

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ**

**ПРОГРАМ
НАУЧНОИСТРАЖИВАЧКОГ РАДА
ЗА ПЕРИОД 2021-2025**

Београд, јануар 2021. године

1 ПРИКАЗ НАУЧНОИСТРАЖИВАЧКЕ ДЕЛАТНОСТИ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ - ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА

Универзитет у Београду - Електротехнички факултет је високошколска институција са изузетним искуством и реномеом у области електротехнике и рачунарства, како у земљи, тако и у иностранству. Од оснивања, 1948. године, до почетка школске 2020/21. године Универзитет у Београду - Електротехнички факултет је дао 18835 дипломираних инжењера, 2173 магистара и 708 доктора наука после одбрањене магистратуре, који данас представљају водеће стручњаке у својој области рада. Основне академске студије, мастер академске студије и докторске академске студије изводи 106 наставника (37 редовних и 32 ванредних професора и 37 доцената) са пуним радним временом, 6 наставника са непуним радним временом и 2 наставника страних језика. Међу стално запосленим наставницима је један дописни члан Српске академије наука и уметности, још 3 наставника у пензији су редовни чланови Српске академије наука и уметности, док је Електротехнички факултет у Београду од оснивања завршило 19 чланова САНУ, међу којима су 4 инострана члана. Међу стално запосленим наставницима су три члана Академије инжењерских наука Србије, а још два члана су у звању професора емеритуса на нашем Факултету, док је један од њих истовремено председник АИНС. Са овако великим стручним и научним потенцијалом Универзитет у Београду - Електротехнички факултет представља једну од водећих институција високог образовања у земљи.

У наставку су дати подаци о студентима који су завршили студије на основу студијских програма акредитованих после ступања на снагу Закона о високом образовању из 2005. године. Од оснивања Факултета 4011 студената је завршило основне академске студије (од тога у школској 2019/2020. години 482), 3403 студента је завршило мастер академске студије (од тога у школској 2019/2020. години 252), а 157 студената је завршило докторске академске студије (од тога у школској 2019/2020. години 14).

Због високог квалитета, организације и нивоа наставе, добре сарадње са привредом и научноистраживачким организацијама, диплома овог факултета је високо цењена, како у земљи, тако и у иностранству. Високи реноме Факултета омогућава ефикасно запошљавање дипломираних студената у привреди, другим научно-истраживачким организацијама и на самом Факултету. Поред тога, око 4000 дипломираних инжењера са дипломом Универзитета у Београду - Електротехничког факултета данас ради у иностранству, где заузимају водеће позиције у научно-истраживачким установама, привредним организацијама и финансијским институцијама.

Поред наставне делатности, на Универзитету у Београду - Електротехничком факултету се спроводи стручни и научни рад у свим областима електротехнике и рачунарства. Научноистраживачки рад на Универзитету у Београду - Електротехничком факултету се у претходном периоду спроводио у складу са Стратегијом научног и технолошког развоја Републике Србије за период од 2016. до 2020. године - Истраживања за иновације. Овим документом су на основу анализе тадашњег стања и кључних проблема утврђени циљеви у области науке и иновација Републике Србије до 2020. године, као и инструменти и смернице за њихово остваривање. У време писања овог документа окончана је јавна расправа о Предлогу

стратегије научног и технолошког развоја Републике Србије за период од 2021. до 2025. године – Моћ знања, са Акционим планом за период 2021-2023. године и планира се развој научног рада на Факултету у предстојећем периоду базиран на овој Стратегији.

Истраживања на Универзитету у Београду - Електротехничком факултету биће усмерена на остваривање визије да у року од пет година наука у Републици Србији буде заснована на систему који подржава изврсност у науци и релевантност за економски развој, конкурентност привреде у Републици Србији, као и развој друштва у целини. На тај начин Универзитет у Београду - Електротехнички факултет ће допринети остваривању успостављања делотворног националног истраживачког и иновационог система интегрисаног у Европски истраживачки простор, који се ослања на партнерства у земљи и иностранству и доприноси економском расту, друштвеном и културном напретку, подизању стандарда грађана и квалитету живота.

У том смислу истраживања на Универзитету у Београду - Електротехничком факултету представљаће континуитет реализације пројеката из претходних циклуса Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, као и истраживања у оквиру међународних програма H2020, COST, Danube Regional Strategy, SCOPES, EUREKA, IPA CBC, Erasmus+.

Тренутно се на Универзитету у Београду - Електротехничком факултету ради на великом броју пројеката. Пројекти МПНТР (10 пројеката основних истраживања, 23 пројекта технолошког развоја и 9 интегралних пројеката) обједињени су у један пројекат финансирања научноистраживачког рада НИО у 2020. години. На том пројекту који обједињава научне, стручне и развојне активности ангажован је укупан број од 162 учесника.

Активно је више пројеката Фонда за науку, и то: 3 пројекта из програма ПРОМИС, један пројекат из програма Вештачке интелигенције, као и 4 пројекта из програма Сарадње српске науке са дијаспором - ваучери за размену знања. Из Фонда за иновациону делатност реализована су 3 пројекта Сарадње науке и привреде и 9 пројеката Иновационих ваучера. Такође се ради на 3 пројекта у оквиру европске ЕУРЕКА иницијативе, једном COST пројекту, 4 пројекта у оквиру програма H2020, и једном пројекту у оквиру H2020/Cascading scheme. Активан је један пројекат у оквиру програма EIT/ Urban Mobility - RIS 2020 Program, један пројекат Мултидисциплинарне научне и технолошке сарадње у Дунавском региону, као и 4 пројекта билатералне научно-истраживачке сарадње које финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја. Ради се на 106 пројеката сарадње са привредом, а активирано је и више пројеката за Војску Србије.

Научна истраживања која се тренутно реализују на Факултету имају карактер основних научних истраживања, истраживања у области технолошког развоја и интегралних и интердисциплинарних истраживања. Наручиоци ових истраживања и пројеката су Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, домаће и међународне научноистраживачке и привредне организације, финансијске институције итд. У протеклом периоду, захваљујући подршци Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, Факултет је набавио значајну капиталну опрему. Универзитет у Београду - Електротехнички факултет је такође у протеклом периоду, кроз међународне пројекте, обновио постојећу опрему и набавио нову опрему значајне вредности.

Области у којима Факултет обавља ова истраживања су:

1. Управљање системима и обрада сигнала;
2. Енергетски претварачи и погони;
3. Електроенергетски системи:
 - 3.1. Електроенергетске мреже и системи;
 - 3.2. Електроенергетска постројења и опрема;
 - 3.3. Обновљиви извори енергије;
4. Физичка електроника:
 - 4.1. Микроелектроника;
 - 4.2. Физика и техника плазме;
5. Мерења у електротехници;
6. Алтернативни извори енергије;
7. Оптикелектроника и ласерска техника;
8. Савремени материјали и технологије;
9. Медицинска нуклеарна техника;
10. Електроника;
11. Рачунарска техника и информатика;
12. Софтверско инжењерство;
13. Телекомуникације и информационе технологије:
 - 13.1. Телекомуникације;
 - 13.2. Техничка акустика;
14. Електромагнетика, антене и микроталаси;
15. Мултимедијалне телекомуникације;
16. Математичке методе у електротехници и рачунарству;
17. Биомедицинско инжењерство и технологије;
18. Електрична кола, системи и обрада сигнала.

Наши досадашњи резултати у научним и стручним истраживањима оцењени су од стране Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије изузетно високим оценама. Рад наших истраживача високо се цени и у иностранству, о чему сведочи значајан број чланака објављених у водећим међународним научним часописима и предавања одржана на међународним научним скуповима. Озбиљним приступом истраживачком послу, добром организацијом и великим залагањем свих истраживача наш Факултет је дао значајан допринос уврштењу Универзитета у Београду на Шангајску листу, као и одржавању његове позиције током претходног периода (www.shanghairanking.com).

Универзитет у Београду - Електротехнички факултет је реализовао и низ врхунских стручних пројеката, при чему се многи софтверски пакети, пројектоване направе, уређаји и системи налазе у вишегодишњој успешној употреби, експлоатацији или серијској производњи. Универзитет у Београду - Електротехнички факултет је

суоснивач првог пословно-технолошког инкубатора у Београду, као и оснивач Иновационог центра Електротехничког факултета у Београду д.о.о. Београд.

На Универзитету у Београду - Електротехничком факултету постоје 54 лабораторије које се користе у настави и истраживачком раду, а једна од њих, Лабораторија за испитивање услова радне околине, акредитована је од стране Акредитационог тела Србије. На основу свих напред наведених података може се закључити да Универзитет у Београду - Електротехнички факултет представља једну од водећих научноистраживачких и стручних институција у земљи.

Кроз рад на стручним пројектима наставници Универзитета у Београду - Електротехничког факултета непосредно утичу на одређивање праваца развоја из свих области електротехнике и рачунарства у нашем окружењу. У свом раду наставници и сарадници Факултета врло успешно решавају проблеме контроле производње, преноса и потрошње електричне енергије, контроле и управљања индустријским постројењима и погонима, реализације софтвера различитих намена, пројектовања информационих система, рачунарских мрежа и база података, управљања и контроле система различите природе и намене, пројектовања интегрисаних кола, наноелектронских и фотонских направа и система, плазма технике, обраде и преноса сигнала, пројектовања антена, роботике, вештачке интелигенције, итд. Сарадници и студенти који се активно укључују у рад на овим пројектима стичу драгоцену практичну искуства. Студенти се кроз овакав рад на најбољи начин представљају стручним круговима, а многи су себи обезбедили атрактивна радна места и пре завршетка студија.

Универзитет у Београду - Електротехнички факултет је такође учествовао и учествује у развоју домаће индустрије кроз разне форме удруживања и пројеката. Један је од оснивача два кластера, удружења фирми, Serbian Software Cluster и Embedded.rs Industry cluster, који су се 2011. године спојили у један кластер ICT Network. Кроз ове кластере, у сарадњи са чланицама, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет је учествовао у многим домаћим и међународним пројектима.

Универзитет у Београду - Електротехнички факултет има непосредну научноистраживачку сарадњу са другим универзитетима и факултетима, великим бројем домаћих научних и развојних института, државним органима и јавним предузећима. Примери добре сарадње Универзитета у Београду - Електротехничког факултета са домаћим институцијама су: Технолошко-металуршки факултет, Архитектонски факултет, Медицински факултет, Универзитет у Београду, Институт Михајло Пупин, Институт за хемију, технологију и металургију Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке Винча, Математички институт САНУ, Институт за физику, Електронски факултет Универзитета у Нишу, Универзитет у Новом Саду, Универзитет у Крагујевцу, Технички факултет у Бору, Електротехнички институт Никола Тесла, РХМЗ Србије, Регистар националног Интернет домена Србије, Институт ИРИТЕЛ, Електропривреда Србије, Електромержа Србије, Телеком Србија, компанија МИКА Инжењеринг, Сонек доо, Uni-Chem Београд, Хенкел Србија д.о.о. Београд, Fasek Engineering and Production Београд, WIPL-D д.о.о., Decode д.о.о. Београд, Novelic д.о.о., BIT Projekt д.о.о., Lindab д.о.о., ЈП Електропривреда Србије Београд, ЕПС Дистрибуција д.о.о., Telegroup д.о.о., ЈКСП Топола, Народна скупштина РС, Агенција за осигурање депозита, Управа за заједничке послове републичких органа РС, Канцеларија за управљање јавним улагањима и многе друге.

Универзитет у Београду - Електротехнички факултет има и развијену сарадњу са истраживачким организацијама у иностранству, што резултује заједничким истраживачким пројектима и честим гостовањима познатих светских стручњака из разних области електротехнике, као и бржој и успешнијој дисеминацији резултата истраживања. Добри примери плодне међународне сарадње Универзитета у Београду - Електротехничког факултета су: Универзитет у Љубљани (Словенија), Универзитет у Марибору (Словенија), Универзитет у Сарајеву (БиХ), Универзитет Базиликата (Италија), Specialtel-LEM, Milano (Италија), Универзитет у Фиренци (Италија), Vrbno University of Technology (Чешка), Институт за телекомуникације, Авеиро (Португал), EPFL (Швајцарска), ЕТН (Швајцарска), Војни Универзитет Минхен (Немачка), Aalborg University (Данска), National Technical University of Athens (Грчка), University of Leeds (Велика Британија), Технички Универзитет Дортмунд (Немачка), Институт Јоже Штефан (Словенија), Универзитет у Манчестеру (Велика Британија), Maxeler, Лондон (Велика Британија), Institute for Physics Microstructures of Russian Academy of Sciences (Русија), Технички Универзитет Делфт (Холандија), Универзитет у Болоњи (Италија), Texas A/M University (САД), Washington University, St. Louis (САД), Polytechnic Institute of NYU (САД), University of California, Los Angeles (САД), Intel (САД), IBM (САД), RMIT University (Аустралија), Colorado State University, Fort Collins (САД), Georgia Institute of Technology (САД), SUPELEC (Француска), Universidad de Talca, (Чиле), KU LEUVEN (Белгија), Universität Stuttgart (Немачка).

У претходном периоду интензивирана је сарадња са следећим институцијама: Универзитет у Црној Гори (Црна Гора), Universiteit Twente (Холандија), Universitaetsklinikum Aachen (Немачка), Fraunhofer Gesellschaft zur Foerderung der angewandten Forschung e.v. (Немачка), Commissariat a l energie atomique et aux energies alternatives (Француска), Ecuola superiore di studi universitari e di perfezionamento sant'anna (Италија), Politecnico di Milano (Италија), Fondazione Istituto Italiano di Tecnologia (Италија), Fundacion TECNALIA Research & Innovation (Шпанија), Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (Немачка), Imperial College of Science, Technology and Medicine (Велика Британија), Teknologisk institut (Немачка), Interuniversitair Micro-Electronica Centrum (Белгија), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (Швајцарска), Fundacja Rozwoju Kardiologii im. prof. Zbigniewa Religi (Пољска), Fundacio Eurecat (Шпанија), и iTechnic GmbH (Немачка).

Универзитет у Београду - Електротехнички факултет организује две конференције које се регуларно одржавају дужи низ година, као и једну конференцију која је одржана три пута до сада, и то:

1. Телекомуникациони форум (ТЕЛФОР), сваке године;
2. Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL), сваке друге године.
3. PSSOH - Примена слободног софтвера и отвореног хардвера, сваке године почев од 2018.

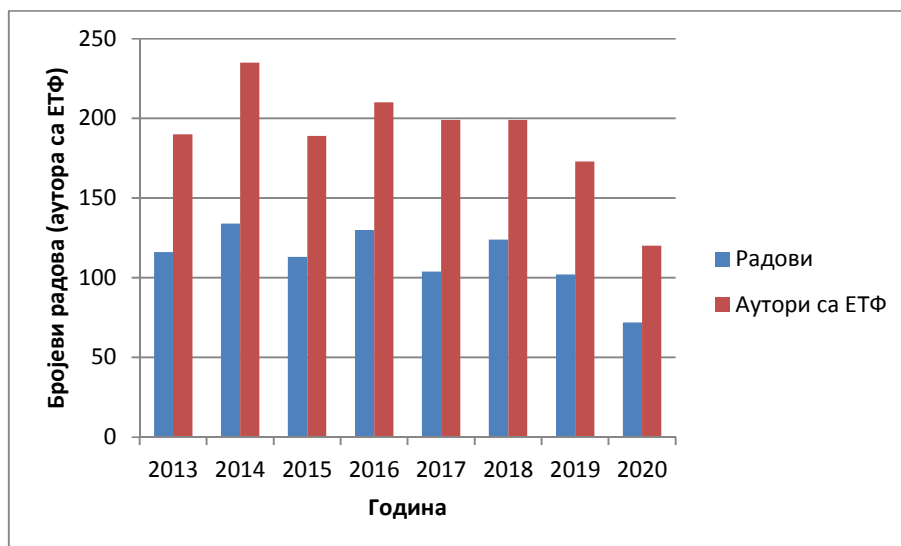
Поред тога, у оквиру рада на пројектима, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет и истраживачи ангажовани на њему су организовали или учествовали у организацији низа конференција и то:

1. Конференција за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну технику (ЕТРАН) и интернационална конференција IcETRAN, сваке године;

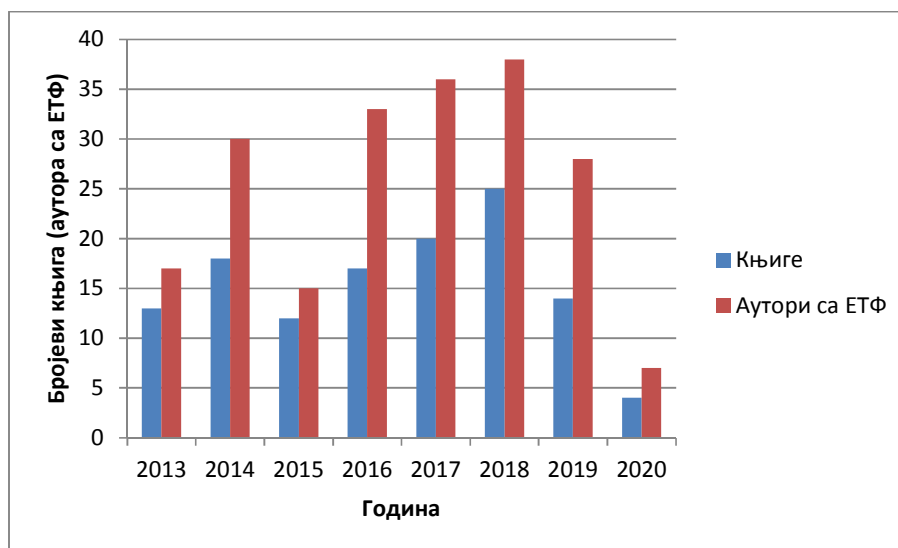
2. Саветовање Међународног комитета за велике електричне мреже (CIGRE), сваке друге године;
3. Infoteh Jahorina - сваке године;
4. Brand New Engineers - Od integrala do inženjera! - сваке године;
5. Conference on materials science and engineering (YUCOMAT) - сваке године;
6. ЕНЕРГЕТИКА - сваке године: интелигентне електроенергетске мреже;
7. Photonica (International School and Conference on Photonics), сваке друге године;
8. IFToMM/IEEE 25th International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD 2016)
9. 4th International Symposium on Environment-Friendly Energies and Applications EFEA 2016, Београд, Србија
10. The 10th Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion (MedPower 2016), 6-9. новембар 2016, Београд, Србија.
11. 11th International Symposium on Intelligent Distributed Computing, 11-13 October 2017, School of Electrical Engineering, Belgrade, Serbia (IFIP supported event under the event number 03066)

Број радова публикованих у међународним часописима са SCI/SCIE листе чији су аутори стално запослени на Универзитету у Београду - Електротехничком факултету у току једне године приказан је на Слици 1 за период од 2013. до 2020. године. Приликом претходних генерисања оваквих извештаја уочено је да за последњу годину посматрања број радова увек бива значајно мањи него за претходне године, јер сви радови још увек нису унети у базу, па бисмо изузимајући 2020. годину могли рећи да је просечан број радова око 118 годишње.

Поред научних радова, наставници и сарадници Факултета годишње су публиковали у просеку око 17 књига, укључујући и монографије, као што је приказано на Слици 2. Треба напоменути да је Универзитет у Београду - Електротехнички факултет издавач врхунског међународног часописа "Applicable Analysis and Discrete Mathematics" који је за 2019. годину добио категорију M21 са импакт фактором 1.5. Електротехнички факултет је такође члан издавачког конзорцијума часописа "Computer Science and Information Systems" категорије M23, са импакт фактором 0.927 за 2019. годину.



Слика 1 Број радова са Универзитета у Београду - Електротехничког факултета публикованих у међународним часописима са SCI листе за сваку годину у периоду од 2013. до 2020. године. Заједно са бројем радова приказан је и број аутора радова са Факултета.

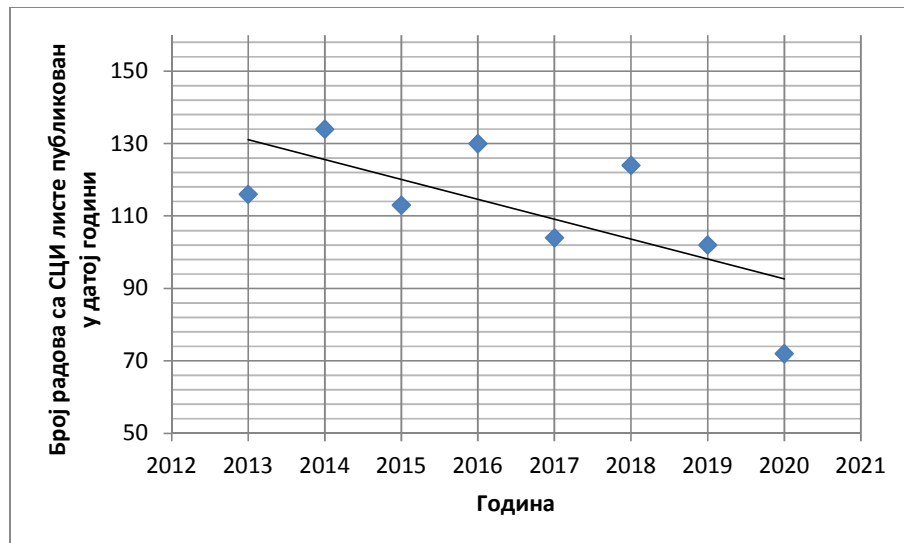


Слика 2 Број књига публикованих сваке године у периоду од 2013. до 2020. године. Заједно са бројем књига приказан је и број аутора књига са Факултета.

Користећи податке приказане на Слици 1, формиран је дијаграм на Слици 3. Промена броја радова у претходном периоду се добро моделује линеарном функцијом, уз извесно расипање које је последица неуниформног публикавања током година. На основу бројева радова и линеарне интерполације у претходном извештају је процењено да ће број публикованих радова аутора са Универзитета у Београду - Електротехничког факултета у часописима са SCI листе у 2016. години бити око 105, а тај број је на основу тренутног стања у бази достигао 130, што је индикација да се бројеви за новије године могу накнадно повећати због интензивнијег уноса радова у базу приликом избора у звања и акредитације. У последњем петогодишњем периоду

значајан број искусних наставника у звању редовног професора који су водили пројекте и публиковали велики број радова отишао је у пензију, а примљени су млади сарадници у настави, чиме се Универзитет у Београду - Електротехнички факултет подмлађује, што је свакако афирмативно и неопходно и даће добре резултате у будућности, али краткорочно не утиче позитивно на укупан број објављених радова, који је постигао максимум 2014. године. Посредни ефекти очекиваног повећања броја публикованих радова су: (1) увећање броја научноистраживачких пројеката, (2) пораст цитираности и (3) пораст релевантних фактора академског утицаја (h индекса и I10 индекса, на пример) истраживача са Универзитета у Београду - Електротехничког факултета. На овај начин ће научни рад који се спроводи на Универзитету у Београду – Електротехничком факултету бити још препознатљивији, истакнутији и цењенији, како у Србији, тако и у иностранству.

Универзитет у Београду - Електротехнички факултет такође има изузетан интерес за дисеминацију резултата истраживачког рада и њихову примену. Овај циљ се може постићи: (1) повећаним учешћем и организацијом научних и стручних семинара, радионица и конференција, (2) успостављањем интензивније сарадње са домаћим и иностраним научноистраживачким организацијама и привредним субјектима, (3) повећањем броја патената, техничких решења и сл. Крајњи циљ ових активности је допринос подизању научно-технолошког развоја Републике Србије.



Слика 3 Број радова публикованих у међународним часописима са SCI листе годишње на Универзитету у Београду - Електротехничком факултету у периоду од 2013. до 2020. године. Промена броја радова је моделована линеарном функцијом.

2 ПЛАН НАУЧНОИСТРАЖИВАЧКИХ АКТИВНОСТИ НА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОМ ФАКУЛТЕТУ У ПЕРИОДУ 2021-2025

У периоду од 2021. до 2025. године научноистраживачки рад на Универзитету у Београду - Електротехничком факултету биће организован и реализован паралелно у неколико сегмената:

1. Довршетак рада на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије из програма основних истраживања, технолошког развоја, као и интегралних и интердисциплинарних истраживања, који су 2020. године обједињени за институционално финансирање као *Реализација и финансирање научноистраживачког рада (НИО)*.
 - 1.1. Учешће у реализацији развојних приоритета Стратегије научног и технолошког развоја Републике Србије за период од 2021. до 2025. године – Моћ знања, са Акционим планом за период 2021-2023. године
 - 1.2. Примена Стратегије индустријске политике Републике Србије за период од 2021. до 2030. године,
 - 1.3. Примена Стратегије паметне специјализације у Републици Србији за период од 2020. до 2027. године
 - 1.4. Наставак реализације основних поставки Стратегије развоја информационог друштва у Републици Србији до 2020. године, до доношења нове стратегије
 - 1.5. Наставак реализације основних поставки Стратегије југоисточна Европа 2020 (SEE 2020), Регионална стратегија за истраживање, развој и иновације земаља западног Балкана (WISE), Стратегија дунавског региона, Лисабонска стратегија
 - 1.6. Примена Strategic R&I Plan-а за Хоризонт Европа и др.

Учешће Универзитета у Београду – Електротехничког факултета допринеће остваривању циљева који се односе на унапређење ефикасности и ефективности научноистраживачког система што ће омогућити:

1. Стварање нових знања, развој нових и унапређење постојећих технологија, решавање сложених друштвених и економских проблема и дефинисање привредне специјализације земље;
2. Образовање висококвалитетног истраживачког кадра који ће бити у стању да својим знањем и научноистраживачким радом ствара нове вредности, осмисли и генерише економски и укупни друштвени развој.

Учешће Универзитета у Београду – Електротехничког факултета допринеће и остваривању одређених посебних циљева, а то су:

1. Подстицање изврсности и релевантности научних истраживања у Републици Србији;
2. Јачање повезаности науке, привреде и друштва ради подстицања иновација;

3. Успостављање ефикасног система управљања науком и иновацијама у Републици Србији;
 4. Осигурање изврсности и доступности људских ресурса за науку и привреду и друштвене делатности;
 5. Унапређење међународне сарадње у домену науке и иновација;
 6. Повећање улагања у истраживање и развој путем јавног финансирања и подстицања улагања пословног сектора у истраживање и развој;
 7. Рад на пројектима Фонда за науку и Фонда за иновациону делатност. У оквиру ових истраживања, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет себи поставља циљ да обезбеди могућност учешћа на овим пројектима преко Иновационог центра Електротехничког факултета, Научно-технолошког инкубатора техничких факултета у Београду, чији је један од оснивача, или учешћем у иновационим пројектима преко других регистрованих субјеката иновационе делатности.
3. Рад на међународним пројектима. У наредном периоду се планира наставак реализације текућих пројекта у оквиру различитих међународних програма који имају за циљ јачање Европског простора за истраживање и развој. Такође се очекује припрема пројектних апликација за различите нове конкурсе који ће бити расписани у оквиру међународних програма као што су ЕУРЕКА, Horizon Europe, ИПА, Ерасмус+, Danube Regional Strategy, EIT/ Urban Mobility и други програми финансирани од стране Европске Уније. Као и до сада, у циљу повезивања и јачања међународних контаката и у наредном периоду се очекује реализација низа билатералних и комерцијалних пројеката међународне сарадње. Поред истраживања, рад на међународним пројектима финансираним од стране различитих донатора омогућиће добијање значајних финансијских средства за усавршавање како наставног особља и истраживача тако и ненаставног особља, набавку нове и обнову постојеће лабораторијске опреме, објаву радова у еминентним часописима, учешће на светски признатим конференцијама из делокруга рада Факултета, ангажовање подмлатка на међународно признатим научноистраживачким пројектима и сл. Универзитет у Београду - Електротехнички факултет ће подржати све пријаве на међународне пројекте, видећи у њима могућност афирмације и промоције.
4. Рад на директним пројектима са привредом. У складу са стањем привреде у Србији у наредном периоду се очекује интензиван рад наших наставника и сарадника на сарадњи са привредним субјектима, у пројектовању, развоју и реализацији новог софтвера, направа, система и постројења у индустријским погонима у Србији кроз разне форме укључујући и кластерска удруживања.

У циљу реализације овог Програма научноистраживачког рада, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет ће са своје стране обезбедити:

1. Обнављање, одржавање, осавремењавање, доступност лабораторија и капиталне опреме и увођење нових научноистраживачких метода неопходних за рад;
2. Набавку рачунарске опреме и софтверских пакета од интереса за факултет;
3. Обнављање и располагање комплетним библиотечким фондом и свим електронски доступним ресурсима;

4. Унапређење система евидентирања научноистраживачких активности;
5. Унапређење инфраструктуре и подршку за коришћење Интернет мреже, економско-финансијског сектора и сл.

У оквиру научноистраживачког рада Универзитета у Београду - Електротехничког факултета до 2025. године планиран је наставак истраживања започетих у ранијим пројектним циклусима, као и реализација нових истраживања, која ће бити предмет нових пројеката. Преглед пројеката основних истраживања, истраживања технолошког развоја, интегралних и интердисциплинарних истраживања из претходног периода, који су сада обједињени за институционално финансирање, дат је у Табелама 1-3. Наставници, сарадници и истраживачи Универзитета у Београду - Електротехничког факултета планирају своје научноистраживачке активности у оквиру наведених пројеката. При томе су угашени пројекти на којима је био само један или два учесника који су отишли у пензију.

Табела 1 Пројекти основних истраживања у периоду до 2016 са наставком до 2020. године

Р.Бр.	Врста прој.	Руководилац	Број пројекта	Назив пројекта
1.	ОН	Ковиљка Станковић* Предраг Осмокровић**	171007	Физички и функционални ефекти интеракције зрачења са електротехничким и биолошким системима
2.	ОН	Дејан Гвоздић*	171011	Фотонске компоненте и системи
3.	ОН	Предраг**** Маринковић	171028	Нови приступ проблемима заснивања квантне механике са аспектима примене у квантним технологијама и интерпретацијама сигнала различитог порекла
4.	ОН	Ненад Цакић***	174015	Апроксимација интегралних и диференцијалних оператора и примене
5.	ОН	Милан Меркле***	174024	Методе функционалне и хармонијске анализе у ПДЈ са сингуларитетима
6.	ОН	Синиша Јешић	174032	Анализа и алгебра са применама
7.	ОН	Марија Рашајски	174033	Теорија графова и математичко програмирање са применама у хемији и рачунарству

8.	ОН	Милица* Јанковић Мирјана Поповић**	175016	Ефекти асистивних система у неурорехабилитацији: опоравак сензорномоторних функција
9.	ОН	Дејан Раковић***	178027	Интердисциплинарна истраживања квалитета вербалне комуникације
10.	ОН	Бранко Малешевић	174012	Геометрија, образовање и визуализација са применама

** ЕТФ је носилац пројекта; ** руководицац до одласка са Факултета - именован нови руководицац; ***руководилац отишао у пензију и пројекат угашен*

Табела 2 Пројекти технолошког развоја у периоду до 2016 са наставком до 2020. године

Р.Бр.	Врста прој.	Руководилац	Број пројекта	Назив пројекта
1.	ТР	Бранко Колунџија*	32005	Алгоритми и софтвер за симулације у фреквенцијском и временском домену RF подсистема и електромагнетских сензора у ICT
2.	ТР	Предраг Иваниш	32007	Мултисервисна оптичка транспортна платформа OTN10/40/100 Gbps са DWDM/ROADM и Carrier Ethernet функционалност
3.	ТР	Александра Смиљанић*	32022	Развој сервиса и безбедности Интернет рутера високог капацитета
4.	ТР	Татјана Лутовац	32023	Оптимизација перформанси енергетски ефикасних рачунарских и комуникационих система
5.	ТР	Предраг Иваниш*	32028	Напредне технике ефикасног коришћења спектра у бежичним системима

6.	ТР	Горан Марковић	32037	Истраживање и развој робусних система за пренос података и њихова примена у корпоративним мрежама
7.	ТР	Жељко Ђуровић*	32038	Повећање енергетске ефикасности и расположивости у системима за производњу и пренос електричне енергије развојем нових метода за дијагностику и рану детекцију отказа
8.	ТР	Милан Прокин*	32039	Хардверска, софтверска, телекомуникациона и енергетска оптимизација IPTV система
9.	ТР	Иван Поповић	32043	Развој и моделовање енергетски ефикасних, адаптабилних, вишепроцесорских и вишесензорских електронских система мале снаге
10.	ТР	Мирослав Бојовић*	32047	Развој хардверске, софтверске и телекомуникационе инфраструктуре е□система за контролу промета и пореза
11.	ТР	Ана Гавровска* Ирини Релјин**	32048	Развој висококвалитетних уређаја посебне намене на бази нових технологија кристалних јединки
12.	ТР	Александар Нешковић	32051	Развој и реализација наредне генерације система, уређаја и софтвера на бази софтверског радија за радио и радарске мреже
13.	ТР	Милан Бебић Борислав Јефтенић **	33016	Истраживање, развој и примена програма и мера енергетске ефикасности електромоторних погона

14.	ТР	Милан Бебић Борислав Јефтенић **	33017	Повећања енергетске ефикасности у одабраном индустријском сектору кроз имплементацију система енергетског менаџмента у малим и средњим предузећима
15.	ТР	Томислав Шекара	33020	Повећање енергетске ефикасности ХЕ и ТЕ ЕПС-а развојем технологије и уређаја енергетске електронике за регулацију и аутоматизацију
16.	ТР	Слободан Вукосавић*	33022	Интегрисани системи за уклањање штетних састојака дима и развој технологија за регулацију термоелектрана и енергана без аерозагађења
17.	ТР	Зоран Радаковић Драгутин Саламон**	33024	Повећање енергетске ефикасности, поузданости и распољивости електрана ЕПС-а утврђивањем погонских дијаграма генератора и применом нових метода испитивања и даљинског надзора
18.	ТР	Јован Микуловић	33037	Развој и примена дистрибуираног система надзора и управљања потрошњом електричне енергије код великих потрошача
19.	ТР	Коста Јовановић* (Вељко Поткоњак) **	35003	Истраживање и развој амбијентално интелигентних сервисних робота антропоморфних карактеристика

20.	ТР	Миомир Костић*	36018	Препоруке за извођење и правилно коришћење нисконапонских електричних и громобранских заштитних инсталација и развој методологије за верификацију њиховог квалитета са аспекта заштите грађевинских објеката од пожара
21.	ТР	Драгана Павловић Шумарац Миомир Мијић**	36026	Интеграција и хармонизација система звучне заштите у зградама у контексту одрживог становања
22.	ТР	Славко Гајин	36035	Просторни, еколошки, енергетски и друштвени аспекти развоја насеља и климатске промене-међусобни утицаји
23.	ТР	Јован Цветић*	37019	Електродинамика атмосфере у урбаним срединама Србије

* ЕТФ је носилац пројекта; ** руководица до одласка са Факултета

Табела 3 Пројекти интегралних и интердисциплинарних истраживања у периоду до 2016 са наставком до 2020. године

Р.Бр.	Врста прој.	Руководилац	Број пројекта	Назив пројекта
1	ИИИ	Братислав Иричанин	41025	Модулација сигналних путева који контролишу интрацелуларни енергетски биланс у терапији тумора и неуро-имуно-ендокриних поремећаја
2	ИИИ	Жељко Ђуровић	42007	Систем за оптимизацију рада термоблокова снаге веће од 300MW
3	ИИИ	Жељко Ђуришић Никола Рајаковић**	42009	Интелигентне енергетске мреже

4	ИИИ	Бранко Малешевић Вељко Милутиновић**	44006	Развој нових информационокомуникационих технологија, коришћењем напредних математичких метода, са применама у медицини, телекомуникацијама, енергетици, заштити националне баштине и образовању
5	ИИИ	Коста Јовановић	44008	Развој робота као средство за помоћ у превазилажењу тешкоћа у развоју деце
6	ИИИ	Захарије Радивојевић Јован Ђорђевић**	44009	Развој дигиталних технологија и умрежених сервиса у системима са уграђеним електронским компонентама
7	ИИИ	Милан Тадић	45003	Оптоелектронски нанодимензиони системи-пут ка примени
8	ИИИ	Иван Поповић	45004	Молекуларно дизајнирање наночестица контролисаних морфолошких и физичкохемијских карактеристика и функционалних материјала на њиховој основи
9	ИИИ	Јелена Радовановић	45010	Фотоника микро и наноструктурних материјала

**: ЕТФ је носилац пројекта; ** руководилац до одласка са Факултета*

Реализација и финансирање научноистраживачког рада (НИО) обједињава од 2020. године пројекте дате у Табелама 1,2 и 3

Р.Бр.	Врста прој.	Руководилац	Број пројекта	Број истраживача	Назив пројекта
1		Мило Томашевић		162	Реализација и финансирање научноистраживачког рада НИО

На Факултету је реализован или је тренутно активан и већи број научноистраживачких и иновационих пројеката, који су приказани у Табелама 4 , 5 , 6 и 7 респективно.

Табела 4 Пројекти – Фонд за науку

Р.бр.	Врста пројекта	Руководилац	Назив пројекта
1	Програм за развој пројекта из области вештачке интелигенције	Бошко Николић	ADVANCING NOVEL TEXTUAL SIMILARITY-BASED SOLUTIONS IN SOFTWARE DEVELOPMENT (AVANTES)
2	ПРОМИС – Програм за изврсне пројекте младих истраживача	Марко Крстић	AN INTEGRATED DUAL-COMB GAS
3	ПРОМИС - Програм за изврсне пројекте младих истраживача	Андреј Савић	Хибридни Мозак рачунар интерфејс за управљање сензо-моторним упаривањем у рехабилитацији након могућег удара
4	ПРОМИС - Програм за изврсне пројекте младих истраживача	Коста Јовановић	Mechanical impedance estimation and planning for the next generation collaborative robots

Табела 5 Пројекти- Фонд за иновациону делатност- Програм сарадња науке и привреде

Р.бр.	Врста пројекта	Руководилац	Назив пројекта
1	Сарадња науке и привреде	Милан Прокин	Novel oil pipeline leakage detection system-NOPiLDeS
2	Сарадња науке и привреде	Слободан Петричевић	Систем за праћење соларних постројења- SOFIS
3	Сарадња науке и привреде	Бранко Колунџија	Паметно окружење за 3 D EM симулације у IoT i 5 G

Табела 6 Пројекти- Фонд за иновациону делатност- Програм Иновациони ваучери

Р.бр.	Врста пројекта	Руководилац	Назив пројекта
-------	----------------	-------------	----------------

1	Фонд за иновациону делатност-Ваучери	Вељко Папић	Софтверски модул компјутерске визије
2	Фонд за иновациону делатност-Ваучери	Јелена Поповић Божовић	FPGA имплементација basedband процесора радара
3	Фонд за иновациону делатност-Ваучери	Милан Бебић	Анализа и верификација алгоритама естимације момента у уређају за динамичку анализу електромоторних погона за примену предиктивне методе одржавања индустријских постројења и комуналних система
4	Фонд за иновациону делатност-Ваучери	Бошко Николић	Систем за праћење активности и рада на пројекту
5	Фонд за иновациону делатност-Ваучери	Милош Цветановић	Софтверски ситем за ефикасну непосредну комуникацију са потрошачима
6	Фонд за иновациону делатност-Ваучери	Дејан Гвоздић	Студија изводљивости технолошког процеса адаптације CMOS-а у EB-CMOS сензор слике
7	Фонд за иновациону делатност-Ваучери	Слободан Петричевић	Производња лабораторијских прототипа тест стола за карактеризацију извора за напајање за појачаваче слике треће генерације
8	Фонд за иновациону делатност-Ваучери	Младен Терзић	Студија изводљивости прототипа генератора за високобрзинске апликације
9	Фонд за иновациону делатност-Ваучери	Драгана Шумарац Павловић	Систем за тестирање акустичког квалитета канцеларија отвореног типа (open space office)

Табела 7 Пројекти Министарства за заштиту животне средине

Р.бр.	Врста пројекта	Руководилац	Назив пројекта
1	Пројекти "Зелени фонд"	Миомир Мијић	Стварање услова за побољшање квалитета животне средине у зградама у домену заштите од буке
2	Пројекти "Зелени фонд"	Александар Нешковић	Студија изводљивости имплементације националне мреже за континуирано и аутоматизовано праћење значајних параметара из домена заштите животне средине
3	Пројекти "Зелени фонд"	Александар Нешковић	Мапирање извора токсичних, мутагених и канцерогених испарљивих органских једињења на територији града Београда

Поред наведених истраживања, на Факултету је активно и више међународних научноистраживачких и међународних билатералних и комерцијалних пројеката, који су приказани у Табелама 8 и 9, респективно.

Табела 8 Актуелни међународни пројекти у којима учествује Универзитет у Београду - Електротехнички факултет

Р.бр.	Врста пројекта	Руководилац	Назив пројекта
1	Оквирни програм ЕУ за истраживање и иновације „Хоризонт 2020” (Х2020) Међународни програм сарадње у науци и технологији	Коста Јовановић	A Network of Robotics DIHs for Agile Production - DIH ²
2	Оквирни програм ЕУ за истраживање и иновације „Хоризонт 2020” (Х2020) Међународни ФП7 пројекат	Коста Јовановић	“Digitising and transforming European industry and services: digital innovation hubs and platforms” - DIH-HERO
3	Оквирни програм ЕУ за истраживање и иновације „Хоризонт 2020” (Х2020)/ Marie Skłodowska-Curie Innovative Training Network (ITN)	Марија Стевановић	„EMERALD - ElectroMagnetic imaging for a novel genERation of medicAL Devices“
4	Међународна ЕУРЕКА иницијатива	Жељко Ђуровић	FASTER - Device for FAult and STate detection of Rotary machineries based on acoustic signals

5	Међународна ЕУРЕКА иницијатива	Ана Гавровска	DIDIB - "Digitalizovan uredjaj za klasifikaciju UV-VIS signala za dijagnostiku benignih oboljenja i tuberkuloze"
6	Оквирни програм ЕУ за истраживање и иновације „Хоризонт 2020” (Х2020)/ Cascading scheme	Милан Чабаркапа	CASPER II - Children Agents for Secure and Privacy Enhanced Reaction
7	Међународни програм сарадње у науци и технологији (COST)	Милан Чабаркапа	Transnational colaboration on Bullying, Migration and Integration at School Level
8	Међународна ЕУРЕКА иницијатива	Славко Гајин	TRADE - Sistem za detekciju anomalija u mrežnom saobraćaju na bazi analize NetFlow podataka
9	Мултидисциплинарна научна и технолошка сарадња у Дунавском региону	Јелена Радовановић	Моделовање активне области терахерцног квантног каскадног ласера на више скала
10	Програм урбане мобилности Европског института за иновације и технологију - EIT/ Urban Mobility	Милан Прокин	RIS innovation projects 2020
11	Билатерална научно - технолошка сарадња са Народном Републиком Кином	Александар Ракић	Дистрибуирано мрежно управљање и његова примена у паметној мрежи
12	Билатерална научно - технолошка сарадња са Црном Гором	Томислав Шекара	Нестационарни сигнали у аутоматици и дигиталним системима
13	Билатерална научно - технолошка сарадња са Црном Гором	Милан Поњавић	Компресивно одабирање и графови у анализи нестационарних сигнала
14	Билатерална научно - технолошка сарадња са Француском	Коста Јовановић	Серијски манипулатори као човекови асистивни системи у индустрији

Табела 9 Актуелни комерцијални међународни пројекти у којима учествује Универзитет у Београду - Електротехнички факултет

Р.бр.	Врста пројекта	Руководилац	Пословни партнер	Назив пројекта
1.	Остали међународни комерцијални пројекти	Драгана Шумарац Павловић	URSA SLOVENIJA DOO	Развој и реализација софтвера за прорачун звучне изолације

2.	Међународни комерцијални пројекти са универзитетима	Бошко Николић	Универзитет у Бањој Луци	Имплементација информационог система
3.	Остали међународни комерцијални пројекти	Слободан Вукосавић	Global information Inc	Консултације за фирму HUAWAY
4.	Остали међународни комерцијални пројекти	Зоран Радаковић	Tamini Transformatori SRI	Истраживачка трансформаторска термичка мерења на експерименталном суду у Тамини фабрици
5.	Остали међународни комерцијални пројекти	Предраг Иваниш	Sans R & D, LLC	Дизајн, процена перформанси и анализа комплексности заштитних кодова за канале са пакетним брисањем
6	Остали међународни комерцијални пројекти	Предраг Тадић	Qcerris LLC	Предикција одлива клијената банке
7	Остали међународни комерцијални пројекти	Мирослав Бојовић	Републички завод за статистику	Софтверски систем за ажурирање геопросторних података катастра непокретности Србије за подршку пописа становништва 2021.год
8	Остали међународни комерцијални пројекти	Милета Жарковић	Comel doo	Развој дијагностичког модула за ефикасно управљање трансформатором

9	Остали међународни комерцијални пројекти	Младен Терзић	Green day doo	Израда главног пројекта и огледног примера за развој хибридног напајања за снабдевање система за наводњавање пољопривредних усева
10	Остали међународни комерцијални пројекти	Бранко Колунџија	WIPL d doo	Нова генерација симулационих алата за електромагнетско моделовање
11	Остали међународни комерцијални пројекти	Александар Нешковић	Telegroup doo Podgorica	Студија ревалоризације оптичке инфраструктуре и предлог новог ТК преносног система ЦГЕС-а

У оквиру реализације свих набројаних истраживања до 2025. године планиран је наставак сарадње са низом институција из Србије. То су: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Институт за физику, Институт за нуклеарне науке Винча, Институт Михајло Пупин, Институт за хемију, технологију и металургију (ИХТМ) Београд, Електротехнички институт Никола Тесла, Медицински факултет Универзитета у Београду, Универзитет у Новом Саду, Математички Институт САНУ, Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука Чачак, Електронски факултет Универзитета у Нишу, Институт „Ирител“, Електропривреда Србије, Електромрежа Србије, Физички факултет Универзитета у Београду, Институт техничких наука САНУ, Институт за микроталасну технику и електронику.

До 2025. године сарадња се планира и са великим бројем институција у оквиру међународних и билатералних пројеката. Примери иностраних институција са којима се планира наставак сарадње до 2025. године су: Универзитет у Љубљани (Словенија), Универзитет у Марибору (Словенија), Универзитет у Сарајеву (БиХ), Технички универзитет у Софији (Бугарска), Austrian Center for Medical Innovation and Technology (Аустрија), National Technical University of Athens (Грчка), Универзитет Базиликата (Италија), ITC-CNR – Italian National Research Council, Construction Technologies Institute (Италија), EPFL (Швајцарска), Brno University of Technology (Чешка), Војни Универзитет Минхен (Немачка), University Pierre et Marie Curie (Француска), Technical University of Eindhoven (Холандија), Maxeler, Лондон (Велика Британија), University of Sussex (Велика Британија), University of Leeds (Велика Британија), UC Berkeley, Electrical Engineering and Computer Sciences (САД), Washington University, St. Louis (САД), Northeastern University (САД), RMIT University (Аустралија), Institute for Physics of Microstructures (IPM RAS), (Русија), Technical University of Denmark

(Данска), Norwegian University of Science and Technology (Норвешка), Colorado State University, Fort Collins (САД), Georgia Institute of Technology (САД), SUPELEC (Француска), Universidad de Talca, (Чиле), Универзитет у Црној Гори (Црна Гора), Universiteit Twente (Холандија), Universitaetsklinikum Aachen (Немачка), Fraunhofer Gesellschaft zur Foerderung der angewandten Forschung e.v. (Немачка), Commissariat a l energie atomique et aux energies alternatives (Француска), Ecuola superiore di studi universitari e di perfezionamento sant'anna (Италија), Politecnico di Milano (Италија), Fondazione Istituto Italiano di Tecnologia (Италија), Fundacion TECNALIA Research & Innovation (Шпанија), Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (Немачка), Imperial College of Science, Technology and Medicine (Велика Британија), Teknologisk institut (Немачка), Interuniversitair Micro-Electronica Centrum (Белгија), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (Швајцарска), Fundacja Rozwoju Kardiologii im. prof. Zbigniewa Religi (Пољска), Fundacio Eurecat (Шпанија), и iTechnic GmbH (Немачка).

3 ПРОГРАМ РАДА ПО ОБЛАСТИМА У ПЕРИОДУ 2021-2025

3.1 Област: Управљање системима и обрада сигнала

У оквиру научноистраживачког рада у области Управљање системима и обрада сигнала радиће се на истраживању примене савремених техника за управљање и обраду сигнала у комплексним индустријским системима. Савремени тренд у овој области полази од претпоставке да критеријумска функција, чијом се оптимизацијом постиже закон управљања, не може бити дефинисана искључиво техничким захтевима, већ у обзир морају бити узети и финансијски аспекти сваког потенцијалног решења. Такав захтев води ка мултидисциплинарном приступу истраживањима, што углавном резултује у тзв. интелигентне хијерархијске управљачке структуре. Посебна пажња биће посвећена проблемима и решењима у области обезбеђивања енергетске ефикасности процеса производње, као и примени предиктивних закона управљања у области дистрибуираних индустријских система, у којима класичне технике идентификације и пројектовања контролера над идентификованим моделима не дају добре резултате. За овакве примене хијерархијско управљачко решење подразумева постојање посебног хијерархијског нивоа у коме, зависно од природе процеса, постоји експертско знање које препознаје актуелни сценарио окружења, као што је положај мирне радне тачке, присуство мерљивих или немерљивих поремећаја, појава отказа, природа регулационих захтева, и сходно томе доноси одлуку о адекватном управљачком приступу, оптимизује скуп расположивих параметара, комуницира са својим окружењем и обавештава корисника о спроведеним акцијама. У циљу реализације једног овако сложеног дистрибуираног експертског управљачког система неопходно је реализовати следеће његове елементе:

1. фамилије контролера, дефинисаних у оквиру добро познатих структура, као што су предиктивни закон управљања, линеарни-квадратни Гаусовски приступ, *extremum-seeking*, контролери оптималних робусних перформанси и стабилности,
2. експертски систем заснован на вештачкој интелигенцији са основним задатком препознавања окружења у којем индустријско постројење ради,
3. ниво системске интеграције, са посебним освртом на синергију аутоматике (инжењерства управљања), софтверског инжењерства и коришћење модерних комуникационих и IoT технологија у мрежно-дистрибуираном окружењу,
4. интелигентни сензорски ниво, који већ на елементарном нивоу мерења и актуације, решавају проблеме редунаности, грешака у мерењима, појаву отказа, као и децентрализовано функционисање на нивоу мреже сензора,
5. интелигентан и адаптиван интерфејс ка кориснику, у циљу његовог правовременог обавештавања, али и укључивања у процес доношења одлука и командовања целокупним системом.

Посебна пажња биће посвећена развоју алгоритама на бази вештачке интелигенције и машинског учења, првенствено мотивисаних практичним индустријским проблемима. Са тим циљем биће пројектовани системи за превентивно одржавање и правовремену детекцију отказа и кварова на појединим елементима система, као и системи за анализу квалитета производа и повећање поузданости и

ефикасности система. У том смислу, неколико битних подобласти ће бити на линији научноистраживачког рада:

1. компјутерска визија за потребе визуелне инспекције квалитета производа са прилагођењем за рад у реалном времену
2. робусна обрада акустичког сигнала за потребе даљег пројектовања система одлучивања подобног за рад у индустријском окружењу
3. вештачка интелигенција за потребе детекције стања и отказа на појединим елементима индустријских система
4. машинско учење са применом у повећању поузданости система и исправности производа

У сегменту роботике, разматраће се проблеми индустријске, сервисне и хуманоидне роботике, са следећом тематиком: (1) математичко моделирање кинематике и динамике, са развојем симулационог софтвера са посебном применом на роботе попустљивих погона; (2) анализа и синтезе управљања, са нагласком на управљање роботима у задацима интеракције; (3) примена хуманоидних роботских система у сервисним, рехабилитационим, спортским и другим областима; (4) образовање у области роботике и мехатронике са акцентом на учење на даљину и развој виртуелног лабораторијског окружења (5) развој техника за локализацију, навигацију и планирање кретања аутономних мобилних робота употребом напредних софтверских система.

3.2 Област: Енергетски претварачи и погони

У оквиру истраживачког рада планирана је анализа економске оправданости периодичних термовизијских прегледа нисконапонских електричних инсталација у индустријским објектима.

Развиће се методологија за израду чек-листа које треба да унапреде верификацију електричних инсталација ниског напона, и то: визуелни преглед, функционалне провере и термовизијска снимања електричних елемената. Посебна пажња ће се посветити развоју алгорита за побољшање тачности мерења температуре заштитних електричних компоненти применом термовизијске камере.

Истражиће се како објективни, тако и субјективни аспекти примене LED технологије у уличном и унутрашњем осветљењу. Разматраће се показатељи безбедности и сигурности, енергетске ефикасности, квалитета електричне енергије и боје светлости. Испитаће се и финансијски аспект оправданости употребе LED технологије у уличном осветљењу.

Планира се и истраживање са циљем да се евалуирају неповољни здравствени ефекти употребе уређаја који емитују светлост са израженом компонентом плаве боје (пре свега њихов утицај на човеков биолошки сат).

У оквиру ове области биће истраживане и оптималне топологије и развијени ВФ ВН извори за напајање електростатичких преципитатора за термоелектране. Истраживаће се и развој оптималног управљања преципитацијом ради побољшања ефикасности у одстрањивању fine прашине из димног гаса. Поред тога, истраживаће се и развијате нове врсте: (1) електричних машина за коришћење у спороходном

ветрогенераторима и (2) електричних машина за коришћење у микротурбинама на природни гас.

Наставиће се са развојем и применама алгоритама за енергетски ефикасно управљање електромоторним погонима и технолошким процесима, у погонима са малим и средњим вредностима инсталисане снаге, али и у погонима и постројењима са великом инсталисаном снагом електромоторних погона. У циљу смањења негативног утицаја електромоторног погона на напојну мрежу, биће анализани утицаји и разматране мере за смањење хармонијског изобличења у погонским системима: избор оптималне структуре филтера хармоника, методе управљања активним филтерима и активним исправљачима.

Даљи развој система енергетског менаџмента у електроенергетици предвиђен је кроз развој е-Сервиса за упоредну статистику и унапређење енергетске ефикасности у индустријском сектору.

Посебно значајна област истраживања су вишемоторни електрични погони. Тема која ће бити настављена је развој и примена управљачких структура вишемоторних погона са различитим врстама механичке спреге између појединачних погонских целина. У оквиру ове области развијаће се, испитивати и примењивати алгоритми управљања погонима хоризонталног кретања кранова и дизалица са циљем смањења њихања терета.

Приликом модернизација, ревитализација и реконструкција индустријских постројења са сложеним управљачким системима у којима су електромоторни погони интегрални део, захтева се веома кратко време за тестирање и пуштање у рад, чиме се скраћује трајање планираног застоја. За свеобухватно и непристрасно тестирање софтверског дела оваквих управљачких система, неопходно је користити моделе у ХИЛ (енгл. *hardware in the loop*) окружењу. Моделирање индустријских процеса покретаних електромоторним погонима на ХИЛ системима представља тему истраживања која ће имати реалну примену у великом броју предстојећих модернизација у нашој привреди, у привреди у региону, али и у светским размерама. Развијене моделе индустријских процеса би свакако требало верификовати на постојећим постројењима и процесима, што захтева развој и примену прилагођених аквизиционих и надзорних система.

Наставиће се са радом на унапређењу детаљног термо-хидрауличног модела енергетских трансформатора са изолационом течностима. Велики отворени проблем у овој области је недавно експериментално откривени феномен инверзног струјања изолационе течности у намотајима трансформатора са цик-цак струјањем. Други детаљ је загревање трансформатора при веома ниским температурама амбијента, када може да дође до великих локалних пораста температура унутар намотаја. Уколико се успешно заврше тренутни преговори са иностраним партнером, радиће се на развоју нестационарног термо-хидрауличног модела, са крајњом идејом да се он користи за процену температуре најтоплије тачке трансформатора и процену могућности оптерећења трансформатора, кроз имплементацију у систему надзора над трансформатором. Овај податак је значајан за операторе електроенергетских мрежа.

Радиће се на изради методе предвиђања фактора запрљања компактних хладњака (уље-вода) блок трансформатора у хидро електранама. Полази се од математичког модела који смо већ развили (који на основу стандардних мерења оптерећења трансформатора, протока и температура врши процену смањења расхладне снаге у односу на номиналну, а одатле и фактора запрљања хладњака).

Метода треба да омогући краткорочно и средњорочно предвиђање фактора запрљања, на основу које се могу планирати активности одржавања, односно чишћења хладњака. Тест методе ће се извршити користећи податке вишегодишњих погонских мерења на хидроелектрани. Планира се израда plug-in у систему за надзор рада трансформатора.

Радиће се на развоју алгорита који обезбеђује скраћење трајања и смањење утрошене енергије и трошкова типског огледа загревања енергетских трансформатора са изолационом течностима, уз поштовање свих захтева прописаних ИЕС стандардом 60076-2. Алгоритам ће бити реализован у софтверском алату, намењеном за употребу у испитној станици. Ефекти примене софтверског алата ће бити тестирани у испитној станици у фабрици трансформатора. Софтверски алат ће омогућити и генерисање извештаја у складу са наведеним ИЕС стандардом.

Истраживаће се процес старења чврсте изолације (базиране на целулози) у енергетским трансформаторима са изолационим течностима. Релативна брзина старења (као и утрошени/преостали животни век) изолације одређује се на основу познатог дијаграма оптерећења трансформатора и садржаја влаге у чврстој изолацији. Успоставиће се и корелација између остарелости изолације и концентрације фурана у изолационом уљу. На овај начин омогућиће се процена остарелости изолације на основу једног релативно једноставног хемијског мерења, без потребе за познавањем дијаграма оптерећења и садржаја влаге за период у коме је трансформатор био у погону.

Истраживаће се процес управљања снагом загревања рингле електричног шпорета у циљу оптимизовања утрошка електричне енергије током процеса кључања течности („паметни“ шпорет). Циљ је смањити непотребне губитке енергије тј. загревати течност тако да што пре прокључа, а након тога смањити снагу загревања на минималну потребну вредност за одржавање кључања. Прорачун одговарајуће снаге базира се на термичком моделу система рингла – шерпа – течност у шерпи и познатој вредности температуре зида шерпе (мери се континуално током загревања). Планира се и развој одговарајућег прототипа на којем ће бити имплементирана ова могућност. Комуникација између сензора за мерење температуре на зиду шерпе и регулатора снаге у шпорету одвијаће се бежичним путем, коришћењем једног од стандардних комуникационих протокола за паметне зграде (Zigbee).

Радиће се на истраживању фундаменталних поставки у техници уземљења - начинима одређивања карактеристика тла на бази опште прихваћене Венерове методе. Уочено је да за нека специфична тла, а која се могу моделовати као двослојна са хоризонталним слојевима, ова метода показује извесне недостатке при интерпретацији, тако да ће се истражити тачност методе и техника интерпретације за различите типове тла, детектовати ситуације када метода не даје довољно прецизне резултате и предложити мере којима се постиже смањење грешке.

Радиће се на развоју модела за процену изобличења и несиметрија напона у мрежама са нелинеарним и несиметричним оптерећењем. Модел ће комбиновати две методе: 1) трансформацију из несиметричног трофазног у директни, инверзни и нулти симетрични систем и обрнуто и 2) импедансни модел за симетричне системе. Због великог значаја у пракси, посебна пажња ће се посветити развоју метода за детектовање проблематичних делова мреже, у којим се појављују велики извори виших хармоника струје, као и начина за моделовање мреже у тачки напајања тог дела мреже. За спровођење анализа ће се користити велики скуп до сада прикупљених

результата мерења, пре свега у постројењима са великим бројем електроенергетских претварача велике снаге, кондензатора за компензацију реактивне снаге и филтера.

3.3 Област: Електроенергетске мреже и системи

Истраживања у оквиру ове области обухватају осам тема које се односе на савремене трендове развоја електроенергетских система.

Спровешће се истраживање и развој микромрежа средњенапонског и нисконапонског нивоа. Задатак ове теме је интеграција свих енергетских извора са системима за складиштење енергије, како електричне тако и топлотне, и њихов оптимални рад. У оквиру ове теме такође ће се разматрати могућност острвског рада микромрежа у циљу снабдевања одређене групе потрошача ради побољшавања параметара поузданости дистрибутивних мрежа.

У оквиру развоја система за мониторинг и дијагностику електроенергетских постројења спровешће се истраживања у циљу ефикасног одржавање електроенергетске опреме. Ова истраживања обухватају: предикцију кварова и убразног старења опреме, обраду сигнала и података мониторинга високонапонске опреме при чему ће се уводити нови квантификатори стања, развој уређаја за *on-line* мониторинг који прикупља, обрађује и доноси одлуке на бази дијагностике стања високонапонске опреме, као и развој модела и система заснованих на техникама машинског учења (*Machine Learning*) и технике великог броја података (*Data Mining*).

У оквиру развоја иновативних техника за координацију изолације у области технике високог напона усавршаваће се статистички прорачуни и модели у различитим софтверским алатима при чему ће се тежити прецизнијем, ефикаснијем и бржем прорачуну координације изолације.

Развој управљачке стратегије за брзу регулацију фреквенције од стране ресурса који су прикључени на мрежу преко уређаја енергетске електронике се односи на решавање проблема регулације фреквенције у електроенергетским системима мале инерције са аспекта дефинисања нове системске услуге која је прилагођена системима са великим уделом обновљивих извора енергије.

Развој интелигентних система за управљање напонима у преносним и дистрибутивним мрежама са дистрибуираним обновљивим изворима енергије и системима за складиштење енергије. Задатак ове теме је координисано управљање генерисањем реактивне енергије из обновљивих извора енергије, управљање регулаторима у интерконективним трансформаторима и оптимално лоцирање и управљање FACTS уређајима.

Развој напредних система релејне заштите електроенергетских система са обновљивим изворима енергије и паметним мрежама. У оквиру ове теме биће развијани системи за решавање конкретних проблема релејне заштите у дистрибутивним системима са обновљивим изворима енергије, као што су: утицај дистрибуираних извора на прекострујну заштиту у радијалним дистрибутивним мрежама, проблеми рада система АПУ у дистрибутивним мрежама након прикључења дистрибуираних генератора и заштита од острвског режима рада дистрибутивног генератора.

Развој система за предикцију прекограничних преносних капацитета надземних водова у реалном времену. Истраживачки рад у оквиру ове теме се односи на

решавање проблема интеграције интермитентних обновљивих извора енергије у електроенергетски систем са аспекта обезбеђивања преносних капацитета интерконективних водова.

Развој система за анализу квалитета и ефикасно коришћење електричне енергије. Истраживачки рад у оквиру ове теме је усмерен на развој метода и система који ће обезбедити поуздан, ефикасан и сигуран рад електроенергетског система уз одржавање квалитета електричне енергије у границама које прописују релевантни стандарди.

3.4 Област: Физичка електроника

Планирана су теоријска истраживања и нумеричко моделовање линеарних и нелинеарних својстава фотонских материјала са зонском структуром, метаматеријала и квантних наноструктура. Између осталог, у предвиђене активности спадају: - испитивање услова за настанак суперрадијансе и Рискен-Нумедал-Грахам-Хакен (РНГХ) типа нестабилности код квантних каскадних ласера (ККЛ) са Фабри-Перо шупљином, који раде у средњем инфрацрвеном делу спектра. Мотивација је утврђивање да ли се помоћу РНГХ нестабилности може произвести ултракратки импулс, чиме би се значајно проширила област примене ових ласера. У конвенционалним полупроводничким ласерима, праг за мултимодну РНГХ нестабилност (други праг) је најмање девет пута већи од ласерског прага, док је код ККЛ тај праг знатно нижи. Ова појава је у литератури делимично приписана присуству сатурабилног апсорбера и Керовог ефекта сочива. Биће извршене симулације са циљем да се покаже да урачунавање утицаја индиковане решетке поларизације медијума, поред индиковане решетке носилаца, као и дифузије поларизације, омогућава да се низак праг за РНГХ нестабилност код ККЛ може објаснити без апсорбера у таласоводу ККЛ-а и Керовог ефекта.

Испитиваће се могућности примене квантних каскадних ласера у детекцији штетних материја у амбијенту путем директне апсорпције. Посебна пажња ће бити посвећена метаматеријалима због огромних могућности прилагођавања њихових параметара, што обезбеђује контролисано простирање електромагнетних таласа кроз медијум. Истраживаћемо могућности за дизајнирање активних метаматеријала у коме би металне структуре биле замењене нискодимензионалним полупроводничким квантним структурама (са нагласком на примену квантних каскадних ласера као активних компоненти које омогућавају велико оптичко појачање). Испитиваћемо особине квантно каскадних ласера на бази нитридних једињења, а нарочита пажња биће посвећена наноструктурама заснованим на неполарним нитридним материјалима, где је омогућено избегавање сложеног утицаја уграђених јаких електричних поља. Такође ће бити извршена анализа времена тунеловања у бианизотропним слојевима, као и слојевима са нултим пропустљивостима. Посебно ће бити анализирани хирални метаматеријали који поседују неуобичајене оптичке карактеристике погодне за контролу поларизације светлости, што је од великог значаја за рад активних компоненти у THz опсегу. Биће испитивани ефекти који се јављају као последица простирања ЕМ таласа кроз хиралне метаматеријале различитих геометрија, са акцентом на временима кашњења (групна кашњења и времена задржавања) ЕМ таласа кроз структуре базиране на Ω -металним елементима смештеним у диелектрику. Биће одређени оптимални параметара за постизање максималне оптичке активности и циркуларног дихроизма посматраних структура, чији је основни градивни блок Ω -

метални елемент или резонатор са уврнутим прстеном. Анализираће се структуре које ће омогућити највећу разлику у временима кашњења за леву и десну кружно поларизовану светлост у THz опсегу учестаности. Додатно, утврдиће се оправданост коришћења ефективних параметара за опис предложених хиралних структура на основу поређења резултата времена кашњења добијених на основу нумеричких симулација и помоћу апроксимације ефективног медијума (*Effective Medium Approximation* - ЕМА).

Разматраће се генерисање дискретних стања у континуалном делу спектра у фотонским и електронским микроструктурама и наноструктурама методама суперсиметричне квантне механике и теорије инверзног спектра. Биће развијене и методе за оптимизацију конвертора фреквенције упадног зрачења на бази квантних наноструктура за примене код соларних ћелија.

У овој области спровешће се и истраживања електронске структуре и оптичких особина полупроводничких нанопрстенова и нанотачака сличних нанопрстеновима. Циљ овог истраживања је да се утврди утицај непостојања отвора у нанопрстеновима формираним помоћу техника самоасемблирања у Странски-Крастанов моду и капљичне епитаксије на екситонски Ахаронов-Бомов ефекат. Испитаће се како постојање слоја који покрива отвор модификује екситонске Ахаронов-Бомове осцилације, као и оптички екситонски Ахаронов-Бомов ефекат. Поред тога, радиће се и на моделовању слободностојећих и језгроомотач наножица формираних VLS техником раста. Посебна пажња ће бити посвећена развоју 3D-зонског **k.p** модела који има за циљ да омогући ефикасно моделовање Si и Si/Ge наножица у целој Брилуеновој зони. Анализираће се утицај преклапања стања у околини ивица Брилуенове зоне масивног материјала на стања у центар једнодимензионе Брилуенове зоне наножице. Посебно ће бити анализирана варијација матричних елемената оптичких прелаза и апсорпције у функцији ширине наножице. Овакво моделовање је од значаја за примену наножица у соларним ћелијама. На послетку, у оквиру ове области радиће се на моделовању ивичног магнетизма у графенским наноструктурама. Ова врста магнетизма постоји у графенским нанотракама и нанотачкама које поседују нултоенергијска стања, нпр. када је облик ивице нанотачака цик-цак, макар на појединим деловима. Као посебни случајеви анализираће се једноструко повезане графенске тачке, шестоугаони прстенови и разне врсте линијских дефеката. Упоредиће се резултати добијени Хабардовим и квантним Монте Карло методом. Резултати прорачуна ће бити упоређени са експерименталним графенским спинтронским направама и структурама, посебно оним које испољавају полуметалност.

3.5 Област: Физика и техника плазме

На врху торња Авала (204m) ће се поставити опрема за мерење и аквизицију параметара атмосферских пражњења (АП). Овај торањ је одабран како због своје висине (204m, при чему се налази на врху брда високог око 150m у односу на непосредну околину) тако и због близине Београду и Универзитету у Београду - Електротехничком факултету где ради већи број учесника пројекта. На врху торња ће се инсталирати два струјна сензора: мерни отпорник ISM 500 за мерење импулсне струје до 100 kA и di/dt сензор IMM-4. Биће инсталиран и осетљиви мерач електростатичког поља (енгл.: field-mill sensor). Биће направљене и инсталиране антене за мерење израченог електромагнетског поља у близини торња. У бази торња ће се инсталирати сензори за мерење рефлексија струје од темељних уземљивача.

Мериће се статичко електрично поље, тип АП, јачина струје у тачки удара, протекло наелектрисање, акциони интеграл струје и израчени електромагнетски спектар. У сарадњи са Републичким хидрометеоролошким заводом (РХМЗ) Србије ће се истовремено мерити и остали параметри у атмосфери, влажност, температура, брзина ветра и др. Извршиће се компаративна анализа свих параметара у атмосфери током АП. Биће омогућено аутоматска аквизиција свих измерених података као и приступ подацима преко Интернета. Резултат овог истраживања ће бити прво систематско праћење и детаљна анализа електродинамике атмосферских пражњења у Србији.

3.6 Област: Алтернативни извори енергије

Спровешће се истраживање и развој: (1) стабилног термалног анемометра са повратном спрегом за мерење брзине ветра и (2) истраживање и развој система за надгледање соларних електрана.

3.7 Област: Оптиелектроника и ласерска техника

Део истраживања која се спроводе на Универзитету у Београду - Електротехничком факултету у области оптиелектронике и ласерске технике имају за циљ развој савремених сензорских система базираних на примени нових материјала и наноструктура за мерење електричних и неелектричних величина. Коришћењем Покелсовог и Фарадејевог ефекта, које ове савремене структуре имају, могуће је у видљивом делу спектра, технички изузетно квалитетно са великом осетљивошћу реализовати фиброоптичке сензоре који имају изузетно велику прецизност, као и просторну и динамичку осетљивост мерења струје, напона и снаге. У комбинацији са инфрацрвеним мерењима температуре могуће је обезбедити изузетно квалитетан мониторинг у реалном времену свих критичних елемената високонапонског енергетског система. После теоријских и експерименталних истраживања ефеката интеракције фотона са овим савременим материјалима и наноструктурама у плану је реализација сензора, а затим и интеграција појединачних сензора у комплетни систем за мониторинг високонапонске опреме електроенергетских система. Поред наведеног у плану је и проучавање метода температурске компензације фиброоптичких сензора као и даљи развој унутрашњих фиброоптичких сензора вибрација и напрезања.

Планирана истраживања обухватиће и развој модела физичких феномена у фотонским компонентама, нумеричку симулацију и теоријско-експерименталну анализу њихове примене у фотонским комуникационим мрежама. Активности ће обухватити теоријска проучавања примене квантних црта, сочивастих квантних тачака и наноколоне, у реализацији нове генерације квантних генератора светлости и оптичких појачавача. Теоријска истраживања обухватиће прорачун оптичког појачања, нелинеарног потискивања појачања, промене индекса преламања услед инјекције носилаца и времена захвата и расејања носилаца у овим наноструктурама, а затим и њихову примену у реализацији инјекционо спрегнутих Fabry-Perot ласера (FP-LD) и рефлексионих полупроводничких оптичких појачавача. Такође, биће анализирани и унутарзонски прелази са циљем примене ових наноструктура у реализацији детектора и фотонских извора средњег и далеког инфрацрвеног дела спектра. Планирано је експериментално испитивање инјекционо спрегнутих FP-LD на бази зависности утицаја фреквенцијске раздешености и инјектоване оптичке снаге водећег ласера на одзив и фактор потискивања бочних модова пратећег ласера. У оквиру пројекта биће разматрани и полимерни фотодетектори и соларне ћелије на бази нанокомпозиата. У

оквиру истраживања интегрисаних оптичких таласовода биће анализирани "strip", "arrow", "ring" као и LOCOS таласоводи, са циљем постизања мономодности, мањег слабљења и веће конверзионе ефикасности. У оквиру разматрања приступних мрежа, посебно ће бити анализирани семи-транспарентне преносне и приступне пасивне оптичке мреже и њихов одговарајући квалитет сервиса кроз модел диференцираних сервиса. Истраживање транспортних мрежа биће оријентисано ка технологији WDMa и системима са оптичком пакетском комутацијом и комутацијом лабела.

Истраживаће се холографске методе испитивања сензора пошто имају инхерентне предности у односу на класичне оптичке методе. Холографију је могуће комбиновати са системима насталим у природи, као што је лептирово крило. Конкретно, крило лептира *Morpho Didius* може се користити као сензор електромагнетног зрачења широког спектра.

3.8 Област: Савремени материјали и технологије

У области савремених материјала и технологија разматраће се нови приступи проблемима заснивања квантне механике са аспекта примене у квантним технологијама и интерпретацијама сигнала различитог порекла. Посебно ће бити анализирани: (1) квантни модели отворених система и (2) ЕКГ корелати стања вегетативног нервног система. Предмет истраживања на првој теми је процес декохеренције и феномен квантне сплетености, са посебним нагласком на примену у различитим физичким и мултидисциплинарним контекстима (квантној хемији макромолекула, ћелија и биосистема, као и у анализи квантних информатичких канала). Предмет истраживања на другој теми је анализа ЕКГ сигнала и његове корелације са стањем вегетативног нервног система.

У области савремених материјала и технологија планира се развој функционалних наноструктурних и микроструктурних биоматеријала за примене у имплантатима и контроли доставе лекова. У оквиру ове области се издвајају два правца истраживања:

- Развој и имплементација физичке модулације синтезе и/или процесирања наноматеријала дејством електричних поља
- Дизајн и фабрикација интегралних јоноизмењивачких мембрана за примену у трансдермалној достави лекова јонтофорезом

3.9 Област: Медицинска и нуклеарна физика и техника

Актуелност проблематике одрживости физичких и функционалних карактеристика електротехничких и биолошких система у електромагнетној и радијационој средини увећана је растућим трендом глобалног радијационог оптерећења животне средине, трендом минијатуризације електронских компонената, као и садејством физичких и физиолошких система. Истраживања ће се вршити у контролисаним условима статичког и динамичког дејства зрачења. На тај начин ће бити могуће одвојено посматрање деструктивног ефекта апсорбоване дозе од функционалног утицаја електромагнетног зрачења. Сва испитивања одрживости карактеристика физичких и физиолошких система у електромагнетној и/или радијационој средини биће спроведена у циљу трајности и хармонизације односа између техносфере, биосфере и екосфере.

Циљеви истраживања у овој области усмерени су на предвиђање дугорочне перспективе даље минијатуризације електронских компонената, ограничења њихове примене и хармонизације њихових карактеристика у електромагнетној и радијационој средини; развој комплексних мерних система за дијагностику и предвиђање ефеката интеракције зрачења са физичким и физиолошким системима; испитивање последица и могућности заштите електронских уређаја од коинцидентног деловања електромагнетних поља и њима индукованих пренапона у жичаним структурама; успостављање напредних дозиметријских метода и мера заштите биолошких система у циљу смањења глобалног радијационог оптерећења.

Биће развијани и тестирани модели дистрибуције и динамике нагомилавања радиофармацеутика у циљу смањења дозе код емисионих техника сликања, тј. у нуклеарној медицини. Један од циљева биће одређивање укупне пацијентне дозе и дозе у појединим ткивима или деловима ткива помоћу мерених података добијених директно са детекторског система уређаја за медицинско сликање, као и помоћу саме реконструисане слике. Решавању проблема редукације пацијентне дозе код трансмисионих (радиографских) модалитета сликања приступиће се помоћу Монте Карло симулација читавог система - од извора јонизујућег зрачења, преко фантома пацијента, до детекторског система. Биће анализирана применљивост постојећих виртуелних фантома људског тела за прорачун дозе на новим мултимодалним уређајима. Применљивост симулационих модела биће верификована поређењем са реалним системима за медицинско сликање, при чему ће посебна пажња бити посвећена корелисаности дозе и слике, тј. радијационог ризика корелисаног са одређеном методом сликања и квалитета дијагностичке информације коју та метода нуди.

У свим сегментима истраживања посебна пажња ће бити посвећена изражавању мерне несигурности примењиваних експерименталних поступака. У ту сврху биће вршена истраживања мерне несигурности уопште и мерне несигурности конкретних, у оквиру истраживања, развијених комплексних мерних система и поступака.

Сва испитивања која ће бити спроведена у овој области омогућиће боље разумевање ефеката интеракције поља јонизујућег зрачења са пасивним и активним физичким и физиолошким системима.

Верификација експериментално добијених резултата биће вршена развијеним методама статистичке симулације уз примену одговарајућег нумеричког поступка (најчешће Монте Карло поступка). При томе ће се статистичке методе корелације и регресије бити коришћене на статистичким узорцима релевантних случајних променљивих у циљу дефинисања статистичке поузданости закључака донесених на основу реалних и нумеричких експеримената.

3.10 Област: Електроника

Један од праваца истраживања у области електронике односиће се на интеграцију уређаја и алгоритама у мрежној ресурсно и сервисно оријентисаној архитектури као и механизма за размену информација између мрежних чворова применљив код различитих жичаних и бежичних комуникационих технологија и мрежних топологија. Размена података између мрежних ентитета треба да буде енкапсулирана у оквиру унификованих компоненти које формирају *middleware* на системском нивоу. Компоненте *middleware*-а треба да буду реконфигурабилне у реалном времену и да подржавају различите форме путања података између једног или

више изворишта и једног или више одредишта. Резултати треба да буду применљиви у развоју различитих хијерархијски организованих дистрибуираних мрежних система за рад у реалном времену. Посебан фокус истраживања је на применљивости решења на платформама са ограниченим ресурсима што би омогућило интеграцију једноставних и енергетски ефикасних наменских рачунарских система (енгл. *embedded systems*) у оквиру Интернета ствари (енгл. *Internet of Things – IoT*). Истраживаће се могућности интеграције рачунарских мрежа које нису базиране на *Ethernet* или *Wi-Fi* технологији на Интернет мрежу.

На путу још шире примене Интернета ствари (*Internet of Things - IoT*) и 5G комуникационих системима треба решити већи број проблема, између осталог и: ограничен пропусни опсег комуникационих путева, посебно значајан када је повезан велики број уређаја; безбедност преношеног садржаја и безбедност уређаја; потрошња енергије и напајање и др. У циљу решавања наведених проблема планирају се активности на проучавању и усавршавању хардвера и софтвера IoT и 5G система у циљу оптимизације комуникационих функција, повећања безбедности и смањења потрошње. При томе, рачуна се на проучавање и примену следећих технологија: унапређена видео компресија и редуковање битне брзине; унапређена аудио компресија и редуковање битне брзине; нове методе кодовања, потврде идентитета (*authentication*), детекције и корекције грешака и др. Практични правци решавања неких од напред наведених проблема односиће се на развој и пројектовање нових интегрисаних примопредајника за 5G мобилну телефонију и интегрисаних примопредајника за аутомобилске радаре у милиметарском опсегу учестаности. Најновија генерација мобилне телефоније, 5G, предвиђена је да ради у неком од слободних милиметарских опсега учестаности, 28 GHz, 38 GHz, 60 GHz, 77 GHz, и треба да има широк пропусни опсег за ефикасан пренос података, слика и филмова. Радари побољшавају сигурност и пружају комфор приликом вожње, служе за избегавање судара и детектовање пешака, мониторинга линија на коловозу и као помоћ при паркирању. Радари се најчешће реализују у 60 GHz и 77 GHz опсегу учестаности. За обе примене постоји велика потреба за развојем погодних архитектура које ће бити спектрално и енергетски ефикасне. Већина прототипова данашњих 5G система је развијена у комбинованој интегрисано-дискретној технологији и потребни су додатни напори да се развију ефикасне конфигурације интегрисаних предајника, нарочито појачавача снаге. У области милиметарских таласа до изражаја долазе дистрибуиране карактеристике активних и пасивних аналогних и РФ кола и нежељена интерференције аналогних и дигиталних сигнала и зато је прави изазов развој интегрисаног аналого-дигиталног примопредајника за 5G мобилну телефонију и аутомобилске радарске системе.

Захваљујући значајним предностима у односу на класичне методе преноса TV сигнала, пренос TV сигнала помоћу Интернет протокола (*Internet Protocol Television - IPTV*) се све више користи са тенденцијом да постане доминантна технологија за пренос мултимедијалног садржаја. Да би то и практично било могуће потребно је даље радити на оптимизацији IPTV система, посебно пријемника видео сигнала, комуникационе инфраструктуре, клијент уређаја (*set-top box*) и мобилних уређаја као што су мобилни телефон, таблет и др., што ће представљати један правац научноистраживачких активности у области Електронике.

Истраживањима у области примене савременог концепта сајбер-физичких (енгл. *Cyber-Physical*) система у организацији, праћењу и контроли производних процеса у такозваним фабрикама будућности биће посвећена посебна пажња. Сајбер-

физички системи заузимају важно место у наредној фази развоја наменских рачунарских система и у себе укључују и већ прихваћене *IoT* технологије. Резултати истраживања ће бити коришћени при имплементацији праћења и контроле одабраних индустријских процеса. Истраживање ће обухватити студирање архитектуре целокупног система, пројектовање и имплементацију појединачних компоненти система и пројектовање софтверских модула који се ослањају на *Cloud* базиране центре за обраду података.

На путу бржег увођења у праксу и шире примене бежичних сензорских мрежа стоји већи број питања, између осталог и проблеми везани за напајање и аутономију сензора. Због тога ће овом питању бити посвећена пажња кроз истраживања и развој интегрисаних електронских кола за аутономно напајање бежичних сензорских мрежа. У оквиру овог истраживања биће коришћена соларна енергија и енергија вештачког осветљења, механичка енергија, односно енергија вештачких вибрација и покрета, електромагнетска РФ енергија, енергија на бази разлике температура, енергија микроорганизама (*Microbial Fuel Cells*), биљака или животињских организама, укључујући и човека. Методи конверзије енергије за напајање сензорских мрежа који ће се користити су: електромагнетски, пиезоелектрични или електростатички, а по потреби ће се за складиштење енергије у сензорском чвору користити суперкондензатори. У зависности од расположиве енергије сензорског окружења биће коришћен један или више комбинованих извора енергије, а у циљу добијања максималне корисне снага радиће се на усавршавању одговарајућих *MPPT*(*Maximum power point tracking*)алгоритама. Као резултат ових истраживања планира се развој програмабилна аналогно-дигитална *CMOS* интегрисана кола у потпразном режиму рада са ултра-малом сопственом потрошњом.

У оквиру области Електроника биће спроведено истраживање у вези са имплементацијом достигнућа и метода из области дигиталне обраде слике у аутоматизацији индустријских процес. Развоје технологије и достигнућа из различитих области електронике и рачунарства омогућавају да се многе, већ одавно познате методе за дигиталну обраду слике, имплементирају у реалном времену. То омогућава и њихову примену у аутоматизацији реалних индустријских процеса. Под кључним технологијама које омогућавају рапидни развој се подразумевају модерне интернет комуникације, *Cloud Computing*, паралелно процесирање на графичким процесорима и машинско учење. Циљ истраживања је да се кроз анализу више типичних индустријских процеса моделује општа архитектура комплексног система базираног на наведеним технологијама у чијем центру је машинска визија. Истраживање ће обухватити и прилагођавање опште архитектуре на неколико конкретних индустријских процеса, што ће обезбедити валидацију модела у реалним условима као и рад на прилагођавању алгоритама дигиталне обраде сигнала за имплементацију у савременим програмабилним логичким колима.

Посебна пажња у области електронике биће посвећена истраживањима која су везана за пројектовање интегрисаних кола. Значајне активности у овој области односиће се на развој и адаптацију алгоритама за дигиталну обраду сигнала и слике, као и криптографских алгоритама, који су погодни за хардверску имплементацију на *FPGA* платформама. Неки од ових алгоритама су рачунски врло комплексни и софтверска имплементација није погодна за рад у реалном времену, па је идеја да се изврши њихово прилагођавање за хардверску имплементацију. У зависности од материјалних могућности, планира се и *ASIC* имплементација једног или више поменутих система у некој од савремених расположивих технологија за израду

интегрисаних кола. Такође, планира се рад на и имплементацији постојећих контрастних, корелационих и комбинационих алгоритама за праћење покретних објеката сниманих са покретне камере, у циљу ефикасног извршавања на процесорским платформама са више језгара. Пошто је у оваквим применама количина података која треба да се обради у реалном времену велика, потребно је идентификовати уска грла у алгоритмима и софтверским имплементацијама. Након тога, биће потребно истражити могућност имплементације дела алгоритма који представља уско грло у FPGA акцелераторски хардвер.

У оквиру области Електроника спровешће се истраживање могућности примене савремених информационих и комуникационих технологија у системима мерења и надзора. Вршиће се проучавање и развој хардверских и програмских метода за компензацију несавршености сензора, обраду мерних сигнала и побољшање тачности електронске инструментације и мерних система. Биће вршено и проучавање могућности примене концепта *IoT* у системима мерења и надзора коришћењем постојеће Интернет инфраструктуре и сервиса расположивих *IoT* платформи, као и проучавање могућности примене програмабилних система на чипу у системима мерења и управљања.

Практичним аспектима аквизиције података и специјалној инструментацији биће посвећена пажња кроз усавршавање хардверске основе система за мерење температуре елемената електроенергетских система и усавршавање алгоритама за обраду мерних сигнала и софтвера за статистичку анализу базе података мерених резултата. Вршиће се анализа и реализација високонапонских мултирезонантних индуктивно спрегнутих кола са нестационарним концентрисаним и расподељеним параметрима и развој система за оптичку анализу појаве електричних пражњења и короне помоћу мултиспектралног система камера и оптичких детектора, у опсегу од ултраљубичстог до инфрацрвеног дела спектра. Планира се проучавање потенцијала које нуде нестационарни дигитални филтри синтетизованих применом Падеових апроксимација вишег реда и могућности њихове имплементације као и могућности ефикасне реализација полифазних филтара.

3.11 Области: Рачунарска техника и информатика и Софтверско инжењерство

Истраживања у оквиру области Рачунарска техника и информатика и Софтверско инжењерство бавиће се темама из више подобласти: интелигентни системи, рачунарска графика, мултипроцесорски системи, симулација и пројектовање дигиталних система, обрада података и пројектовање информационих система, рачунарске мреже, заштита података, заштита рачунарских система и мрежа, електронско пословање, базе података, пројектовање електронских наставних средстава и софтверских система за учење, интеракција између човека и рачунара, итд.

Поље вештачке интелигенције бави се дизајном и анализом аутономних система. Вештачка интелигенција пружа скуп алата за решавање проблема, који се много теже и мање практично решавају другим методама. Изучавање ове области укључује хеуристичке алгоритме за претрагу и планирање, формализме за репрезентацију знања и резонувања, технике машинског учења, методе које се примењују на проблеме као што су разумевање говора и језика. Примарни циљ истраживања у овој области је изучавање и имплементација специјализованог софтвера чија је сврха проналажење решења или отклањање одређених неизвесности при решавању проблема, за које би у нормалним условима морали бити консултовани

стручњаци, тзв. експерти за одређену област. Три теме које су посебно обухваћене истраживањем су фундаментална питања из области вештачке интелигенције, основне стратегије претраживања и знање засновано на резоновању. Осим алгоритама претраживања и закључивања, посебан акценат истраживања је стављен на примени Бајесових мрежа и генетских алгоритама.

Напредак у области вештачке интелигенције нуди и могућности развоја електронских здравствених система који могу одговорити све већим захтевима, трошковима и људским ресурсима условљеним старењем популације, повећаним захтевима пацијената, променама услова живота и општим технолошким напретком. У свету је имплементирано више електронских здравствених система који се базирају на базама знања и машинском алгоритамском закључивању. Други приступ користи вештачку интелигенцију која се базира на машинском учењу и нуди боље перформансе. Проблем са тим приступом је у томе што такви системи не нуде лекарима објашњење и разлоге конкретног закључивања. Стога лекари са великом резервом користе такве системе за дијагностику. Главна идеја овог истраживања је развој система који представља синергију оба приступа, чиме се могућности машинског учења комбинују са алгоритамским закључивањем које лекарима нуди правила и разлоге на основу којих је закључак донет. Клинички протоколи представљају основу која се надограђује моделом учења из података. Истраживање обухвата и развој специфичне *big data* архитектуре прилагођене овом концепту.

Једна од подобласти истраживања које припадају вештачкој интелигенцији је и обрада природних језика. До сада су развијани напредни алгоритми за одређивање семантичке сличности кратког текста како за енглески језик, тако и за српски језик и њему сличне језике. Планиран је наставак истраживања у овом смеру употребом и развојем језичких модела, експертских база знања и речника, као и напредних NLP алата. Такође, документи као што су чланци у часописима, књиге, текстови са личног блога итд. могу идентификовати одређене области интересовања или експертизе. На основу ових докумената могуће је направити профил особе која је њихов аутор. Профил се састоји од различитих области где сваку област сачињава скуп речи, при чему свака реч припада датој области са одређеном тежином. Из тог разлога развијани су статистички модели и алгоритми за профилисање корисника (научних радника) на основу публикованих научних радова, на чијем усавршавању ће се даље радити. Захваљујући напретку Интернет технологија и огромној популарности социјалних мрежа, једна од области која поприма све већи публицитет научних радника и инжењера су системи за интелигентну обраду и рутирање питања. Из тог разлога планиран је развој једног оваквог система у чијем правцу ће се наставити даља истраживања. У домену обраде природног језика радиће се на примени алгоритма *cross-level semantic similarity* (CLSS) за српски језик, као и на реализацији *Semantic Code Search* метода и за те сврхе ће бити реализована два скупа аотираних података, који су први такви скупови података код нас.

Једна од области истраживања се односи на савремене мултипроцесорске системе и њихове програмске моделе. У оквиру тога разматрана је примена графичких процесора као процесора опште намене у различитим областима. Са становишта архитектуре и организације ових процесора разматрана је њихова еволуција и будући трендови развоја, и спроведено одређена анализа меморијске хијерархије. Меморијска хијерархија графичких процесора је сложена и другачија од традиционалних и знатно може утицати на перформансе апликација. Тренутни меморијски модел не подразумева конзистенцију и кохеренцију кеш меморија, те се планира истраживање

које би омогућило увођење неког од модела конзистенције у меморијску хијерархију графичког процесора. На пољу алгоритама су спровођена истраживања која се тичу сортирања података, обраде звука и слике на различитим технологијама које су подржане на графичким процесорима, а на тим истраживањима ће рад бити настављен и убудуће. Из области програмских модела, више пажње ће бити поклоњено моделима који омогућавају програмирање директивама, попут OpenACC директива и сличних.

Део истраживања у подобласти рачунарске технике и информатике бави се алгоритмима за оптимизацију, подршку при одлучивању, примену вештачке интелигенције у системима који пружају интероперабилност, безбедност и лако управљање подацима сакупљеним путем мрежа хетерогених сензора. *Data mining* стратегије ће бити коришћене за екстракцију скривених знања из тих података, као и за препознавање семантике слике и процеса повезивања визуелних репрезентација са семантички одговарајућим текстовима.

Предвиђена је и реализација функционалних софтверских пакета за симулацију дигиталних система на основу детаљно развијене методологије поступака и операција. Симулатори би омогућили праћење рада система са уграђеним електронским дигиталним компонентама који би извршавали скуп примера дефинисан унапред или задат од стране корисника и који имају интеракцију са корисницима, али и могућност вршења одређених модификација. Реализовани симулатори би могли да се користе за детаљно и ефикасно пројектовање, тестирање и симулирање дефинисаних дигиталних система. Основне особине развијених симулатора би биле: независност извршавања, паралелно и дистрибуирано извршавање, могућност укључивања спољашњих компоненти, реконфигурабилност, интернационализација система, као и ефикасан преглед резултата током и на крају симулације. На овај начин симулатори би пружили могућност да се већ готове компоненте укључе у пројекат на ефикасан и флексибилан начин, а тиме би се помогло пројектантима у разумевању начина функционисања појединих електронских дигиталних компоненти и уређаја. Проширљивост новим компонентама омогућило би креирање симулација система са више језгара и са различитим организацијама меморијског подсистема. Тако би се омогућило експериментисање и тражење оптималних решења у случајевима захтевнијих обрада веће количине података, попут оних које постоје код дигиталне обраде видео сигнала у реалном времену.

Истраживање у подобласти моделовања и развоја сложених хардверских и софтверских система примењено је на нови концепт и дизајн контролора фискалних уређаја, као специјалног *embedded PC* рачунара. Предложени систем групише делове у три целине: обезбеђује шифровану комуникацију, онемогућава недеструктивно отварање кућишта и спречава могуће злоупотребе при регистрацији и чувању трансакција артикала без употребе механичке заштите. Вишеслојна софтверска архитектура развија се коришћењем *Model Driven Development* технологије и базира се на *XML*-у и веб сервисима, а предвиђање и откривање нерегуларности омогућава експертски систем сервера пореске управе и ревизорских послова.

У подобласти база података и информационих система предложени су нови поступци за проверу сличности концептуалних и логичких модела релационих база података. У случају концептуалних модела предложен је нови поступак заснован на употреби формалне анализе концепата, док ће у случају логичких модела акценат бити стављен на обједињавању начина на који се посматра сличност декларативног и манипулативног аспекта тог модела. Такође, у овом истраживању циљ је да се

прикажу поступци трансформације формалних упитних језика како би могли бити обрађивани на исти начин као и упити стандардног упитног језика. Поступци провере сличности концептуалних модела могу бити проширени поступцима обраде природног језика, који би на основу описа, односно текста проблема, формирали модел ентитета и односа, који би био употребљен за проверу исправности одговора студената, у интерактивном систему у настави из база података. Принципи интерактивне провере сличности, иако тренутно употребљени у домену образовања, у даљем истраживању могу бити прилагођени потребама алата које би инжењери користили у свакодневном раду са базама података. Такав алат би имао предност у односу на остале алате због свог интегралног приступа провери сличности концептуалних и логичких модела. Корисник алата би у сваком кораку могао да разрешава по један конфликт и тако постепено конвертира ка крајњем моделу.

Електронска наставна средства и софтверски алати за учење, вежбу, самотестирање и тестирање у групама су један од истраживачких праваца у наредном периоду. Бројни резултати су већ постигнути у ранијим годинама истраживања, а планира се интензивирање истраживања у овој области, од којих се очекују не само теоретски већ и практични резултати. Посебан фокус је на аутоматизацији састављања тестова применом метода машинског учења и инжењеринга знања. Такође, планира се интензивно истраживање и изучавање постојећих формулација проблема аутоматског састављања паралелних тестова, као проблема комбинаторне оптимизације, као и (мета)хеуристичких решења овог проблема. Ово истраживање треба да резултује у прегледном раду који би се објавио у часопису са „импакт фактором“. На основу резултата овог истраживања планира се предлагање нових метода аутоматизације састављања паралелних тестова, заснованих на постојећим формулацијама проблема, али уз примену (мета)хеуристика које до сада нису примњеване.

Планови истраживања обухватају развој низа наставних средстава која се заснивају на образовним играма. У питању су друштвене и индивидуалне видео-игре у којима се комбинују елементи конвенционалних 2Д и 3Д видео игара са квизовима знања.

У области заштите података и заштите рачунарских система и мрежа истраживања се крећу у неколико различитих праваца: 1) детекција и карактеризација различитих врста малициозног понашања и напада на рачунарске системе. Ова истраживања укључују анализу података генерисаних у експерименталним или реалним окружењима и/или јавно доступних скупова података који описују различите примене рачунарских протокола, механизма и услуга (нпр. у оквиру прелиминарних истраживања: веб апликације, DNS, ботнети) и детекцију напада методама машинског учења или вештачке интелигенције, 2) Реализација механизма за заштиту од напада преко мреже коришћењем различитих алата, укључујући и програмабилне мрежне уређаје, 3) Анализа и примена у пракси нових криптографских механизма (пост-квантни алгоритми, алгоритми хомоморфне енкрипције и слично). Са једне стране нови криптографски алгоритми ће постати нужни са развојем квантних рачунара јер ће део алгоритама који се данас користе постати бескорисни, а са друге стране неки од нових алгоритама пружају ефикасна решења у заштити података о личности у рачунарским системима. Посебан фокус у оквиру овог правца истраживања је на коректној и ефикасној примени нових криптографских механизма. 4) Методологија, алати и механизми пројектовања безбедног софтвера. Биће креирана окружења која омогућавају безбедно истраживање у овој области, са циљем тестирања постојећих решења, као и осмишљавањем нових.

У сврху истраживања спречавања напада на рачунарске системе, планирано је пројектовање система који би омогућио рад у симулационом окружењу са ситуацијама које приближно одражавају реалне нападе. Овакав систем би се могао користити за обуку свих релевантних учесника у информационој сигурности. Такође ће се радити на методама детекције аномалија у структури мрежног саобраћаја. Аномалије представљају неуобичајено стање које одступа од нормалног понашања, што често указује на сигурносне претње. Користиће се методе рачунања ентропије, машинског учења и посебно развијене хеуристике не само ради детекције аномалија, већ и у циљу њихове класификације. Практична реализација ће се пилотирати на стварном саобраћају унутар Академске мреже Србије.

Део истраживања у подобласти рачунарске технике и информатике се бави интеракцијом човека и рачунара са фокусом на програмирање интерфејса који корисницима омогућавају нове начине комуникације са рачунарима. Посебан акценат је стављен на проучавање система у области интеракције човек-рачунар у окружењу дневне собе са дигиталним ТВ пријемницима и мобилним уређајима. Развијена је софтверска платформа која пружа програмску подршку за ефикасан и униформан развој дистрибуираних апликација у интегрисаном окружењу дигиталних ТВ пријемника, мобилних уређаја и интернета. Оваква платформа би требало да помогне истраживачима у области интеракције човек-рачунар да на једноставан и брз начин креирају нове апликације које нуде различите комбинације сценарија интеракције човек-рачунар у интегрисаном окружењу.

3.12 Област: Телекомуникације

Истраживања у оквиру Лабораторије за развој информатичких технологија ће се бавити истраживањем и развојем Интернет рутера високог капацитета. У наредном периоду, планира се имплементација скалабилне и агилне резервације капацитета кроз Интернет мрежу. Конкретно, имплементираће се и интегрисати RSVP, MPLS, OSPF-TE протоколи у оквиру XORP платформе отвореног кода, могуће и у оквиру других платформи. Наше решење ће бити скалабилније од постојећих због нове структуре лукап табеле коју предлажемо. Друго решење ће се засновати на новом протоколу за рутирање који смо развили у претходном периоду, LB-SPR (Load Balanced Shortest Path Routing). LB-SPR постиже максимални проток за задати саобраћај нодова чија је матрица усмерености произвољна, и омогућава скалабилне и агилне резервације капацитета јер се оне врше само на крајњим рутерима. На крају ћемо упоредити перформансе резервација капацитета са различитим варијантама TCP транспортног протокола у контексту великих дата центара.

Биће испитивани и други механизми у рутерима који обезбеђују тражени квалитет сервиса. На пример, анализираће се перформансе различитих алгоритама за одбацивање пакета у Интернет рутерима и испитати како ови алгоритми утичу на поједине токове. Наш предложени алгоритам, OPF (Oldest Packet First) биће упоређен са постојећим решењима. Потенцијал нашег алгоритма јесте једноставност његове имплементације, и правичност коју постиже. Такође ће бити интегрисана контролна равна и равна података за мултикаст протокол који специфицира слање пакета од једног извора ка више дестинација.

Поред тога предмет истраживања биће и мултисервисна платформа за пренос TDM и пакетских сигнала која је базирана на OTN технологији. Платформа подржава мултиплексирање по таласним дужинама као што је DWDM и ROADM према ITU-T

стандарду G.694.1. Подржане су и Carrier Ethernet функције које Етернет сервисе допуњују гарантованим квалитетом преноса и поузданим механизмима за управљање. Главни циљ овог истраживања је развој мултисервисне платформе OTN10/40/100G која ће по принципу “All in one system” садржати све интерфејсе: PDH (2Mbit/s), SDH (STM 16/4/1), Етернет (FE,1GbE,10GbE) на клијентској страни и OTN 10Gbit/s и SDH STM 64 на линијској страни. У делу пројекта који се изводи на факултету биће посебно размотрена могућност примене заштитних кодова у систему за пренос. Поред овога, планира се развој софтвера за управљање који ће преко сервер-клијент архитектуре и SNMP протокола омогућити управљање на нивоу уређаја и мреже уређаја а биће развијени и модули за DWDM мултиплексирање и ROADM реконфигурабилно додавање/издвајање таласних дужина. Биће дефинисана и проширивост платформе на OTN протоке 40 и/или 100 Gbit/s.

Предмет истраживања ће бити и напредне технике за ефикасно коришћење спектра у бежичним системима са аспекта примене у когнитивном радију (*CR Cognitive radio*). Концепт CR представља нови приступ ефикасног коришћења спектра и тренутно је предмет интензивних истраживања у свету. Заснива се на томе да бежична мрежа или чворови у бежичној мрежи осматрају стање тренутне заузетости спектра и прилагођавају параметре преноса тренутном заузетости спектра што подразумева могућност коришћења лиценцираних опсега од стране нелиценцираних корисника. Фокус истраживања је на техникама за *spectrum sensing* и динамичку алокацију спектра (*spectrum management*) у CR и на побољшању перформанси постојећих спектрално-ефикасних техника преноса (MIMO, MB OFDM, импулсни и MB-OFDMA UWB системи) и њиховој примени у CR.

Циљ овог истраживања је развој нових техника за широкопојасни колаборативни просторно-фреквенцијско-временски *spectrum sensing*, идентификацију информационих канала, детекцију и идентификацију параметара сигнала и нових техника за динамичку алокацију спектра на бази ове технике *spectrum sensing* и унапређење перформанси и примена мулти-банд варијанти спектрално-ефикасних техника преноса у CR. Претпоставља се да се *spectrum sensing* врши коришћењем сензорске мреже као у систему *Sendora*. Кључни резултат овог истраживања је практична реализација технолошког демонстратора CR на бази развојних FPGA платформи који се састоји од више примарних корисника, дистрибуиране сензорске мреже која врши колаборативни *spectrum sensing* и динамичку алокацију спектра и когнитивног радио линка са имплементираним спектрално-ефикасним техникама преноса. На технолошком демонстратору биће тестирани у реалном окружењу нови алгоритми развијени у оквиру истраживања.

Планирана су и истраживања и развој робусних система за пренос података као дела система за даљински надзор и управљање (енгл: *monitoring and control systems—MCS*). Реч је о широком спектру MCS (пренос и дистрибуција електричне енергије, дистрибуција нафте и гаса, аутоматизација производних процеса дислоцираних на великим површинама, управљање саобраћајем...) за које није потребан масован пренос информација са великим протоцима, већ напротив, робустан пренос података малим брзинама заснован на комуникацији релативно кратких пакета података. У овом сегменту, истраживање ће разматрати ускопојасни бежични (енгл: *wireless*) пренос заснован на усмереним радио везама и пренос преко водова за дистрибуцију електричне енергије средњег и ниског напона (енгл.: *power line communication—PLC*). Поред наведеног, ово истраживање ће разматрати унапређење постојећег система за пренос специфичних сигнала заштите (дистантна заштита) у мрежи за пренос

електричне енергије као и развој нових система овог типа који интегришу функције дистантне заштите и класичног преноса података; реч је о системима који као преносни медијум користе посебна оптичка влакна (енгл.: optical ground wire—OPGW) у власништву компанија за пренос електричне енергије. У наведеним оквирима, циљ пројекта је развој и имплементација нових система за пренос података који ће бити довољно робусни у односу на екстремне вредности сигнала интерференције и високе нивое сметњи и шума у амбијенту MCS. При томе, биће извршена анализа постојећег стања развоја wireless и PLC технологија за MCS, уз дизајн и анализу одговарајућих модела wireless, PLC и PLCC комуникационих канала. Посебна тема овог рада биће истраживање, развој и имплементација (развој базе алата за дигиталну обраду сигнала, симулационог модела и оригиналне платформе за дигиталну обраду сигнала) различитих техника процесирања сигнала у дигиталним системима преноса. Развој система за надзор и управљање у системима преноса за MCS представљаће такође посебну тему пројекта на коме ће се радити.

Радиће се и на развоју нових висококвалитетних кристалних јединки високе стабилности и високог фактора добротe. Развијаће се и реализовати кристални осцилатори високе стабилности и прецизности фреквенције, са побољшаним карактеристикама у погледу фазног шума, за примене у референтним такт генераторима за синхронизацију времена и фреквенције. Радиће се на развоју и реализацији кристалних филтара високе селективности и равномерне амплитудске карактеристике у пропусном опсегу, за специјалне намене, а по захтеву корисника. Уређаји и компоненте који ће бити резултат истраживања се не могу реализовати у аутоматизованом индустријском поступку и мало институција у свету могу да произведу те компоненте. Реализација осцилатора и филтара је предвиђена за уградњу у стандарде фреквенција познатих произвођача лабораторијске опреме за испитивања у временском и фреквенцијском домену. Корисници резултата истраживања биће пре свега иностране фирме, мада ће се користити и код нас.

У складу са плановима за развој дигиталног јединственог тржишта (Digital Single Market DSM) и развојем технологија које ће пружити подршку DSM, планирају се опсежна истраживања везана за интернет ствари (Internet of Things, IoT) и интернета следеће генерације. Основна мрежна технологија у IoT ће бити 5G и један део истраживања ће бити везан за доношење скупа стандарда којим ће бити дефинисан рад ових најновијих мобилних система. Посебна пажња у будућим истраживањима биће посвећена повећању енергетске ефикасности интернета следеће генерације, односно побољшањима архитектуре мрежа које избегавају фрагментираност постојећих решења. Истраживања ће бити заснована на идеји софтверски дефинисаних мрежа, односно рачунарства у облаку (IaaS - Infrastructure as a Service, PaaS-Platform as a Service, SaaS- Software as a Service) као решења за поједине делове телекомуникационих мрежа.

3.13 Област: Техничка акустика

У области техничке акустике планирано је да се истраживања у наредном периоду одвијају у неколико праваца. Први правац је истраживања у области интеграције и хармонизације система звучне изолације у стамбеним зградама, посматрајући при томе интегрално методе за звучну и топлотну изолацију. Ова истраживања ће се одвијати у сарадњи са Архитектонским факултетом Универзитета у Београду, а спровешће се су конципирана као део ширег истраживања у европској акцији COST TU0901 чији је наслов “Integrating and Harmonizing Sound Insulation Aspects in Sustainable Urban Housing Constructions”. Основни циљ акције јесте европска

хармонизација дескриптора који се користе за исказивање квалитета звучне изолације у стамбеним зградама. Планирано је да се проблему звучне заштите приступи на нови начин, полазећи од истраживања из домена психоакустике. Резултати би били уграђени у европске норме које дефинишу област звучне изолације, а тиме и у српске норме. Увођење нових критеријума топлотне заштите у зградама, диктираних принципима енергетске ефикасности, увешће потребу за интервенцијама у зградама зиданим када нису постојали никакви критеријуми за термичку и звучну изолацију. Та чињеница чини рационалним оптимизацију метода и техничких средстава за топлотну и звучну заштиту који ће се у њима примењивати. У том контексту, постављени циљ пројекта је развој техничких решења за интегрисано побољшање звучне и топлотне изолације у постојећим стамбеним зградама која се могу на одржив начин применити, с обзиром на њихове архитектонске и грађевинске особине. У области говорних комуникација радиће се на истраживањима различитих модалитета у говорној експресији као што су емоције, шапат и патологија, имајући у виду акустичке, артикулационе и когнитивне приступе. У оквиру говорних технологија разматраће се могућности примена различитих техника и алгоритама за препознавање ових модалитета, као и њихове примене у комуникацији човек-рачунар (у ASR и TTS системима), у логопедији и форензици (препознавању говорника). Посебан правац истраживања биће посвећен побољшању квалитета говорне комуникације у домену обраде сигнала.

Трећи правац ће чинити истраживања у области звучне заштите. У тој области истраживачки рад ће бити усмерен на примену акустичке камере (која је у фази набавке у оквиру куповине капиталне опреме за пројекте Министарства), и то пре свега у домену звучне изолације у зградама. Такође ће се радити на развоју софтверских алата за прорачун звучне изолације, као и на прикупљању и анализи података о стању буке у животној средини и израде акустичких мапа буке. Најзад, четврти правац истраживања ће бити у области примене физичких модела за предикцију стања у звучном пољу. Радиће се на развоју методологије мерења на оваквим моделима и на изради нових алата за реализацију ових мерења.

3.14 Област: Електромагнетика, антене и микроталаси

Генерални циљ истраживања у оквиру области Микроталасне технике је развој метода, алгоритама и софтвера за робусну прецизну и ефикасну анализу комплексних и електрички великих електромагнетских (ЕМ) система, као и алгоритама и метода у оквиру микроталасног формирања слике и карактеризације материјала. Овакав развој обухвата симулације и пројектовање RF подсистема (нпр. антена, расејача и микроталасних кола) који су од интереса и у истраживањима, и у индустријским применама, као што су ЕМ сензори, антенски системи и низови на летелицама. Кључни очекивани резултати су софтверске компоненте које је могуће уградити у WIPL-D софтверски систем, који користи алгоритме и моделе RF подсистема и микроталасних уређаја. Поред тога, резултати су и лабораторијски прототипови, заједно са одговарајућим мерењима, који служе за потврду алгоритама и модела. Посебни циљеви пројекта су формулисани именима три фазе које се раде у паралели: (1) Нумеричке методе за брзу и прецизну анализу комплексних и електрички великих електромагнетских система, (2) Анализа електромагнетских система, сензора и сензорских сигнала у временском и фреквенцијском домену, и (3) Пројектовање микроталасних активних и пасивних компоненти (појачавача, филтара, мемристорских кола, итд.).

3.15 Област: Мултимедијалне телекомуникације

Област мултимедијалних телекомуникација је, захваљујући наглом развоју видео технологија, као и увођењем технологије интернета ствари, постала веома значајна као подршка апликацијама које за основни циљ имају побољшање услова живота. Сматра се да ће развој IoT добити значајан подстрех у областима као што су контрола саобраћаја, телемедицина, савремена пољопривреда, заштита околине и сл. Стога се планира развој обрада различитих врста једнодимензионих и вишедимензионих сигнала, односно претраживања великих база слика, аудио секвенци и других података.

Битске брзине секвенци видеа, аудио и метаподатака и одговарајућа величина датотека сачуваних података већ су постали огромни и онемогућавају једноставно руковање, испоруку, управљање и проналажење. Истовремено, видео, аудио и аквизициони системи са метаподацима генеришу податке у различитим форматима за компресију и контејнер. Постојећи контејнер формати типично подржавају ограничен број типова секвенци, као и ограничен број кодека.

Многи постојећи IPTV системи имају типично нефлексибилан дизајн који не дозвољава хоризонталну интеграцију функционалности и података, за разлику од модуларног и дизајна са додацима. У прошлости, многи медији за пренос секвенци били су дизајнирани са намером да задовоље специфичне потребе без могућности да буду интероперабилни или да се модификују у току рада. Да би се IPTV клијентима пружиле коректне и релевантне информације што брже, потребно је развити оквир са спољним интерфејсима за улазне системе, алгоритме за компресију и дистрибуцију.

Изазови оквира спадају у категорију интероперабилних питања и обухватају ставке као што су посредовање између формата са што је могуће мањим губитком информација и прављење интерфејса са алгоритмима за компресију, улазним системима и дистрибуционим системима као додацима. Додатно, такав оквир треба да буде скалабилан. Нови алгоритми, формати и извори података требало би да се лако додају. Скалабилност такође треба да се прошири тако да подржи веома сложене послове и велики број извора секвенци података.

Постоји континуирано интересовање за развој универзалног оквирног контејнер формата који може да мултиплексира, синхронизује и демултиплексира било који тип секвенце, чак и оне који су данас непознати, а да при том избегне сложено програмирање и промену стандарда, сваки пут када треба додати или избацити нови тип податка. Дакле, одговарајући нови скалабилни оквир треба да обезбеди улаз, процесирање и дистрибуцију било ког типа секвенце применом оквирног контејнер формата са робусном структуром графа, која подржава I/O и процесне додатке.

3.16 Област: Математичке методе у електротехници и рачунарству

У оквиру ове области радиће се на апроксимацији интегралних и диференцијалних оператора. Апроксимација функција, функционела и оператора чине главни део теорије апроксимација и основ за развој нумеричких и симболичких метода. У истраживању ће поред линеарних оператора бити третирани и проблеми са нелинеарним операторима у циљу решавања нелинеарних задатака. Прогрес у тежинској полиномској апроксимацији биће искоришћен за добијање ефикасних и стабилних метода за решавање одређених класа интегралних једначина, као и контурних проблема са диференцијалним једначинама. Биће даље развијена идеја о

конструкцији (нумеричкој) и анализи нестандартних квадратурних формула Гаусовог типа, у једној или више димензија, за неке специјалне фамилије линеарних оператора. Посебна пажња посветиће се решавању граничних и почетно-граничних проблема за парцијалне диференцијалне једначине. Најзад, алгоритми који буду развијени у истраживањима и на пројекту биће софтверски имплементирани, а неки од резултата конкретно примењени на проблеме у области телекомуникација, компјутеризоване томографије и финансијске и актуарске математике.

Предмет истраживања биће и одабране теме из теорије графова и математичког програмирања и неке њихове додирне области. Значајан део истраживања биће посвећен теорији спектра графова, структурној теорији графова, нелинеарном програмирању и глобалној оптимизацији. Обједињујућа дисциплина за теорију графова и математичко програмирање је комбинаторна оптимизација у којој ће пажња бити посвећена интеракцијама теорије спектра графова и семидефинитног програмирања. Обрађиваће се примене графова и њихових спектра у математичкој хемији, рачунарству и другим техничким дисциплинама. Примене у хемији укључују проучавање математичких особина молекулских структурних дескриптора, нарочито оних заснованих на спектрима и метрици графова. Примене у рачунарству се односе на структуру и претраживање интернета, мултипроцесорске мреже и квантно рачунарство. У свим областима значајна пажња се посвећује конструкцији алгоритама и проучавању њихове комплексности. У овим истраживањима значајну улогу игра развој и коришћење специјализованог софтвера.

Предмет истраживања биће и теорија регуларно променљивих функција са применом у физици, конкретније у изучавању космолошких параметара. Такође, космолошки параметри биће анализирани и коришћењем теорије динамичких система и теорије пертурбација

Планирана су и истраживања у области аутоматског резоновања. Циљ ових истраживања је да се докаже да није довољно само показати да је дата теорема, односно дато тврђење, тачно. Другим речима, није довољно само обезбедити коначан одговор "да" или "не", већ обезбедити детаљније информације о тачности неког тврђења, што свакако захтева даљу детаљнију анализу одговарајућег процеса и доказа. Један добар систем аутоматског резоновања ће обухватити технике и методе, не само за генерисање доказа, већ такође и за анализу и руковање доказима.

Радиће се истраживања и у области робусних статистичких метода (теорија и примене), посебно особине и могућности медијане у једној и више димензија, са применама у обради вишедимензионалних података у моделима финансијске математике. Планира се и израда монографије на тему теорије мере и њене улоге у теорији вероватноће и случајних процеса.

У оквиру ове области радиће се на развоју доказивача неких класа аналитичких неједнакости. Предмет истраживања биће и везан за линеарне системе, псеудоинверзне матрице и њихове примене у проблемима оптимизација. По питању оптимизационих проблема посебно ће се развити и геометријски приступи који ће се односити на примене мултифокалних кривих. За свепретходно наведене аспекте истраживања биће развијен и пратећи софтвер чиме ће се омогућити примена и на конкретне проблеме. Резултати биће реализовани у низу радова који ће бити објављени у часописима и на конференцијама. Такође у наредном периоду ова тематика биће саставни део будућих доктората асистената Катедре на

Математичком факултету и студената докторских студија Електротехничком факултету.

3.17 Област: Биомедицинско инжењерство и технологије

Научноистраживачки рад у области биомедицинске технике ће бити у домену неуралног инжењерства, развоја и примене мултимодалне биомедицинске инструментације и у домену анализе медицинске слике. Разматраће се теме које су повезане са развојем нових терапијских и дијагностичких система за примену у медицини, али и развој нових система заснованих на мерењу и анализи биосигнала и слике са применом у спорту, ергономији, психологији, маркетингу, биологији, уметности и другим областима.

Истраживања ће укључити развој нових: 1) система за мерење биомедицинских сигнала, с посебним освртом на бесконтактна мерења виталних сигнала и на мултимодалне носиве (одевне) системе, 2) метода за обраду биомедицинских сигнала и слика 3) мерних протокола у разноврсним сценаријима. Специфично, радиће се на развоју нових и унапређењу постојећих система за функционалну електричну стимулацију; за процену хода пацијената; за обраду слика са мултимодалних система за процену стања испитаника; за развој асистивних технологија; за мерење вољних и рефлексних активности; за визуелизацију и класификацију стања; за процену психофизиолошких стања, црта личности, индивидуалних биометријских карактеристика и/или когнитивних стања; за елиминацију шума у робусној квантификацији биомаркера; за препознавање свакодневних активности мобилним системима.

Ефекти асистивних система ће се појединачно али континуирано испитивати у контролисаним рандомизираним клиничким студијама, а посебно ће се пратити терапијски ефекти новодизајнираног хибридног мозак-рачунар система који омогућује појачано учење нових стратегија покрета. Асистенција омогућује да пасивизирани сензорно-моторни системи буду активирани управо применом асистивних система (функционална електрична стимулација - ФЕС) на основу можданих управљачких сигнала, а на начин који је налик активностима у здравом организму. Ново управљање ће укључити и интеграцију повратне спреге на бази виртуелне реалности и рачунарских игара који значајно помажу мотивисаност и подижу редовност учешћа у интензивној терапији.

Планирана су и претклиничка истраживања неуролошких обољења (у сарадњи са клиничким институцијама) с циљем предикције и класификације, а за потребе ових истраживања ће бити развијени нови аквизициони системи и методе квантификације електрофизиолошких сигнала.

Спровешће се и истраживања вербално-невербалне когнитивнопсихосоматске комуникације. Биће анализирани и психофизиолошки корелати неких психосоматских болести као и неких превентивно-терапеутских трансперсоналних психотерапија. Ово може бити од потенцијалног значаја за побољшање како говорно-емоционално-когнитивног развоја деце и њихових психо-лингвистичких функција, тако и за побољшање психосоматскокогнитивног стања одраслих.

Нове генерације хибридних система за медицинско сликање, тзв. мултимодални системи, омогућавају комбиновање информација на структурном и функционалном нивоу, посебно у домену неуроимидинга. У овом домену ће истраживања бити

усмерена ка развоју алата који омогућавају фузију података добијених различитим имиџинг модалитетима (PET, MRI, CT, SPECT), оптичким сликањем као и системима за аквизицију електрофизиолошких сигнала уз квантитативну процену, визуелизацију и валидацију постојећих и нових дијагностичких параметара.

3.18 План учешћа у међународним научноистраживачким програмима

У програму рада Универзитета у Београду - Електротехничког факултета у периоду до 2025. године је и проширивање међународне научне сарадње у оквиру Европског истраживачког простора, партнерства са новим европским научноистраживачким организацијама и то првенствено реализацијом постојећих и укључивањем Факултета у нове међународне научноистраживачке пројекте, посебно оне у оквиру актуелног Хоризонт Европа програма. То је нови програм Европске Уније за истраживања и иновације, који ће бити активан у периоду 2020-2027. године. Овај програм је дефинисан документом Европске уније од 26.6.2012. године под насловом „A European strategy for Key Enabling Technologies – A bridge to growth and jobs”. Централно место у новом програму заузимају кључне омогућујуће технологије (енг. Key Enabling Technologies - KET), за које се предвиђа да ће довести до битног напретка у економском развоју и раста запослености у Европској Унији. Укључивање Универзитета у Београду - Електротехничког факултета у овај програм ће омогућити проширивање знања, људских и инфраструктурних капацитета и потенцијала, са циљем повећања квалитета научноистраживачког рада и конкурентности Факултета у Европском истраживачком простору. Поред тога, наставници и сарадници Факултета ће наставити са подношењем предлога пројеката у оквиру међународних програма COST, Danube Regional Strategy, SCOPES, EUREKA, IPA CBC, EIT/Urban Mobility, Erasmus+ у свим областима научноистраживачког рада који се спроводи на Универзитету у Београду - Електротехничком факултету.

У прилогу се доставља:

1. Списак истраживача и области којима се баве (Прилог бр. 1.)
 2. Истраживачи ангажовани у изради докторских теза (Прилог бр. 2.)
- који чине саставни део Програма научноистраживачког рада.

У Београду, 3.2.2021. године

Декан и председник НН Већа

Проф. др Мило Томашевић