

**GOCE DELCEV UNIVERSITY, STIP, NORTH MACEDONIA
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING**

ETIMA 2025
THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE
24-25 SEPTEMBER, 2025



**TECHNICAL SCIENCES APPLIED IN ECONOMY,
EDUCATION AND INDUSTRY**



УНИВЕРЗИТЕТ
ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ
ФАКУЛТЕТ



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“, ШТИП
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

GOCE DELCEV UNIVERSITY, STIP
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING

ТРЕТА МЕЃУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА
THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE

ЕТИМА / ETIMA 2025

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ
CONFERENCE PROCEEDINGS

24-25 септември 2025 | 24-25 September 2025

ISBN: 978-608-277-128-1

DOI: <https://www.doi.org/10.46763/ETIMA2531>

Главен и одговорен уредник / Editor in Chief

проф.д-р Сашо Гелев
Prof.d-r Saso Gelev

Јазично уредување / Language Editor

Весна Ристова (македонски) / Vesna Ristova (Macedonian)

Техничко уредување / Technical Editing

Дарко Богатинов / Darko Bogatinov

Издавач / Publisher

Универзитет „Гоце Делчев“, Штип / Goce Delcev University, Stip
Електротехнички факултет / Faculty of Electrical Engineering

Адреса на организационен комитет / Address of the organizational committee

Универзитет „Гоце Делчев“, Штип / Goce Delcev University, Stip
Електротехнички факултет / Faculty of Electrical Engineering

Адреса: ул. „Крсте Мисирков“ бр. 10А / Address: Krste Misirkov, 10A

Пош. фах 201, Штип - 2000, С. Македонија / PO BOX 201, Stip 2000, North Macedonia

E-mail: conf.etf@ugd.edu.mk

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

62-049.8(062)

004-049.8(062)

МЕЃУНАРОДНА конференција ЕТИМА (3 ; 2025 ; Штип)

Зборник на трудови [Електронски извор] / Трета меѓународна конференција ЕТИМА 2025, 24-25 септември 2025 ; [главен и одговорен уредник Сашо Гелев] = Conference proceedings / Third international conference, 24-25 September 2025 ; [editor in chief Saso Gelev]. - Текст во PDF формат, содржи 357 стр., илустр. - Штип : Универзитет "Гоце Делчев", Електротехнички факултет ; Штип : "Goce Delchev" University, Faculty of Electrical engineering, 2025

Начин на пристапување (URL): <https://js.ugd.edu.mk/index.php/etima/en>. - Наслов преземен од екранот. - Опис на изворот на ден 30.10.2025. - Трудови на мак. и англ. јазик. - Библиографија кон трудовите

ISBN 978-608-277-128-1

а) Електротехника -- Примена -- Собири б) Машинство -- Примена -- Собири
в) Автоматика -- Примена -- Собири г) Информатика -- Примена -- Собири

COBISS.MK-ID 67297029



Трета меѓународна конференција ЕТИМА
24-25 Септември 2025
Third International Conference ETIMA
24-25 September 2025

**ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР
ORGANIZING COMMITTEE**

Драган Миновски / Dragan Minovski

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Сашо Гелев / Saso Gelev

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Тодор Чекеровски / Todor Cekerovski

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Маја Кукушева Панева / Maja Kukuseva Paneva

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Билјана Читкушева Димитровска / Biljana Citkuseva Dimitrovska

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Дарко Богатинов / Darko Bogatinov

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia



Трета меѓународна конференција ЕТИМА
24-25 Септември 2025
Third International Conference ETIMA
24-25 September 2025

**ПРОГРАМСКИ И НАУЧЕН ОДБОР
SCIENTIFIC COMMITTEE**

Антонио Курадо / António Curado

Политехнички институт во Виана до Кастело, Португалија
Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Portugal

Стелијан – Емилијан Олтеан / Stelian –Emilian Oltean

Факултет за инженерство и информатичка технологија,
Медицински универзитет Георге Емил Паладе, фармација, наука и технологија
во Таргу Муреш, Романија
Faculty of Engineering and Information Technology, George Emil Palade
University of Medicine, Pharmacy, Science, and Technology of Targu Mures, Romania

Митко Богданоски / Mitko Bogdanoski

Воена академија, Универзитет „Гоце Делчев“, Северна Македонија
Military Academy, Goce Delcev University, North Macedonia

Верица Тасеска Ѓоргиевска / Verica Taseska Gjorgievska

Македонска академија на науките и уметностите, Северна Македонија
Macedonian Academy of Sciences and Arts, North Macedonia

Југослав Ачкоски / Jugoslav Ackoski

Воена академија, Универзитет „Гоце Делчев“, Северна Македонија
Military Academy, Goce Delcev University, North Macedonia

Димитар Богатинов / Dimitar Bogatinov

Воена академија, Универзитет „Гоце Делчев“, Северна Македонија
Military Academy, Goce Delcev University, North Macedonia

Со Ногучи / So Noguchi

Висока школа за информатички науки и технологии
Универзитет Хокаидо, Јапонија
Graduate School of Information Science and Technology
Hokkaido University, Japan

Диониз Гашпаровски / Dionýz Gašparovský

Факултет за електротехника и информатички технологии,
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

Георги Иванов Георгиев / Georgi Ivanov Georgiev
Технички Универзитет во Габрово, Бугарија
Technical University in Gabrovo, Bulgaria

Антон Белан / Anton Belán
Факултет за електротехника и информации технологии
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

Ивелина Стефанова Балабанова / Ivelina Stefanova Balabanova
Технички Универзитет во Габрово, Бугарија
Technical University in Gabrovo, Bulgaria

Бојан Димитров Карапeneв / Boyan Dimitrov Karapenev
Технички Универзитет во Габрово, Бугарија
Technical University in Gabrovo, Bulgaria

Сашо Гелев / Saso Gelev
Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Влатко Чингоски / Vlatko Cingoski
Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Божо Крстајиќ / Bozo Krstajic
Електротехнички факултет
Универзитет во Црна Гора, Црна Гора
Faculty of Electrical Engineering,
University in Montenegro, Montenegro

Милован Радуловиќ / Milovan Radulovic
Електротехнички факултет
Универзитет во Црна Гора, Црна Гора
Faculty of Electrical Engineering,
University in Montenegro, Montenegro

Гоце Стефанов / Goce Stefanov
Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Мирјана Периќ / Mirjana Peric
Електронски факултет
Универзитет во Ниш, Србија
Faculty of Electronic Engineering,
University of Nis, Serbia

Ана Вучковиќ / Ana Vuckovic

Електронски факултет,
Универзитет во Ниш, Србија
Faculty of Electronic Engineering,
University of Nis, Serbia

Тодор Чекеровски / Todor Cekerovski

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Далибор Серафимовски / Dalibor Serafimovski

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Мирослава Фаркаш Смиткова / Miroslava Farkas Smitková

Факултет за електротехника и информации технологии
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

Петер Јанига / Peter Janiga

Факултет за електротехника и информации технологии
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

Јана Радичова / Jana Raditschová

Факултет за електротехника и информации технологии
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

Драган Миновски / Dragan Minovski

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Василија Шарац / Vasilija Sarac

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Александар Тузаров / Aleksandar Tudzarov

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Владимир Талевски / Vladimir Talevski

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Владо Гичев / Vlado Gicev

Факултет за информатика,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Computer Science,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Марија Чекеровска / Marija Cekerovska

Машински факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Mechanical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Мишко Цидров / Misko Dzidrov

Машински факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Mechanical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Александар Крстев / Aleksandar Krstev

Факултет за информатика,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Computer Science,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Ванчо Аџиски / Vancho Adziski

Факултет за природни и технички науки,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Natural and Technical Sciences,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Томе Димовски / Tome Dimovski

Факултет за информатички и комуникациски технологии,
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;
Faculty of Information and Communication Technologies,
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

Зоран Котевски / Zoran Kotevski

Факултет за информатички и комуникациски технологии,
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;
Faculty of Information and Communication Technologies,
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

Никола Рендевски / Nikola Rendeovski

Факултет за информатички и комуникациски технологии,
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;
Faculty of Information and Communication Technologies,
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

Илија Христовски / Ilija Hristovski

Економски факултет,
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;
Faculty of Economy,
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

Христина Спасовска / Hristina Spasovska

Факултет за електротехника и информациски технологии,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;
Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies,
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

Роман Голубовски / Roman Golubovski

Природно-математички факултет,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;
Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

Маре Србиновска / Mare Srbinovska

Факултет за електротехника и информациски технологии,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;
Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies,
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

Билјана Златановска / Biljana Zlatanovska

Факултет за информатика,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Computer Science,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Александра Стојанова Илиевска / Aleksandra Stojanova Ilievska

Факултет за информатика,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Computer Science,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Мирјана Коцалева Витанова / Mirjana Kocaleva Vitanova

Факултет за информатика,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Computer Science,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

Ивана Сандева / Ivana Sandeva

Факултет за електротехника и информациски технологии,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;
Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies,
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

Билјана Читкушева Димитровска / Biljana Citkuseva Dimitrovska

Електротехнички факултет,
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;
Faculty of Electrical Engineering,
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

Наташа Стојковиќ / Natasa Stojkovik

Факултет за информатика,

Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;

Faculty of Computer Science,

Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;



Трета меѓународна конференција ЕТИМА Third International Conference ETIMA

PREFACE

The Third International Conference “Electrical Engineering, Technology, Informatics, Mechanical Engineering and Automation – Technical Sciences in the Service of the Economy, Education and Industry” (ETIMA’25), organized by the Faculty of Electrical Engineering at the “Goce Delchev” University – Shtip, represents a significant scientific event that enables interdisciplinary exchange of knowledge and experience among researchers, professors, and experts in the field of technical sciences. The conference was held in an online format and brought together 78 authors from five different countries.

The ETIMA conference aims to establish a forum for scientific communication, encouraging multidisciplinary collaboration and promoting technological innovations with direct impact on modern life. Through the presentation of scientific papers, participants shared the results of their research and development activities, contributing to the advancement of knowledge and practice in relevant fields. The first ETIMA conference was organized four years ago, featuring 40 scientific papers. The second conference took place in 2023 and included over 30 papers. ETIMA’25 continued this scientific tradition, presenting more than 40 papers that reflect the latest achievements in electrical engineering, technology, informatics, mechanical engineering, and automation.

At ETIMA’25, papers were presented that addressed current topics in technical sciences, with particular emphasis on their application in industry, education, and the economy. The conference facilitated fruitful discussions among participants, encouraging new ideas and initiatives for future research and projects.

ETIMA’25 reaffirmed its role as an important platform for scientific exchange and international cooperation. The organizing committee extends sincere gratitude to all participants for their contribution to the successful realization of the conference and its scientific value.

We extend our sincerest gratitude to all colleagues who, through the presentation of their papers, ideas, and active engagement in discussions, contributed to the success and scientific significance of ETIMA’25.

The Organizing Committee of the Conference

ПРЕДГОВОР

Третата меѓународна конференција „Електротехника, Технологија, Информатика, Машинство и Автоматика – технички науки во служба на економијата, образованието и индустријата“ (ЕТИМА’25), организирана од Електротехничкиот факултет при Универзитетот „Гоце Делчев“ – Штип, претставува значаен научен настан кој овозможува интердисциплинарна размена на знаења и искуства меѓу истражувачи, професори и експерти од техничките науки. Конференцијата се одржа во онлајн формат и обедини 78 автори од пет различни земји.

Конференцијата ЕТИМА има за цел да создаде форум за научна комуникација, поттикнувајќи мултидисциплинарна соработка и промовирајќи технолошки иновации со директно влијание врз современото живеење. Преку презентација на научни трудови, учесниците ги споделуваат резултатите од своите истражувања и развојни активности, придонесувајќи кон унапредување на знаењето и практиката во релевантните области.

Првата конференција ЕТИМА беше организирана пред четири години, при што беа презентирани 40 научни трудови. Втората конференција се одржа во 2023 година и вклучи над 30 трудови. ЕТИМА’25 продолжи со истата научна традиција, презентирајќи повеќе од 40 трудови кои ги отсликуваат најновите достигнувања во областа на електротехниката, технологијата, информатиката, машинството и автоматиката.

На ЕТИМА’25 беа презентирани трудови кои обработуваат актуелни теми од техничките науки, со посебен акцент на нивната примена во индустријата, образованието и економијата. Конференцијата овозможи плодна дискусија меѓу учесниците, поттикнувајќи нови идеи и иницијативи за идни истражувања и проекти.

ЕТИМА’25 ја потврди својата улога како значајна платформа за научна размена и интернационална соработка. Организациониот одбор упатува искрена благодарност до сите учесници за нивниот придонес кон успешната реализација на конференцијата и нејзината научна вредност. Конференцијата се одржа онлајн и обедини седумдесет и осум автори од пет различни земји.

Изразуваме голема благодарност до сите колеги кои со презентирање на своите трудови, идеи и активна вклученост во дискусиите придонесоа за успехот на ЕТИМА’25 и нејзината научна вредност.

Организационен одбор на конференцијата

СОДРЖИНА / TABLE OF CONTENTS:

СОВРЕМЕНО РАНОГРАДИНАРСКО ПРОИЗВОДСТВО СО ПРИМЕНА НА ОБНОВЛИВИ ЕНЕРГЕТСКИ ИЗВОРИ И ТЕХНОЛОГИИ.....	15
ШИРОКОПОЈАСЕН ПРЕНОС НА ПОДАТОЦИ ПРЕКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКАТА МРЕЖА	25
TRANSIENT PHENOMENA IN BLACK START	32
OPTIMIZATION OF SURPLUS ELECTRICITY MANAGEMENT FROM MUNICIPAL PHOTOVOLTAIC SYSTEMS: VIRTUAL STORAGE VS BATTERY SYSTEMS.....	43
IMPACT OF LIGHT POLLUTION ON ENERGY EFFICIENCY	53
ПЕРСПЕКТИВИ, ПРЕДИЗВИЦИ И ИНОВАЦИИ ВО ПЕРОВСКИТНИТЕ СОЛАРНИ КЕЛИИ	61
ПРИМЕНА НА НАНОМАТЕРИЈАЛИ КАЈ ФОТОВОЛТАИЧНИ КЕЛИИ ЗА ЗГОЛЕМУВАЊЕ НА НИВНАТА ЕФИКАСНОСТ ПРЕКУ НАМАЛУВАЊЕ НА РАБОТНАТА ТЕМПЕРАТУРА	68
LONG-TERM POWER PURCHASE AGREEMENT FOR PHOTOVOLTAIC ENERGY AS A SOLUTION FOR ENHANCING THE PROFITABILITY OF THE TASHMARUNISHTA PUMPED-STORAGE HYDRO POWER PLANT	75
СПОРЕДБЕНА АНАЛИЗА НА ПОТРОШУВАЧКА, ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ И ТРОШОЦИ КАЈ ВОЗИЛА СО РАЗЛИЧЕН ТИП НА ПОГОН	87
АВТОМАТСКИ СИСТЕМ ЗА НАВОДНУВАЊЕ УПРАВУВАН ОД ARDUINO МИКРОКОНТРОЛЕР	95
ПРИМЕНА НА WAMS И WACS СИСТЕМИ ВО SMART GRID	103
IoT-BASED ENVIRONMENTAL CONTROL IN 3D PRINTER ENCLOSURES FOR OPTIMAL PRINTING CONDITIONS.....	112
BENEFITS OF STUDYING 8086 MICROPROCESSOR FOR UNDERSTANDING CONTEMPORARY MICROPROCESSOR.....	123
ПРАКТИЧНА СИМУЛАЦИЈА НА SCADA СИСТЕМ ЗА СЛЕДЕЊЕ И РЕГУЛАЦИЈА НА НИВО НА ТЕЧНОСТ ВО РЕЗЕРВОАР	130
ADVANCEMENTS IN INDUSTRIAL DIGITAL SENSORS (VERSION 3.0 TO 4.0) AND RADAR SYSTEMS FOR OBJECT DETECTION: A STATE-OF-THE-ART REVIEW.	140
CHALLENGES AND SOLUTIONS FOR ENHANCING DRONE-TO-TOC COMMUNICATION PERFORMANCE IN MILITARY AND CRISIS OPERATIONS..	148
BRIDGING TELECOM AND AVIATION: ENABLING SCALABLE BVLOS DRONE OPERATIONS THROUGH AIRSPACE DIGITIZATION.....	157
MEASURES AND RECOMMENDATIONS FOR EFFICIENCY IMPROVEMENT OF ELECTRICAL MOTORS	167
USE OF MACHINE LEARNING FOR CURRENT DENSITY DISTRIBUTION ESTIMATION OF REBCO COATED CONDUCTORS	180
APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DENTAL MEDICINE	186
ИНТЕГРАЦИЈА НА ДИГИТАЛНИОТ СПЕКТРОФОТОМЕТАР ВО ДЕНТАЛНАТА МЕДИЦИНА – НОВИ МОЖНОСТИ ЗА ТОЧНОСТ И КВАЛИТЕТ	194

CORRELATION OF DENTAL MEDICINE STUDENTS' PERFORMANCE IN PRECLINICAL AND CLINICAL COURSES	205
INTRAORAL ELECTROSTIMULATOR FOR RADIATION INDUCED XEROSTOMIA IN PATIENTS WITH HEAD AND NECK CANCER.....	214
ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE OF ENDODONTIC EQUIPMENT WITH GASTRIC PACEMAKER	221
DENTAL IMPLANTS ANALYSIS WITH SEM MICROSCOPE	226
ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАТОЦИ ПРИ УПОТРЕБА НА ЛАСЕР ВО РЕСТАВРАТИВНАТА СТОМАТОЛОГИЈА И ЕНДОДОНЦИЈА.....	231
LASERS AND THEIR APPLICATION IN PEDIATRIC DENTISTRY	238
INCREASE OF ENVIRONMENTALLY RESPONSIBLE BEHAVIOUR THROUGH EDUCATION AND TECHNOLOGICAL INNOVATION.....	242
A DATA-DRIVEN APPROACH TO REAL ESTATE PRICE ESTIMATION: THE CASE STUDY SLOVAKIA.....	249
ANALYSIS OF THE BACKWARD IMPACTS OF A PHOTOVOLTAIC POWER PLANT ON THE DISTRIBUTION SYSTEM	261
VARIANT SOLUTIONS FOR A PARKING LOT COVERED WITH PHOTOVOLTAIC PANELS.....	268
COMPARISON OF ENERGY STATUS IN PORTUGAL AND IN SLOVAKIA	279
DESIGN, ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS ...	286
BATTERY STORAGE IN TRACTION POWER SUPPLY	297
THE ROLE OF CYBERSECURITY AWARENESS TRAINING TO PREVENT PHISHING.....	304
A REVIEW OF RESOURCE OPTIMIZATION TECHNIQUES IN INTRUSION DETECTION SYSTEMS	311
APPLICATION OF A ROBOTIC ARM IN A SIMPLE PICK-AND-DROP OPERATION	321
SIMULATION-BASED PERFORMANCE ANALYSIS OF A SECURE UAV-TO-TOC COMMUNICATION FRAMEWORK IN MILITARY AND EMERGENCY OPERATIONS	328
DIGITALIZATION OF BPM USING THE CAMUNDA SOFTWARE TOOL ON THE EXAMPLE OF THE CENTRAL BANK OF MONTENEGRO	339
DESIGNING A SECURE COMMUNICATION FRAMEWORK FOR UAV-TO-TOC OPERATIONS IN MILITARY AND EMERGENCY ENVIRONMENTS.....	349



АВТОМАТСКИ СИСТЕМ ЗА НАВОДНУВАЊЕ УПРАВУВАН ОД ARDUINO МИКРОКОНТРОЛЕР

Дарко Богатинов¹, Маја Кукушева Панева¹, Гоце Стефанов¹

¹ Електротехнички факултет, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;

е-пошта: darko.bogatinov@ugd.edu.mk

е-пошта: maja.kukuseva@ugd.edu.mk

е-пошта: goce.stefanov@ugd.edu.mk

Апстракт

Во овој труд е претставен дизајн и реализација на автоматски систем за наводнување управуван со Arduino микроконтролер. Целта на системот е ефикасно користење на водата преку автоматизирано наводнување на растенијата врз основа на мерењата на влажноста на почвата. Системот користи сензори за влажност кои постојано ја следат состојбата на почвата и испраќаат податоци до Arduino микроконтролерот. Врз основа на поставен праг, микроконтролерот автоматски ги активира релеата на кои се приклучени вентилите за наводнување, со цел постигнување на поставените параметри за влажност. Овој систем овозможува намалување на човечката интервенција, заштеда на вода и одржување на оптимални услови за раст на растенијата. Исто така, трудот опфаќа анализа на перформансите на системот, неговата економичност и можностите за понатамошен развој, како и интеграција со безжични комуникациски модули за далечинско управување.

Клучни зборови

Arduino, наводнување, автоматизација, микроконтролер, сензори, земјоделство, ефикасност

1. Вовед

Современото земјоделство се соочува со предизвици поврзани со ефикасното користење на водните ресурси и потребата од автоматизација на процесите за наводнување. Мануелното наводнување често резултира со неефикасно користење на водата, што може да доведе до прекумерно или недоволно наводнување на растенијата. [1]

Автоматските системи за наводнување претставуваат решение кое овозможува прецизно управување со процесот на наводнување врз основа на реални податоци од сензорите.

Arduino микроконтролерите, поради нивната достапност, едноставност за програмирање и широка палета на компатибилни сензори, се покажуваат како идеално решение за развој на ваквиот тип системи. [9]

Целта на овој труд е да се претстави дизајн и имплементација на автоматски систем за наводнување кој ќе овозможи:

- Автоматско мерење на влажноста на почвата;
- Автоматско активирање на системот за наводнување;
- Мониторинг на нивото на вода во резервоарот;
- Заштита на пумпата од оштетување;
- Визуелен приказ на состојбата на системот.

2. Методологија

2.1 Архитектура на системот

Предложениот систем се состои од неколку главни компоненти:

1. Arduino микроконтролер - централна единица за управување,
2. Капацитивни сензори за влажност - за мерење на влажноста на почвата,
3. Сензори за детекција на течност - за мониторинг на нивото во резервоарот,
4. Електромагнетни вентили - за контрола на протокот на вода,
5. Релеа - за управување со електромагнетните вентили и пумпата,
6. LCD дисплеј - за визуелен приказ на податоците и
7. Пумпа за вода - за испумпување на вода од резервоарот.

2.2 Принцип на работа на капацитивните сензори

Сензорот за влажност на почвата е клучен елемент кој ја мери содржината на влага во почвата и ги испраќа овие податоци до микроконтролерот. [4]. Капацитивните сензори за влажност работат на принципот на промена на капацитивноста на кондензаторот, во зависност од количината на влага во средината во која се наоѓа самиот сензор. Капацитивните сензори за влажност на почвата ја искористуваат диелектричната разлика помеѓу водата и почвата, каде што сувите почви имаат релативна диелектрична константа помеѓу 2-6, а водата има вредност од приближно 80 [5]. Овој принцип на работа се заснова на основните својства на кондензаторот и диелектрикот лоциран помеѓу неговите плочи. Сензорот обично се состои од две спроводливи електроди кои функционираат како плочи на кондензаторот. Помеѓу овие електроди има тенок слој од диелектричен материјал кој е чувствителен на влага. Диелектричниот материјал може да биде полимер, оксиден слој или друг материјал чија диелектрична константа се менува во зависност од влажноста.

Капацитивноста е дефинирана како количина на полнеж што материјалот може да го складира под дејство на електричен потенцијал. [2] Во форма на равенка, капацитивноста може да се запише како сооднос помеѓу полнеж и потенцијал:

$$C = \frac{Q}{V}$$

каде што C претставува капацитивност, Q е електричен полнеж, а V е електричниот потенцијал. [3]

Диелектричната константа е својство на материјалот што ја одредува неговата способност да складира електричен полнеж. Како што се менува влажноста, диелектричната константа на материјалот се менува, што резултира со промена на капацитивноста на кондензаторот.

Како што се зголемува влажноста, молекулите на водата се апсорбираат од диелектричниот материјал, зголемувајќи ја неговата диелектрична константа. Ова доведува до зголемување на капацитивноста на кондензаторот.

Спротивно на тоа, како што се намалува влажноста, диелектричната константа се намалува, а капацитивноста на кондензаторот соодветно се намалува.

Промените во капацитивноста се мерат со помош на електронски кола кои можат да ги претворат овие промени во електричен сигнал, обично како промена на напонот или фреквенцијата на осцилација. Овој електричен сигнал е пропорционален на влажноста, што му овозможува на сензорот да ги пресмета и прикаже вредностите на влажноста.

Сензорот за влажност на почвата континуирано ја детектира содржината на влага во почвата и во зависност од состојбата испраќа одговор до Arduino UNO, кој пак ја контролира пумпата за вода. [8]



Слика 1. Капацитивен сензор за влажност на почва

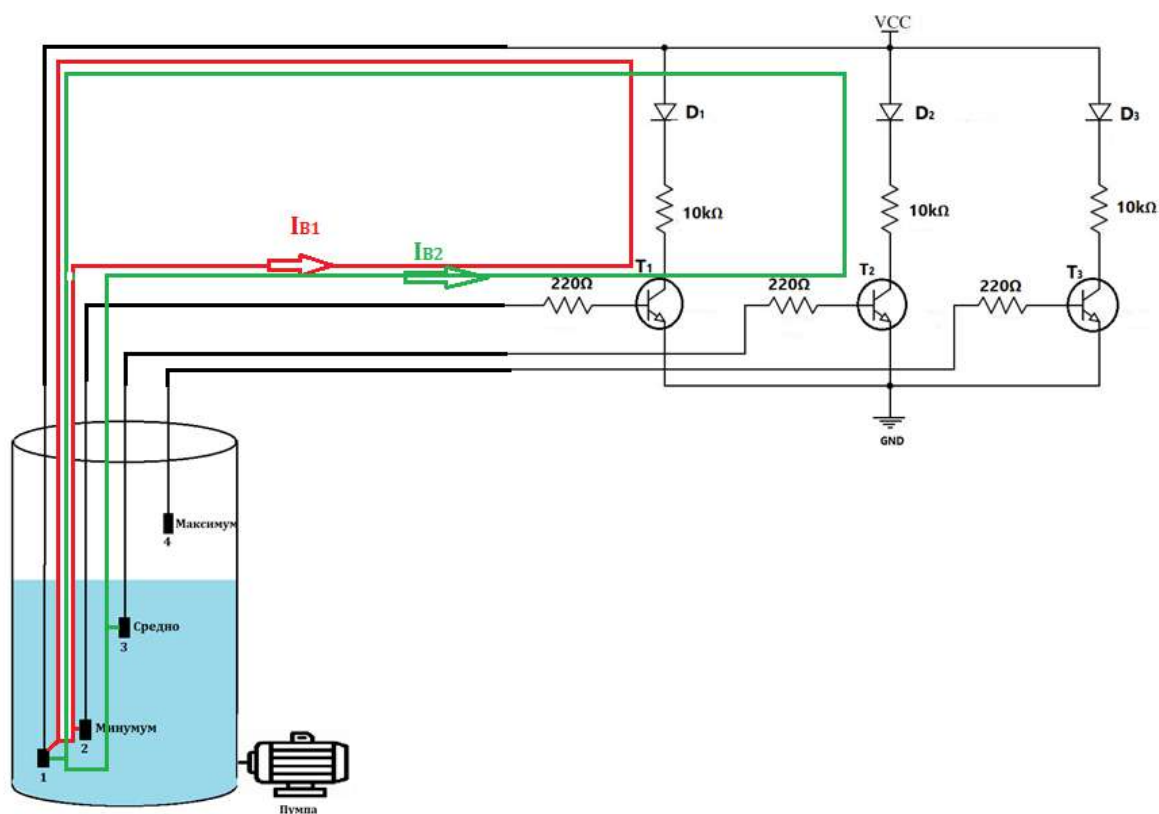
2.3 Систем за детекција на нивото на течност

Сензорите за ниво на вода играат клучна улога во разни индустриски апликации како што се котли и резервоари, каде што прецизното мерење на нивото на течноста е од суштинско значење за оптимални перформанси. [6]

За детекција на нивото на течност во резервоарот се користи природната спроводливост на водата. Системот содржи четири метални контакти:

- Контакт 1: референтен контакт (на дното)
- Контакт 2: минимум ниво
- Контакт 3: средно ниво
- Контакт 4: максимум ниво

Секој контакт е поврзан со NPN транзистор кој делува како прекинувач. Кога водата дојде во допир со контактот, се затвора електричното коло и транзисторот се активира. [7]



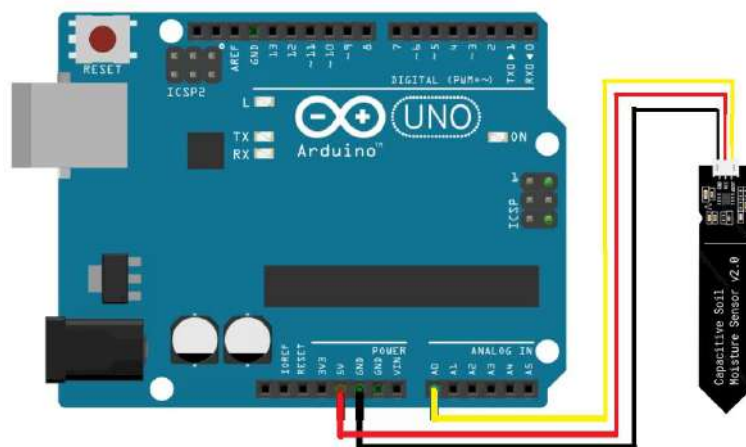
Слика 2. Систем за детекција на нивото на течност

3. Имплементација

3.1 Хардверска имплементација

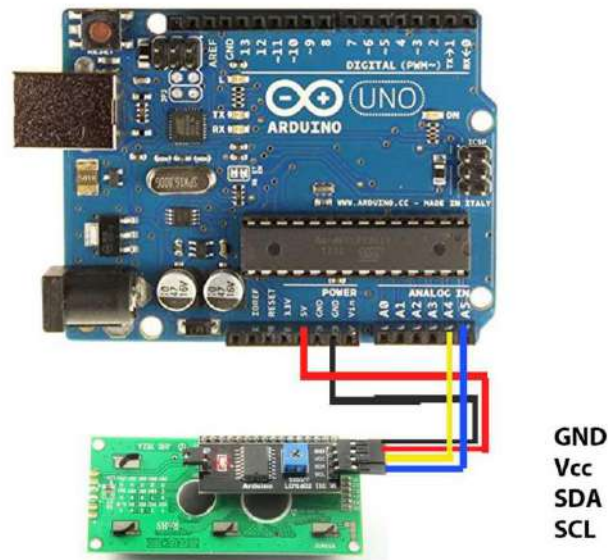
Поврзувањето на компонентите е реализирано според следната шема:

- Капацитивен сензор: VCC → 5V, GND → GND, AOUT → A0



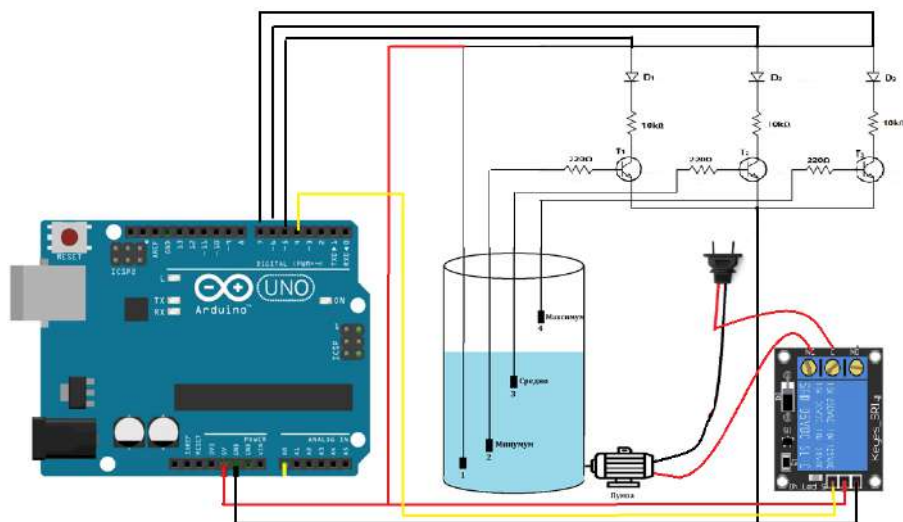
Слика 3. Начин на поврзување на капацитивен сензор

- LCD дисплеј: I2C комуникација на адреса 0x27



Слика 4. Поврзување на LCD дисплеј

- Релеа: Дигитални пинови 3 и 4
- Сензори за ниво на течност: Дигитални пинови 5, 6, 7



Слика 5. Поврзување на реле

3.2 Софтверска имплементација

Програмскиот код е структуриран во неколку главни делови:

3.2.1 Иницијализација

cpp

```
#include <SPI.h>
```

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd = LiquidCrystal_I2C(0x27,20, 4);
const int AirValue = 600;
const int WaterValue = 350;
int soilMoistureValue = 0;
int data = 0;
int rele = 3;
int rele1 = 4;
```

3.2.2 Калибрација на сензорот

Константите AirValue и WaterValue се определуваат преку калибрација на сензорот во воздух и вода соодветно. Овие вредности се користат за мапирање на читањата од сензорот во проценти на влажност.

3.2.3 Алгоритам за управување

Системот работи според следниов алгоритам:

1. Континуирано се чита вредноста од сензорот за влажност;
2. Вредноста се конвертира во проценти (0-100%);
3. Се проверува дали влажноста е под прагот од 40%;
4. Ако е под прагот, се активираат електромагнетните вентили;
5. Се проверува нивото на вода во резервоарот;
6. Се управува со пумпата според достапноста на вода.

3.3 Заштита на пумпата

За заштита на пумпата од оштетување поради недостиг на вода, системот содржи логика која ја исклучува пумпата кога водата падне под минималното ниво:

```
cpp
if (lowLevel == HIGH) {
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH); // Пумпата може да биде вклучена
} else {
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW); // Пумпата се исклучува
}
```

4. Резултати и анализа

4.1 Перформанси на системот

Тестирањето на системот покажа следни резултати:

- Точност на мерење: Капацитивниот сензор обезбедува стабилни и повторливи мерења на влажноста.
- Време на одговор: Системот реагира во рок од 1 секунда по детекција на промена.
- Автоматизација: Намалување на човечката интервенција за 95%.
- Заштеда на вода: Проценета заштеда од 20-30% во споредба со мануелното наводнување.

4.2 Стабилност на системот

Системот покажа висока стабилност при долготрајно функционирање. LCD дисплејот обезбедува јасен приказ на тековната состојба, со што се олеснува мониторингот и одржувањето.

5. Дискусија

5.1 Предности на системот

Предложениот систем има неколку значајни предности:

1. Ефикасност: Автоматското управување обезбедува оптимално користење на водата.
2. Едноставност: Arduino платформата овозможува лесна имплементација и модификација.
3. Економичност: Ниски трошоци за имплементација и одржување.
4. Скалабилност: Системот може да се прошири за покривање на поголеми површини.
5. Екологичност: Намалување на расипањето на водни ресурси.

5.2 Ограничувања

Постојат одредени ограничувања кои треба да се имаат во предвид:

1. Калибрација: Потребна е периодична калибрација на сензорите.
2. Одржување: Сензорите треба да се чистат редовно за оптимални перформанси.
3. Временски услови: Екстремни временски услови можат да влијаат на работата.
4. Зависност од електрична енергија: Системот бара стабилно напојување.

5.3 Можности за унапредување

Идни унапредувања на системот можат да вклучуваат:

1. Безжична комуникација: Интеграција на WiFi или Bluetooth модули.
2. Мобилна апликација: Развој на апликација за далечинско управување.

3. Повеќе сензори: Додавање на сензори за температура, светлина и pH.
4. Машинско учење: Имплементација на алгоритми за предвидување на потребите за наводнување.
5. Соларно напојување: Користење на соларни панели за автономно работење.

6. Заклучок

Овој труд презентира успешна имплементација на автоматски систем за наводнување управуван со Arduino микроконтролер. Системот покажа висока ефикасност во автоматизацијата на процесот на наводнување, што резултира со значајна заштеда на вода и намалување на човечката интервенција.

Главните придонеси на овој труд се:

1. Детален дизајн на автоматски систем за наводнување;
2. Имплементација на заштитни механизми за хардверот;
3. Интеграција на повеќе типови сензори во еден систем.

Резултатите покажуваат дека Arduino базираните системи за наводнување претставуваат практично и економично решение за современото земјоделство. Системот може да се применува во различни средини, од домашни градини до комерцијални земјоделски операции.

Идните истражувања ќе се фокусираат на интеграцијата на напредни алгоритми за предвидување и безжични комуникациски технологии за создавање на паметни земјоделски системи од следна генерација.

Користена литература

- [1] Mayuree, Manisha & Aishwarya, Priyanka & Annasamy, Bagubali. (2019). Automatic Plant Watering System. 1-3. 10.1109/ViTECoN.2019.8899452.
- [2] Nathan Ida. Engineering electromagnetics, volume 2, chapter 4. Springer, 2000.
- [3] Hrisiko, Joshua. (2020). Capacitive Soil Moisture Sensor Theory, Calibration, and Testing. 10.13140/RG.2.2.36214.83522.
- [4] Gaganambha, G., Gowda, D., Kavana, H. K., Aishwarya, M., & Kaviarasu, S. (2024). *Automatic plant watering system*. International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT), 12(9). <https://www.ijcrt.org>
- [5] Alex L Martinez and Alan P Barnes. Modeling dielectric-constant values of geologic materials. Midcontinent Geoscience, pages 116, 2001.
- [6] Moon SJ, Han YL, Hwang SH, Kang SJ, Lee JM, Bae BS. Integrated Water-Level Sensor Using Thin-Film Transistor Technology. ACS Omega. 2023 Sep 28;8(40):36868-36875. doi: 10.1021/acsomega.3c03914. PMID: 37841193; PMCID: PMC10569014.
- [7] a, Oyndrila & Roy, Aranyak & Roy, Debasis. (2016). AUTOMATIC WATER LEVEL INDICATOR. International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development. , Vol. 2.
- [8] Abhishek, V., Akash, R., & Sudha, P. N. (2021). *Automatic plant watering system using Arduino*. International Journal of Innovative Research in Technology (IJIRT), 8(3). <https://www.ijirt.org>
- [9] Ismailov, Alisher & Jo`rayev, Zafar. (2022). Study of arduino microcontroller board