravo je veza sa mističnom teologijom istočne crkve i poznavanje angelologije kao teološke discipline koja se bavi karakterom i prirodom bestelesnih nebesnih sila u fokus stavila zvuk kao neposredni emanator nevidljivog sveta, što potvrđuju brojni istorijski izvori. Važna ideja na kojoj počiva recepcija zvuka bogoslužjenja jeste učenje po kome se nebeska i zemaljska liturgija odvijaju istovremeno i jedinstveno na beskonačnom broju oltara. Pisanje savremenika, Solun XIV veka opisuje kao „još jedno nebo“, što je značajna polazišna osnova pri tumačenju akustičkih osobenosti njegovih hramova. Izvođenje crkvenih himni svetiteljima i pevanje psalama, karakteristični za svakodnevicu srednjevekovnog razdoblja pružali su u javnim manifestacijama pobožnosti priliku za „kolektivan emocionalni odušak“ naročito vezano za praznike povezane sa Hristovim Vaskrsenjem, te su glasnost i jauci jednako oblikovali auditivni svet medijskih ljudi. U tom smislu i sam grad koji je mogao biti prepešačen u vremenskom okviru od 45 minuta postaje svojevrstan muzički instrument ili rezonator u njemu proizvedenog kolektivnog zvuka [3].

Znanja o vizantijskoj liturgici, i sve promene koje se tiču poretka molitava i pesama koje se tokom bogoslužjenja izvode jesu od značaja za šire tumačenje povezanosti likovnih programa i vizuelizacije izvođenja crkvenih pesama ili još detaljnije pojedinih trenutaka u liturgiji na njima prikazanih. Upravo je smeštanje određenih molitava poput *Trisvete pesme* u izabrani segment unutar sakralne topografije hrama stvaralo mogućnost da kroz načine komponovanja ali i akustička svojstva odbijanja zvuka efekte udvojenih glasova ili „anđeoskih horova“ [3, 5].

Naglašavanje muzike i auditivnog bilo je postignuto kreiranjem paralelnih narativnih scena u kojima su anđeli obučeni poput đakona sa ripidima i svicima izvodili određene molitve bivajući veza sa mističnom stvarnošću koja verniku iznova nudi „multimedijalni“ doživljaj bogoslužjenja. Ovakve slike javljaju se u brojnim umetničkim medijima od veza preko bogoslužbenih predmeta od metala i sveth slika, pojačavajući značaj vizuelno-auditivnog polja. Pomenuta uporišta u kulturno istorijskoj praksi vizantijskog sveta,

hmnografiji, liturgici te istoriji muzike i istoriji vizantijske umetnosti stavljena su u službu posmatranja crkvenog prostora kao akustičkog sistema koji prima glas kao zvučni impuls emitujuću zvuk koji je modifikovan akustičkim svojstvima same građevine. Upravo je kroz multidisciplinarnost ove vrste izvršena demonstracija načina na koje društveno-humanističke i tehničke nauke mogu doprineti polju episteme otvarajući unutar njega nove perspektive.

III. NOVE PERSPEKTIVE

Uvođenje sve većeg broja svetiteljskih figura sa svitcima na kojima se čitaju odlomci stihova crkvene poezije, baš kao i pojava doslovne vizualizacije sastava crkvenog pesništva u vidu složenih kompozicionih rešenja i ciklusa, samo su neke od karakteristika oblikovanja likovnih programa crkava kasnijih epoha Vizantijskog carstva. Navedene predstave sa svojim naslikanim tekstovima neretko su korišćene za obeležavanje posebno važnih obrednih tačaka u hramu sa ciljem definisanja emocionalnog iskustva vernika koji prisustvuje službi. Gotovo dramski iscenirani prizori često su praćeni rečima zahvalnosti, tugovanja, radosti ili strahopoštovanja i njihovim čitanjem vernik bi ih prisvajao postajući učesnik u ritualnom rekreiranju događaja iz svete istorije prilikom liturgije. Monumentalna kompozicija Oplakivanja Hrista u crkvi Svetog Pantelejmona u Nerezima brižljivo dočarava ekspresije bola na licima aktera scene, podstičući empatiju posmatrača. Sa druge strane, figure svetih hmnografa pod freskom drže u rukama poetske sastave čije čitanje ne samo da nagoveštava teološke premise ovog događaja već verbalizuje i poželjne emocionalne odgovore vernika. Međutim, budući da je reč o performativnim tekstovima, odnosno onima koji su čitani ili pevani naglas makar jednom u toku liturgijske godine, ispisane reči bile bi animirane glasom. Predstave svetih hmnografa u crkvi u Nerezima nalaze se u severnoj pevnici i bile su delimično zaklonjene grupom pojaca koji su sa tog mesta pevali za vreme službe, uznoseći stihove svitaka u molitvenoj pesmi [4]. U paraklisu Hrista Hore u Carigradu, funerarnoj kapeli namenjenoj čuvanju uspomene na tu sahranjene preminule, zapadni travej nosi kupolu sa pandantifima na kojima su prikazani sveti sastavljači stihova čitanih prilikom komemorativnih službi [4]. Reči njihovih svitaka mogle su da se čuju prilikom izvedbe navedenih obreda. Stoga, likovni programi vizantijski crkava mogli su da ukažu na konkretne prostorne tačke namenjene izvedbi pojanja, ali i na prirodu molitve, „režirajući“ pozicije okupljenih kao i njihov duhovni doživljaj [4, 5].

Kada je reč o „animiranju“ naslikanih figura, zanimljivo ispitivanje proizašlo je iz akustičke analize u crkvi Svetog Nikole Orfanosa u Solunu. Severni krak ophodnog broda originalno je bio zatvoren zidom sa zapadne strane obrazujući zasebnu kapelu prislonjenu uz jezgro crkve. Bogorodičin akatist, likovni ciklus sačinjen od ilustracija stihova himne posvećene Hristovoj majci, nekada je pokrivaio sve zidove kapele izuzev istočnog zida. Danas su kompozicije Akatista

opstale jedino na južnom zidu i to u registru koji teče neposredno iznad dva prolaza u glavnu crkvu – njen oltarski prostor i naos. Kako je reč o vizualizaciji pesničkog sastava, članove tima *Soundscapes of Byzantium* zainteresovao je odnos izvedbe pojaca i slike. Prva analiza bazirana je na ispitivanju akustičkih svojstava prostora na osnovu pojanja u samom severnom kraku ophodnog broda. Činjenica da je nekadašnja kapela izgubila originalni zid sa zapadne strane svakako je doprinela potpunoj promeni prvobitnog akustičkog okruženja i pokazalo se da je „nedostatak rezonancije podjednako nezadovoljavajuć i za pojce i slušaoc“ [4]. Premda je teško utvrditi originalnu zvučnost kapele, eksperiment pozicioniranja jednog pojca okrenutog prema istoku sa zapadne strane oltarske pregrade glavne crkve (mesta sa kojeg bi kretalo pojanje u pojedinim trenucima liturgijske službe), pokazao je da je svakako postojala svest o promišljanju akustičkih svojstava u sprezi sa osmišljavanjem likovnog programa. Istočni prolaz koji povezuje kapelu i crkvu pojačao je jačinu glasa koji je dolazio u kapelu. Na osnovu opisa iskustva prisustva bogoslužnju iz izvora i dosadašnjih istraživanja kontemplativnog stanja monaha pred slikom, ukazala se mogućnost specifične zamisli pri planiranju programa: namera da se stvori utisak kao da pojanje dolazi od naslikanih figura Akatista koje su i prikazane kako pesmom proslavljaju mladog Hrista na prestolu nad lučnim prolazom [4].

Ovakve „zvučne slike“, odnosno predstave koje bi bile animirane glasom, prema istraživanju projekta *Soundscapes of Byzantium*, obeležavale su posebna mesta namenjena okupljanju kongregacije u okviru odgovarajuće službe. Nad ulazom u središnji deo naosa crkve Svetih Apostola u Solunu iz severnog kraka ambulatorijuma, koji je funkcionisao kao kapela Svetog Jovana Krstitelja, naslikana je kompozicija Božićnog tropara. Monumentalna freska obavlja gornji deo lučnog prolaza prikazujući anđele koje se u pesmi spuštaju kroz otvorene nebeske vratnice i monahe koji poju podeljeni u dve grube pri dnu kompozicije (sa obe strane ulaza u naos). Kako su vizantijski pojci bili podeljeni u desnu i levu pevnicu, navedena predstava ne samo da je obeležavala mesto izvedbe službe na božićnom jutrenju, nakon čega bi svi ušli u naos, već je nudila i model okupljenima, poistovećujući posmatrača sa akterima scene. Slika je mogla da se čuje, a glasu je pružana vizija više duhovne stvarnosti gde su nebeske sile saučestvovala u obredu [4, 5].

Projekat *Soundscapes of Byzantium* uložio je posebne napore da razmotri da li je mistično tumačenje liturgije kao zajedničke službe neba i zemlje moglo da bude i doslovno opaženo čulom sluha putem postignutih akustičkih efekata [3]. Kupole, apside i svodovi, pored činjenice da prema stepenovanju svetosti predstavljaju prostore najviše sakralnosti, takođe su pojačavali i usmeravali glasove. Akustička svojstva apside doprinosila su čujnosti glasa sveštenika okrenutog prema istoku, a važnost prostora kupole i kao najrezonantnijeg dela crkve ogleđa se u vizantijskim liturgijskim priručnicima koji daju instrukcije da se posebni delovi službe upravo tu odigravaju [5]. Sprovedena akustička merenja na različitim pozicijama unutar solunskih crkava i

psihoakustička razmatranja pružila su nove poglede kada je u pitanju sama percepcija. Zahvaljujući postojanju galerije sa pogledom na naos, crkva Proroka Ilije omogućila je uvud i u razlike prisustva bogoslužnju kada se vernik nalazi na uzvišenom mestu. Utisak da je zvuk na galeriji čistiji i jasniji potvrđen je poređenjem impulsnih odziva. Iz toga proističe da su galerije, budući namenjene osobama višeg dostojanstva, omogućavale, pored neometanog pogleda na naos, i privilegovani položaj za slušanje [1]. Međutim, testiranjem zvuka solunskih crkva uočeni su i posebno zanimljivi akustički obrasci koje su pojci opisali kao prisustvo „betelesnih glasova“ [3]. Prema opisu, čuli su melodijsku liniju za oktavu višu istovremeno sa sopstvenim pojanjem. Zapravo, u akustičkom smislu, ono što su čuli bio je prvi oberton iz niza kao posledicu reverberacije građevine. Zabeležen doživljaj sličan je vizantijskim teološkim opisima zajedničkog služenja liturgije nebeskih sila sa vernicima na zemlji [3].

IV. ZAKLJUČAK

Premda je sagledavanje originalne auralizacije drevnih zdanja otežano zbog njihovih kasnijih prepravki, dogradnji i oštećenja, pri čemu je čest gubitak izvornog materijala sa svojim prirodnim svojstima reflektovanja i upijanja zvuka ostavio trajne posledice [2, 4], grupa predvođena Šeron Gerstel i Krisom Kiriakakisom donela je veoma važne rezultate i postavila dragocene smernice za buduća istraživanja. Komparativna ispitivanja osam crkava u Solunu potvrdila su visoku svest o važnosti akustike pri oblikovanju sakralnih prostora u Vizantijskom carstvu. Štaviše, promene u planu, obliku i likovnim programima vizantijskih crkava išle su paralelno sa promenama u bogoslužnju i pojanju kao neraskidivi splet koji je trebalo da ostvari multisenzorno iskustvo učešća u svetosti [1, 2]. Nije slučajno da se novi tip pojanja sa mnoštvom ukrasa i težnjom ka apstrakciji pojavio u XIII veku – periodu kada počinju da se slikaju raskošne kompozicije inspirisane crkvenim pesništvom [1, 4, 5]. Projekat *Soundscapes of Byzantium* doneo je važan materijal za dalja komparativna istraživanja crkava na drugim područjima koja bi u budućnosti mogla da daju još detaljniji i dublji uvid u duhovne potrebe, kreativnost i svet imaginarnog srednjovekovnih ljudi, ali i da odrede preciznije karakteristike verske kulture na području Evrope.

LITERATURA

- [1] S. Antonopoulos, S. E. J. Gerstel, C. Kyriakakis, K. T. Raptis, J. Donahue, "Soundscapes of Byzantium," *Speculum*, vol. 92, no. S1, pp. S321-S335, Oct., 2017.
- [2] S. E. J. Gerstel, C. Kyriakakis, K. T. Raptis, S. Antonopoulos, J. Donahue, "Soundscapes of Byzantium: The Acheiropoietos Basilica and the Cathedral of Hagia Sophia in Thessaloniki," *Hesperia*, vol. 87, no. 1, pp. 177-213, Jan.-Mar., 2018.
- [3] S. E. J. Gerstel, C. Kyriakakis, S. Antonopoulos, K. T. Raptis, J. Donahue, "Holy, Holy, Holy: Hearing the Voices of Angels," *Gesta*, vol. 6, no. 1, pp. 31-49, Spr., 2021.
- [4] S. E. J. Gerstel, "Images in Churches in Late Byzantium: Reflections and Directions," in *Visibilité et présence de l'image dans l'espace ecclesial*, ch. 6, pp. 93-120, Paris, France, Édit. de la Sorb., 2019.

- [5] S. E. J. Gerstel, "Monastic Soundspaces: The Art and Act of Chanting," in *Resounding Images Medieval Intersections of Art, Music, and Sound*, ch. 6, pp. 135-152, Turnhout, Belgium, Brep., 2015.

ABSTRACT

The presence of the sacred was experienced by the senses in the Middle Ages. In the last decades, the research on the role of light, smell, and the performative aspects of pictorial programs in evoking the presence of holiness within the medieval churches provided new perspectives in understanding the sacral visual culture. The interdisciplinary group of scientists gathered around the project Soundscapes of Byzantium contributed to better insight into the

importance that sound had in fashioning Byzantine sacred spaces by researching the auralization of the eight churches in Thessaloniki. It is not only attested that changes in architecture went hand in hand with the changes in liturgical rite and chanting but the connection between pictorial programs and acoustical characteristics of the churches has also been shown.

Auralization of sacral spaces and pictorial programs: new perspectives and possibilities of research

Vuk Dautović, Jakov Đorđević