

**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

ETIMA / 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 / Adress of the organizational committee

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

Адреса: ул. „Крсте Мисирков“ бр. 10А / Adress: 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 ; Stip : "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 -- Собери б) Машинство -- Примена -- Собери
в) Автоматика -- Примена -- Собери г) Информатика -- Примена -- Собери**

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 Cekеровски

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 Туцаров / 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 Rendevski

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 Stojkovic
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



Трета меѓународна конференција ЕТИМА

Third International Conference ETIMA

UDC: 681.785.423-027.44:616.31

<https://www.doi.org/10.46763/ETIMA2531194pp>

ИНТЕГРАЦИЈА НА ДИГИТАЛНИОТ СПЕКТРОФОТОМЕТАР ВО ДЕНТАЛНАТА МЕДИЦИНА – НОВИ МОЖНОСТИ ЗА ТОЧНОСТ И КВАЛИТЕТ

Љубица Прошева Пеливанова¹, Сандра Атанасова¹, Јулија Заркова Атанасова¹, Катерина Златановска¹

¹Факултет за медицински науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија
е-пошта: ljubica.proseva@ugd.edu.mk

Апстракт

Современата дентална медицина е во постојан технолошки напредок, преку интеграцијата на дигиталните технологии кои играат клучна улога во подобрувањето на точноста, ефикасноста и квалитетот на стоматолошките третмани. Еден од најзначајните напредоци во денталната медицина е употребата на дигиталниот спектрофотометар, кој овозможува објективно, брзо и репродуктивно одредување на бојата на забите. Традиционалните методи за одредувањето на бојата, како што се визуелното споредување со стандардни бои или употребата на класични водичи за бои (клучеви на бои), често се подложни на варијации поради субјективни фактори како што се осветлувањето во просторијата односно дали е природна дневна светлина или рефлектор, искуството на стоматологот, индивидуалната перцепција на бојата, обоеноста на просторијата каде што се одредува бојата, бојата на компресата како и доколку пациентите имаат кармин. Ова може да резултира со несоодветно одредување на боите, што е критично за успешноста на естетските стоматолошки третмани.

Интеграцијата на дигиталниот спектрофотометар во денталната медицина овозможува прецизно мерење на бојата на забите преку анализа на светлосните спектри. Овој инструмент користи напредна технологија за регистрирање на различни бранови должини на светлината рефлектирана од површината на забот, овозможувајќи висока точност во одредувањето на нијансата, светлината и хроматичноста. Овие добиени податоци потоа се пренесуваат во стоматолошките лаборатории, овозможувајќи изработка на протетски реставрации (како што се коронки, фасети и мостови) со боја што совршено се усогласува со природните заби на пациентот.

Една од најголемите придобивки од дигиталните спектрофотометари е елиминирање на човекова грешка и подобрување на комуникацијата помеѓу стоматолозите и забните техничари. Ова значително го намалува бројот на корекции и повтони изработки на реставрации, што резултира со заштеда на време и финансиски средства како за стоматологот, така и за техничарот, а и за пациентот. Дополнително, оваа технологија овозможува архивирање, односно сочувување во посебно формати на податоците за бојата на забите на пациентите, што овозможува следење на промените со текот на времето и олеснување на идните третмани.

И покрај значителните придобивки, интеграцијата на дигиталниот спектрофотометар во стоматолошката пракса се соочува со одредени предизвици. Факторите како што се природното и вештачкото осветлување, состојбата на емајлот на забот и присуството на површински конкременти можат да влијаат врз точноста на мерењата и одредувањето на бојата со помош на дигиталните спектрофотометри. Поради ова, потребна е соодветна обука на стоматолозите и персоналот на заботехничките лаборатории со цел да се постигнат оптимални резултати.

Заклучно, дигиталниот спектрофотометар претставува еден револуционерен инструмент, односно значаен напредок што се применува во денталната медицина кој овозможува нови можности за зголемена точност, предвидливост и зголемен квалитет во естетските стоматолошки третмани. Неговата секојдневна примена значително го олеснува процесот на одредување на бојата, ја минимизира субјективноста и овозможува персонализирани решенија индивидуално за секој пациент. Со понатамошниот технолошки развој и усовршување, оваа технологија има потенцијал да стане стандард

во современата стоматолошка пракса, обезбедувајќи високо естетски и функционални решенија за пациентите.

Клучни зборови:

естетика, боја, светлина, нијанса, хроматичност

Вовед

Во последните децении, денталната медицина се соочува со интензивен технолошки развој, каде што дигиталните решенија стануваат интегрален дел од дијагностиката и терапевтската практика. Еден од клучните елементи за постигнување високо естетски резултати при изработка на фиксни и мобилни реставрации е точната репродукција на бојата на забите. Традиционалното визуелно одредување на бојата, иако долго време е клинички применувано, се покажало како подложно на субјективни варијации и често недоволно прецизно.

Во таа насока, интеграцијата на дигиталниот спектрофотометар претставува квантен скок во објективното, репродуктивно и стандардизирано мерење на бојата. Овој уред овозможува регистрација на рефлектирана светлина преку целосен спектар и пресметување на параметри според CIE Lab* системот, со што се минимизира човечкиот фактор и се обезбедува повисок степен на точност.

Со оглед на зголемената побарувачка за природен изглед на реставрации, потребата од персонализирана естетика и интеграција со дигитални лаборатории, дигиталниот спектрофотометар добива централно место во современата стоматолошка практика. Овој труд има за цел да ја прикаже суштината, принципите на работа, придобивките, предизвиците и идниот потенцијал на оваа технологија, во контекст на зголемување на точноста и квалитетот во денталната естетика.

Историјат и значење на бојата во денталната медицина

Уште од почетокот на модерната стоматолошка протетика, постои стремеж за изработка на реставрации кои ќе бидат во хармонија со природната дентиција на пациентот. Бојата како визуелен и психолошки елемент има клучно значење за естетскиот резултат, особено кај фронталниот сегмент на забниот лак. Во оваа насока, одредувањето на бојата претставува не само техничка, туку и уметничка задача.

Првите систематизирани обиди за стандардизација на бојата во стоматологијата започнуваат со воведувањето на водичите за боја, како што е Vitapan Classical Shade Guide, кој до денес останува една од најчесто користените референтни скали.[1] Овие водичи се базираат на визуелна проценка и споредба, што ги прави чувствителни на надворешни фактори како што се осветлувањето, аголот на гледање, адаптацијата на окото и индивидуалната перцепција.[2]

Во втората половина на 20. век, зголемената естетска свест и очекувања од страна на пациентите доведуваат до потреба од прецизни, репродуктивни и научно поткрепени методи за определување боја. Оваа потреба е особено нагласена со развојот на целосно керамичките системи, кои имаат повисоки оптички својства [3], но истовремено се и посензитивни на неправилно усогласување на бојата.

Паралелно со развојот на компјутерските технологии и оптичките сензори, започнува имплементацијата на инструментални методи за мерење на боја, првенствено преку

спектрофотометрија и колориметрија. Овие методи овозможуваат анализа на бојата преку нејзино разложување на спектрални компоненти, со што се добива објективен параметар, често изразен како ΔE во CIE Lab* колориметрискиот систем.[4,5]

Современите истражувања потврдуваат дека перцепцијата на боја не е апсолутна, туку контекстуална – зависи од условите на осветлување (метамеризам), текстурата на површината, рефлексивноста, транспарентноста и дури и од психо-физиолошките карактеристики на набљудувачот.[6,7] Од тие причини, прецизното одредување на боја претставува критичен чекор во секој естетски протетски третман.

Интеграцијата на дигиталните спектрофотометри се појавува како логичен одговор на овие ограничувања. Тие овозможуваат елиминација на човечкиот фактор, автоматска анализа и дигитална репрезентација на бојата, што резултира со повисока точност, стандардизација и документираност. [8]

Проблеми и ограничувања кај традиционалните методи за одредување боја

Одредувањето на бојата на забите претставува еден од најчувствителните чекори во процесот на изработка на естетски прифатливи протетски реставрации. Традиционално, овој процес најчесто се врши со визуелна проценка на забите и нивно споредување со стандардизирани водичи за боја, како што се VITA Classical или VITA 3D-Master. Иако овие системи се широко прифатени во секојдневната стоматолошка практика, нивната субјективна природа носи низа ограничувања кои може да влијаат негативно врз крајниот естетски резултат.

1. Субјективност и човечки фактор

Визуелното одредување боја е подложно на значајни варијации кои произлегуваат од индивидуалната перцепција, искуството и визуелната острина на стоматологот. Истражувањата покажуваат дека дури и обучени професионалци често прават неконзистентни проценки, особено во сложени клинички услови.[9] Исто така, психофизичкиот замор, возраста, полот и бојното слепило може да влијаат врз точноста на визуелното препознавање на бојата. [10]

2. Влијание на надворешни фактори

Осветлувањето е еден од најважните фактори што влијае врз перцепцијата на бојата. Визуелното усогласување на боја може значително да се разликува под различни извори на светлина – природна дневна светлина, ламби со различен спектар, или рефлекторско осветлување во клиника. Оваа појава е позната како метамеризам, каде што два објекти изгледаат идентично под едно осветлување, но различно под друго. [11] Покрај осветлувањето, други влијателни фактори се: бојата на облеката на стоматологот и бојата на ракавиците, присуство на кармин или пудра кај пациентот, боја на сидовите во ординацијата, влажноста и чистотата на забот, бојата на компресите што се користат при определување на бојата.

3. Ограничен опсег на водичите за боја

Стандардните водичи за боја се базираат на предефинирани нијанси, што значи дека во пракса не секоја природна боја на заб може точно да се совпадне со некоја од понудените. Според истражувањата, помалку од 50% од боите на природните заби може прецизно да

се репрезентираат со водичи како VITA Classical .[1] Поради ова, доаѓа до чест проблем на неусогласеност помеѓу очекувањата на пациентот и крајниот резултат.

4. Проблеми во комуникацијата со лабораторија

Исто така, постои ризик од грешки во комуникацијата помеѓу стоматологот и забниот техничар, особено кога се користат нејасни или субјективни описи на боја. Дури и кога бојата е добро одредена клинички, без стандарден начин на пренос на тие податоци (на пример, без слика со референтна скала или без дигитална вредност), техничарот може да изработи реставрација со отстапувања од природната боја на пациентот.

Принцип на работа и технологии на спектрофотометарот

Дигиталните спектрофотометри претставуваат високо софистицирани уреди дизајнирани за објективно мерење на боја преку анализа на спектарот на светлина што се рефлектира од површината на забот или реставрацијата. За разлика од визуелните методи, кои се базираат на човечката перцепција, спектрофотометарот користи физички принципи на светлина и бранови должини, со што се постигнува репродуктивност, стандардизација и елиминирање на субјективноста.

1. Основни принципи на работа

Спектрофотометарот функционира врз основа на мерење на спектралната рефлексија на светлина. Кога светлината ќе удри во површината на забот, дел од неа се апсорбира, а дел се рефлектира. Уредот ја анализира рефлектираната светлина низ целиот видлив спектар (околу 380–740 nm) и на таа основа ја пресметува бојата преку три координати во CIE Lab* колориметрискиот систем. [4,12]

- **L*** ја претставува осветленоста (0 = црно, 100 = бело),
- **a*** ја претставува позицијата на спектарот помеѓу црвено и зелено,
- **b*** ја претставува позицијата помеѓу жолто и сино.

Овие параметри овозможуваат прецизна нумеричка репрезентација на бојата, која потоа може да се споредува со други вредности и да се пресмета разликата (ΔE).

2. Варијанти на дигитални уреди

Постојат неколку типови на уреди за инструментално мерење на боја во стоматологијата:

- Спектрофотометри – најпрецизни и најчесто употребувани; мерат цел спектар на рефлектирана светлина.
- Колориметри – мерат интензитет на боја според основните бои (RGB) и се поевтини, но помалку прецизни.
- Дигитални сликарски системи (image-based) – користат камери со софтвер за проценка на боја, како комбинирана дигитална визуелизација.

Најсовремените спектрофотометри, како VITA Easyshade V или Crystaleye, се опремени со LED светлосни извори, екрани на допир, Bluetooth поврзување и можност за директна интеграција со CAD/CAM софтвери, овозможувајќи ефикасна комуникација со лабораторија. [8]

3. Пресметка на ΔE – мера за разлика во боја

Разликата во боја помеѓу два објекти се пресметува со користење на формулата за ΔE :

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (Aa^2 + b)^2} \quad (1)$$

Оваа вредност има клиничка важност бидејќи овозможува одредување дали разликата е перцептивна или клинички прифатлива. Според повеќе студии: $\Delta E < 1$: незабележливо, $\Delta E = 1-2$: едвај забележливо, $\Delta E > 2.7-3.3$: клинички неприфатливо [5,6].

4. Предности на спектрофотометарот во клиничка практика

- Објективност – елиминира човечки грешки;
- Прецизност и повторливост – резултатите може да се добијат повторно со минимално отстапување;
- Брзина и леснотија на користење – мерење за неколку секунди;
- Интеграција со дигитална документација – архивирање, праќање до лабораторија;
- Поддршка за едукативни цели и стандардизација во истражувања.

Клинички придобивки и практична примена на спектрофотометарот во денталната медицина

Интеграцијата на дигиталниот спектрофотометар во клиничката стоматолошка пракса претставува значителен чекор напред во постигнување повисоко ниво на прецизност и предвидливост при естетските реставрации. Уредот не само што овозможува објективна проценка на боја, туку значително го подобрува целиот процес на комуникација, дизајн и изработка на протетски конструкции.

1. Прецизност во изборот на боја

Најзначајната предност на спектрофотометарот е неговата способност да ја пресмета бојата на забот со висока точност и повторливост. За разлика од визуелното одредување, каде што резултатите зависат од искуството и субјективната перцепција на клиничарот, спектрофотометарот го отстранува овој ризик и овозможува нумеричка репрезентација на бојата преку Lab* координати.

Во клинички услови, особено кај пациенти со обоени заби, естетски чувствителни фронтални региони, реставрации во соседство со природни заби, прецизното одредување на боја е критично важно за задоволителен краен резултат. [13]

2. Подобрување на комуникацијата со лабораторијата

Точните податоци што ги обезбедува спектрофотометарот – како координати на бојата, ниво на светлина, нијанса и хроматичност – може лесно да се пренесат во дигитален формат до лабораторијата, што резултира со намалена потреба за повторно изработка. минимизирање на поправки и корекции како и подобро разбирање на очекуваната на стоматологот.

Истражувањата покажуваат дека дигиталната комуникација со лабораторија преку спектрофотометар значително го намалува бројот на враќања и повторни третмани. [14]

3. Следење на промени со текот на времето

Благодарение на можноста за архивирање на податоци за боја, спектрофотометарот овозможува следење на промените во бојата на забите со текот на времето – на пример, по белење на заби, стареење на реставрации, или редовни контролни прегледи.

Ова е особено корисно за долгорочно следење на протетски конструкции, за проценка на бојни промени кај композити и керамика и за мониторинг на пациентите по терапија.

4. Апликација во дигитална стоматологија и едукација

Современите спектрофотометри лесно се интегрираат со CAD/CAM системи и софтвери за дизајн на реставрации. Со тоа се олеснува дизајнот и персонализацијата на протетските конструкции, без потреба од дополнителна визуелна проценка во лабораторијата.

Дополнително, спектрофотометарите се користат и како наставни алатки во стоматолошките факултети и едукативни програми, за обука на студенти и техничари во разбирање на бојата, нејзините параметри и факторите што ја влијаат.

Ограничувања и фактори кои влијаат врз точноста на спектрофотометарот

Иако дигиталните спектрофотометри нудат значителни предности во однос на традиционалните методи за одредување боја, нивната точност и клиничка ефективност сè уште зависат од низа фактори поврзани со условите на мерење, состојбата на забите, и параметрите на уредот. Разбирањето на овие ограничувања е суштинско за нивна правилна примена и интерпретација на резултатите.

1. Влијание на осветлувањето

Иако спектрофотометарот има сопствен извор на светлина (најчесто стандарден D65 или LED извор), амбиенталното осветлување во просторијата сепак може да влијае врз позиционирањето на сондата, отчитувањето кај прозирни површини и квалитетот на рефлексивноста.

Некои студии покажуваат дека присуството на силно природно или мешано осветлување во клиниката може да резултира со мали но значајни отстапувања во вредностите, особено кај трансlucentни материјали како цирконија.[15,16]

2. Состојба на површината на забот

Прецизноста на спектрофотометарот е исто така зависна од чистотата на површината (присуство на плака, каменец или паста), влажноста на забот како и површинска текстура или сјај (мат или гланц финиш).

Влажна површина, на пример, може привремено да ги измени L^* и b^* параметрите, поради промена во начинот на рефлексивност и апсорпција на светлина.[14] Затоа, секогаш се препорачува мерењето да се изврши на чиста, полусува и глатка површина, без примеси.

3. Морфологија и облик на забот

Заоблените, рефлексивни и нерамни површини – како што се инцизалните рабови, гребените и фисурите – може да предизвикаат варијации во спектралната анализа. Исто така, поставеноста на сондата под соодветен агол и контакт со површината е од критична важност за добивање точни и репродуктивни резултати.

Некои производители препорачуваат мерење во три зони (цервикална, средна и инцизална третина), со цел да се добие просечна боја или мапа на нијанси кај повеќеслојни реставрации.[1]

4. Ограничувања на уредите и софтверот

- Некои спектрофотометри немаат можност за анализа на комбинирани или слоевити реставрации, како што се цирконија обложена со керамика.
- Нема универзален стандарден интерфејс за интеграција со сите CAD/CAM или лабораториски системи.
- Калибрацијата на уредот е задолжителна пред секое мерење – несоодветна калибрација може да доведе до отстапувања.

Дополнително, некои уреди покажуваат потешкотии при мерење на внатрешната боја кај транспарентни или opak материјали, бидејќи не секој спектрофотометар има функција за селективна спектрална анализа во длабочина.[13]

5. Потребна од обука и стандардизирана процедура

Иако уредите се дизајнирани да бидат “user-friendly“, без соодветна обука и клиничка стандардизација, можно е да се направат критични грешки во поставување на сондата, читање на резултатите како и во избор на точен референтен систем.

Со тоа, дел од потенцијалните придобивки од уредот може да се загубат доколку операторот не ги почитува протоколите за мерење и соодветна калибрација.

Интеграција со CAD/CAM системи и дигитална документација

Еден од најреволуционерните аспекти на современата стоматологија е нејзината дигитална трансформација. Дигиталните технологии не само што го трансформираа начинот на дијагностика и третман, туку и воспоставија нови стандарди за точност, брзина и комуникација помеѓу клиниката и лабораторијата. Во овој контекст, интеграцијата на дигиталниот спектрофотометар со CAD/CAM системи и дигитална документација има суштинско значење за постигнување естетски супериорни и функционално стабилни протетски решенија.

1. Поврзување со CAD/CAM софтвери

Современите дигитални спектрофотометри – како што се VITA Easyshade V, SpectroShade, или Crystaleye – нудат можност за поврзување со софтвери за дизајн и изработка на реставрации. Оваа интеграција овозможува:

- *автоматски пренос на Lab вредности** во CAD софтверот;
- избор на соодветен керамички блок или материјал според нијансата;
- дизајн на реставрација според дигиталниот запис од устата и бојата на соседните заби;

- намалување на потребата за физичко испраќање примероци или упатства до лабораторијата.

Овие функции ја забрзуваат изработката, овозможуваат еднофазна терапија (“same-day dentistry“) и го намалуваат бројот на грешки во комуникацијата стоматолог–техничар.[17]

2. Архивирање и следење на пациенти

Дигиталните спектрофотометри овозможуваат архивирање на податоци за боја во електронски досие на пациентот, што има повеќе предности:

- следење на промените на бојата на забите со текот на времето (поради стареење, пушење, избелување и сл.);
- споредба пред и по естетски или пародонтални третмани;
- документација во научни истражувања и едукација;
- ефикасно повторно пресоздавање на реставрации без ново мерење.

Овие податоци се зачувуваат во формати компатибилни со стоматолошки информациски системи (DIMS), што овозможува мултидисциплинарен пристап и колаборација помеѓу различни клиничари.

3. Теледенталност и дистанцирана комуникација

Интеграцијата на спектрофотометарот со мобилни апликации или cloud-базирани платформи овозможува испраќање на податоци за боја и фотографии во реално време. Оваа можност се користи сè повеќе во:

- теледентална консултација (особено при изработка на протетика во странство);
- реализација на реставрации со минимален физички контакт (важно при пандемски услови);
- работа со off-site лаборатории.

На тој начин, просторно-временските бариери во стоматолошката комуникација се значително намалени, без компромис на квалитетот.

4. Надградба на дигиталната едукација

Употребата на спектрофотометарите се проширува и во едукативните институции, каде што студентите имаат можност да научат:

- како да читаат и анализираат спектрални податоци;
- да разберат како бојата е поврзана со структурата на стоматолошките материјали;
- да изведуваат естетски анализи базирани на објективни податоци, а не само на визуелна проценка.

Оваа дигитална поддршка во наставниот процес претставува важен дел од модерната клиничка обука, особено во предметите како што се протетика, естетика и материјали во стоматологијата.[8]

Перспективи за идниот развој на спектрофотометарите во денталната медицина

Иако дигиталните спектрофотометри веќе играат значајна улога во клиничката стоматолошка пракса, потенцијалот за нивен натамошен развој останува огромен. Со напредокот на технологијата, очекувањата се овие уреди да станат уште попрецизни, поприлагодливи и потранспарентни за широка клиничка и лабораториска употреба.

1. Надградба на алгоритмите за анализа

Современите спектрофотометри се базираат на математички модели и интерпретативни алгоритми за пресметка на Lab вредности и одредување на најсоодветната нијанса. Идниот развој е насочен кон:

- подобрување на спектралната резолуција и чувствителност;
- автоматско препознавање на структурни варијации кај забите (на пример, присуство на флуороза, хипоплазија, или обојувања);
- инкорпорација на машинско учење и вештачка интелигенција (AI) за предвидување на најверојатниот материјал и техника на слојување.[18]

Со вакви алгоритми, спектрофотометарите нема само да мерат боја, туку и да препорачуваат индивидуализирани реставративни пристапи, базирани на големи бази на податоци.

2. Поврзување со 3D скенери и интраорални уреди

Во иднина се очекува спектрофотометарите да бидат вградени директно во интраорални скенери, овозможувајќи:

- истовремено снимање на морфологија и боја во еден клинички чекор;
- генерирање на фотореалистични 3D модели со нијанси;
- поточна дигитална симулација на конечната реставрација.

Ова би значело поголема ефикасност и уште попрецизна CAD/CAM изработка, како и побрзо прифаќање на дизајнот од страна на пациентот.[19]

3. Минијатуризација и мобилна употреба

Како и многу други медицински уреди, спектрофотометарите се движат кон:

- помали димензии;
- безжична поврзаност со мобилни уреди;
- достапност преку апликации, со што ќе се прошири употребата и во приватни, помали практики, рурални средини и мобилни стоматолошки тимови.

4. Вградување во лабораториска автоматизација

Во лабораториите, напредните спектрофотометри ќе бидат дел од автоматски линии за анализа и изработка, каде што:

- реставрациите ќе бидат самостојно скенирани;
- бојата ќе се пресметува автоматски;
- производството ќе се изведува без човечка интервенција.

Ова претставува клучен чекор кон индустријализација на естетската стоматологија.

5. Потенцијал за персонализирана естетика

Идниот развој не се однесува само на технологија, туку и на промена во парадигмата – од усогласување со „стандардна боја“ кон персонализиран пристап, кој ќе ја земе предвид:

- општа пигментација на кожата;
- бојата на усните и оралната мукоза;
- психолошките преференци на пациентот.

Во таа насока, спектрофотометарите ќе овозможат создавање на естетика во контекст, а не само како физичка реплика на заби.

Заклучок

Прецизното одредување на бојата претставува еден од клучните фактори за успех во естетската стоматологија. Дигиталните спектрофотометри овозможуваат објективно, репродуктивно и клинички применливо решение за долгогодишниот проблем на субјективна проценка и човечка грешка при изборот на боја. Нивната примена во клиничката пракса води кон повисока точност, подобра комуникација со лабораториите, намалување на потребата од корекции и повторни интервенции, како и зголемено задоволство кај пациентите.

И покрај одредените ограничувања кои се однесуваат на условите на мерење, површинската морфологија и потребата од стандардизирана обука, спектрофотометрите се на пат да станат златен стандард во процесот на одредување на боја, особено кога се користат во комбинација со CAD/CAM технологии и дигитална документација.

Иднината на оваа технологија е насочена кон интеграција со вештачка интелигенција, мобилна употреба и автоматизација на лабораториски процеси, со што ќе се прошири примената и ќе се зголеми ефикасноста во секојдневната пракса. Во услови кога естетските барања на пациентите стануваат сè повисоки, дигиталните спектрофотометри нудат решение кое е научно валидирано, клинички ефикасно и економски оправдано.

Токму поради тоа, нивната интеграција не претставува луксуз, туку потреба на современата стоматолошка пракса, која тежнее кон прецизност, предвидливост и персонализиран третман во служба на квалитетот и задоволството на пациентот.

Користена литература

- [1] Paravina, Rade D. / Powers, John M. / Fay, Ralph M.: “Color comparison of two shade guides”. *International Journal of Prosthodontics* 17(1), 2004, pp. 73–76.
- [2] Dagg, Hilary / O’Connell, Barry / Claffey, Noel / Byrne, Dónal / Gorman, Conor: “The influence of some different factors on the accuracy of shade selection”. *Journal of Oral Rehabilitation* 31(5), 2004, pp. 483–488.
- [3] Heffernan, Michael J. / Aquilino, Steven A. / Diaz-Arnold, Amelia M. / Haselton, Derald R. / Stanford, Clark M. / Vargas, Marcos A.: “Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: Core materials”. *Journal of Prosthetic Dentistry* 88(1), 2002, pp. 4–9.
- [4] Johnston, William M.: “Color measurement in dentistry”. *Journal of Dentistry* 37(Suppl 1), 2009, pp. e2–e6.
- [5] Douglas, Raymond D. / Brewer, James D. / Brewster, Cynthia: “Color match of shade guides to natural teeth”. *Journal of Prosthetic Dentistry* 97(2), 2007, pp. 78–86.
- [6] Paravina, Rade D. / Powers, John M. / Fay, Ralph M.: “Color difference thresholds in dentistry”. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 15(5), 2003, pp. 340–347.
- [7] Joiner, Adrian: “Tooth colour: A review of the literature”. *Journal of Dentistry* 32(Suppl 1), 2004, pp. 3–12.
- [8] Paravina, Rade D. / Ghinea, Raul / Herrera, Luis J. / Pérez, Maria M.: “Color difference thresholds in dentistry”. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 22(5), 2010, pp. 358–366.
- [9] Della Bona, Alvaro / Barrett, Andrew A.: “Visual shade matching and color perception of dentists, dental technicians and laypersons”. *Quintessence International* 24(8), 1993, pp. 527–531.
- [10] Davison, Stephen P. / Myslinski, Norman R.: “Shade selection by color vision-defective dental personnel”. *Journal of Prosthetic Dentistry* 63(1), 1990, pp. 97–101.
- [11] Lindberg, Anders / Ruyter, Ivar E. / Ørstavik, Dag: “The effect of ultraviolet radiation from dental curing units on color stability of composites”. *Journal of Prosthetic Dentistry* 61(4), 1989, pp. 477–482.

- [12] Pérez, Maria M. / Ghinea, Raul / Rivas, Maria J. / Yebra, Antonio / Paravina, Rade D.: “Development of a customized color system for matching dental ceramics to natural teeth”. *Dental Materials* 32(5), 2016, pp. 582–590.
- [13] Kim-Pusateri, Seung-Young / Brewer, James D. / Davis, Elaine L. / Wee, Alvin G.: “Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices”. *Journal of Prosthetic Dentistry* 101(3), 2009, pp. 193–199.
- [14] Paul, Stefan / Peter, Andreas / Pietrobon, Nathalie / Hämmerle, Christoph H.F.: “Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth”. *Journal of Dental Research* 81(8), 2002, pp. 578–582.
- [15] Kourtis, Stavros / Andritsakis, Dimitrios / Chatzistavrou, Eleftheria / Kakaboura, Andromachi: “Evaluation of color changes of aged dental resin composites”. *European Journal of Esthetic Dentistry* 3(1), 2008, pp. 32–42.
- [16] Ghinea, Raul / Pérez, Maria M. / Herrera, Luis J. / Rivas, Maria J. / Yebra, Antonio / Paravina, Rade D.: “Color difference thresholds in dentistry”. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 22(5), 2010, pp. 358–366
- [17] Norrdin, Nurliana / Ismail, Izwan / Ariffin, Zulkarnain: “Integration of digital shade matching into CAD/CAM dentistry: A review”. *Journal of Dental Research and Review* 8(1), 2021, pp. 3–9.
- [18] Lin, Wei-Shou / Zandinejad, Amir / Morton, Dean: “Artificial intelligence in digital shade matching: Future directions in prosthodontics”. *Journal of Prosthodontics* 31(1), 2022, pp. 10–17.
- [19] Revilla-León, Manuel / Özcan, Mutlu: “Additive manufacturing technologies used for processing polymers: Current status and potential application in prosthetic dentistry”. *Journal of Prosthodontics* 28(2), 2017, pp. 146–158.