

# Izazovi biomedicinskog inženjerstva početkom 21. stoljeća

Prof. dr. sc. Ratko Magjarević

## Sažetak

Godinama pratimo gotovo nevjerojatan napredak u medicinskoj znanosti zasnovan na tehnološkom napretku u elektronici i strojarstvu, računalnoj znanosti te informacijskim i komunikacijskim tehnologijama (ICT). Primjena inženjerskih načela za istraživanje i na rješavanje problema u biologiji i medicini naziva se biomedicinskim inženjerstvom. Očekuje se daljnje širenje tehnologije u kliničkoj praksi i razvoj personaliziranog pristupa liječenju i postizanju individualnog zdravlja. Minijaturizacija elektroničkih osjetila, procesora i komunikacijske tehnologije omogućuje ugradnju mjernih čvorova posvuda po i u tijelu, generiranje ogromnih skupova podataka iz kojih se s pomoću umjetne inteligencije izvlače informacije značajne za cjelokupnu populaciju, prevenciju neželjenih tokova u životima, ali i individualni pristup svakom čovjeku uključujući i predikciju neželjenih događaja po zdravlje, odnosno individualizirano liječenje i rehabilitacija. Starenje svjetske populacije zahtijeva pronalaženje rješenja za dugotrajni samostalni život uz nastojanje da kvaliteta života ostane sačuvana. Sve više ljudi živjet će u pametnim kućama opremljenim raznim uslugama, uključujući i osjetila za neprestano praćenje stanja općeg zdravlja, mogućnošću redovitih neinvazivnih zdravstvenih pregleda i neinvazivnih postupaka liječenja. U predavanju biti će prikazana neka nova dostignuća biomedicinskog inženjerstva i prikazana očekivanja njegova razvoja u bliskoj budućnosti.

## Kratki životopis

Ratko Magjarević rođen je u Zagrebu 1959. g. Diplomirao je studij elektrotehnike 1982., magistrirao 1988. i doktorirao 1994. g. na Sveučilištu u Zagrebu. Akademsku karijeru proveo je na Sveučilištu u Zagrebu. 2011.g. izabran u zvanje redoviti profesor u trajnom zvanju. Područje znanstvenog interesa mu je u području elektroničkih mjerenja i instrumentacije te biomedicinskog inženjerstva i zdravstvene informatike. Istražuje i razvija metode i sklopovlje za višeparametarsko mjerenje fizioloških veličina zasnovane na mjerenju bioelektričkih potencijala, električke impedancije te položaja i pokreta, njihovu primjenu u mreži inteligentnih elektroničkih osjetila; utjecaj električkog polja i struje na biološke stanice i tkiva, te beskontaktno mjerenje parametara pogona i opterećenja strojeva i mehaničkih konstrukcija u građevinarstvu. Predaje na Fakultetu elektrotehnike i računarstva u Zagrebu, te u Stuttgartu, Trstu, Ljubljani i Bogoti. Sudjeluje na europskim projektima već 2002. (FP5, FP7, COST, TEMPUS, H2020). Vodio je projekt „*Tehnološka platforma za nove ICT strategije u terapiji i kontroli dijabetesa*“, financiran od Europskog fonda za regionalni razvoj. Objavio je više od 80 radova u časopisima i zbornicima konferencija, nekoliko poglavlja u knjigama i navoda u enciklopedijama, urednik je nekoliko monografija i *IFMBE Proceedings Series*. Održao je veliki broj pozvanih predavanja na značajnim međunarodnim konferencijama.

Aktivni je dužnosnik međunarodnih i nacionalnih znanstvenih organizacija. U Međunarodnoj federaciji medicinskog i biološkog inženjerstva (*International Federation for Medical and Biological Engineering – IFMBE*), izabran je za Predsjednika u mandatnom razdoblju 2012.-15. i ponovno za mandatno razdoblje 2021.-24.g. Član je *Hrvatskog društva za biomedicinsko inženjerstvo i medicinsku fiziku*, a od 2009. - 12g. obnašao je dužnost predsjednika. Godine

2014. primio je zlatnu plaketu "Josip Lončar" FER-a, priznanje Senata Republike Kolumbije za doprinos razvoju biomedicinskog inženjerstva, a 2013.g. izabran je za Počasnog senatora Sveučilišta u Ljubljani.

# Slikom vođene procedure i mogućnost primjena senzora u medicini

Prof. dr. sc. Marko Radoš

## Sažetak

Prikaz anatomije tijela na submilimetarskoj razini te u posljednjih desetak godina prikaz fizioloških procesa na milisekundnoj razini revolucionizirao je medicinu kao nikad do sada u povijesti. Dva temeljna fizikalna mehanizma leže u podlozi nastanka radiološke/anatomske i funkcionalne slike ljudskog tijela. Gustoća elektrona oko jezgara koje izgrađuju biološki sustav podloga je nastanka slike kod kompjutorizirane tomografije, a kod magnetske rezonancije magnetski moment nesparenih protona u jezgrama atoma (primarno jezgra vodika) i fenomen magnetske rezonancije omogućili su iznimno vjeran prikaz anatomije tijela. Korištenjem različitosti relaksacijskih osobina tkiva koja izgrađuju ljudsko tijelo danas imamo na stotine različitih sekvenci snimanja koje prikazuju različitost molekularnog ustroja svakog zdravog, ali i patološki promijenjenog tkiva. To je podloga iznimne primjenjivosti radiološko anatomskih slika u dijagnostici i u terapiji (Image guided therapy). Razvoj računalnih sustava u stereotaksijskoj radiokirurgiji također je revolucionizirao terapijski pristup posljednjih deset godina u onkologiji. Danas sve velike bolnice zapadne hemisfere posjeduju i u kliničkoj rutini svakodnevno koriste CybeKnife, Gamma Knife i slične uređaje koji temeljem medicinske (CT i/ili MR) slike provode terapijske procedure sa vrlo visokim precizno isporučenim dozama zračenja isključivo u tumorski proces štedeći zdravo biološko tkivo. Zahtjevi za preciznošću su sve veći kako se smanjuje debljina snimanog sloja. Danas smo na razini ispod 500 mikrona. Molekularni imaging sa hiperpolarizatorima najveći su izazov u narednom desetljeću. Očekuje se u narednim godinama brzi prodor različitih molekularnih markera koji će se putem biodistribucije ugrađivati u metaboličke procese zdravog/bolesnog ljudskog organizma, što će omogućiti njihovu detekciju i kvantizaciju. Da bi se ostvarili svi potencijali enormnog tehnološkog napretka i razvoja minimalno invazivne medicine, nužno će se u narednim godinama razvijati različiti senzori i minijaturni mjerači pojedinačnih funkcija koje će se u realnom vremenu prenositi u dijagnostički ili terapijski računalni sustav. Simbioza i sinergija medicinskog i inženjerskog znanja danas je neophodnija nego ikad prije.

Inspiracija prirodnim procesima i rješenjima danas je jedno od najbrže rastućih područja u biomedicini. Proučavanjem sustava kretanja, promjene smjera, lokalizacije, niza osjetila iz prirodnog asortimana kod bioloških vrsta danas izgrađujemo visoko kompleksne inženjerski sofisticirane modele na mikro i nano skali da bismo riješili kritične izazove razvoja ljudske civilizacije.

## Kratki životopis

Marko Radoš rođen je u Zagrebu 1963. g. Diplomirao je studij medicine na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Doktorirao je 2002. godine na Sveučilištu u Zagrebu. Akademsku karijeru proveo je na Medicinskom fakultetu Sveučilištu u Zagrebu. Područje znanstvenog interesa mu je neuroimaging i neurointervencija. Od 1999 godine nositelj je programa razvoja i primjene magnetske rezonancije u neuroistraživačkom programu hrvatskog instituta za istraživanje mozga. Uže područje interesa mu je neuroimaging i karakterizacija razvojnih faza fetalnog i novorođenačkog mozga. Tijekom posljednjih 15 godina nositelj je razvoja neurointervencijskih procedura u Republici Hrvatskoj. Uveo je u R. Hrvatsku

neurointervencijske procedure i sa svojim timom na KBC Zagreb uspostavio prvi sveobuhvatni neuroendovaskularni centar certificiran od strane Europskog udruženja za liječenje moždanog udara.

Predaje na Medicinskom fakultetu fiziologiju i anatomiju središnjeg živčanog sustava te Radiologiju na dodiplomskoj nastavi. Sudjeluje u postdiplomskoj nastavi iz radiologije te na doktorskom studiju neuroznanosti pri hrvatskom institutu za istraživanje mozga. Educirao se u nekoliko Sveučilišta (Njemačka, Švedska, SAD) Objavio je više od 140 radova u časopisima i zbornicima konferencija, a prema Google Scholar ima više od 1300 neovisnih citata, sudjelovao je pisanju nekoliko poglavlja u knjigama. Održao je niz pozvanih predavanja na značajnim međunarodnim konferencijama. Nositelj je i suradnik na nizu istraživačkih projekata pri hrvatskom institutu za istraživanje mozga. Jedan je od nositelja program istraživanja hipoksijsko-ishemijskih oštećenja mozga u centru izvrsnosti pri hrvatskom institutu za istraživanje mozga financiranom od strane EU fondova.

Aktivni je dužnosnik međunarodnih i nacionalnih znanstvenih organizacija.

## **Biomedicinsko inženjerstvo na Sveučilištu u Zagrebu**

Prof. dr. sc. Sven Lončarić

### **Sažetak**

Biomedicinsko inženjerstvo (BI) pomaže boljem razumijevanju fiziologije i strukture ljudskog tijela i razvoju novih medicinskih uređaja i kliničkih usluga koji pomažu zdravstvenoj struci u prevenciji, dijagnostici i liječenju bolesti, a biomedicinski inženjeri su ključni za istraživanje i razvoj, dizajn, nadzor, održavanje i sigurnost medicinskih uređaja, odabir, instalaciju i integraciju sustava medicinske informatike. Starenje društva, sve ozbiljnije kronične bolesti i rastući troškovi zdravstvenih sustava postaju globalni izazov. Tržišna vrijednost BI sektora u EU je 110 mlrd. €, sa 650.000 zaposlenih u 26.000 kompanija. U predavanju bit će dan pregled nastavnih i istraživačkih aktivnosti u području biomedicinskog inženjerstva na sastavnicama Sveučilišta u Zagrebu.

### **Kratki životopis**

Sven Lončarić redoviti je profesor u trajnom zvanju na Fakultetu elektrotehnike i računarstva (FER) Sveučilišta u Zagrebu. Diplomirao je 1985. godine i magistrirao 1989. godine na FER-u. Kao dobitnik Fulbrajtove stipendije 1990. godine započeo je doktorski studij na Sveučilištu u Cincinnatiju, SAD, gdje je doktorirao 1994. godine u području digitalne obrade slike. Od 2001.-2003. godine bio je profesor na Sveučilištu New Jersey Institute of Technology u Newarku, SAD. Područje njegovog istraživačkog interesa su digitalna obrada slika i računalni vid. Bio je voditelj više istraživačkih i razvojnih projekata u području obrade i analize slika uključujući primjene u medicini, automobilskoj industriji i vizualnoj inspekciji kvalitete u proizvodnji. Sa svojim doktorandima i suradnicima objavio je više od 200 znanstvenih i stručnih radova u međunarodnim časopisima i na skupovima. Među deset je najviše citiranih znanstvenika u području tehničkih znanosti u Hrvatskoj. Bio je predstojnik Zavoda za elektroničke sustave i obradu informacija FER-a. Osnivač je i voditelj Centra izvrsnosti za računalni vid na Sveučilištu u Zagrebu. Voditelj je istraživačkog laboratorija za obradu slike na FER-u. Predsjednik je Odbora za razvoj biomedicinskog inženjerstva na Sveučilištu u Zagrebu. Suvoditelj je nacionalnog Znanstvenog centra izvrsnosti za znanost o podacima i kooperativne sustave. Stariji je član IEEE. Redoviti je član Akademije tehničkih znanosti Hrvatske i tajnik Odjela za informacijske sustave. Prof. Lončarić je dobitnik više nagrada za znanstveni i stručni rad.

## **Biomehanika – stanje i trendovi razvoja**

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

### **Sažetak**

Na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu nekoliko istraživačkih skupina bavi se istraživanjima i rješavanjem tehničkih problema u biologiji i medicini. Dio istraživanja je usmjeren na razvoj numeričkih algoritama kojima se opisuje ponašanje bioloških tkiva te omogućava predikciju krvožilnih bolesti ili tijeka ortodontske terapije u dentalnoj biomehanici ili prikaz strujanje krvi u kardiovaskularnom sustavu. Cilj je ovih istraživanja omogućiti individualizirano liječenje te pomoći liječniku u odluci o operativnom zahvatu kod pojedinog pacijenta, odnosno kada i kako promijeniti parametre terapije. Također, razvijeni su implantati po mjeri pacijenta za rekonstrukciju koštanih defekata te je modeliran rad srčane pumpe s ciljem razvoja nove umjetne srčane pumpe.

Suvremenim metodama provode se eksperimentalna ispitivanja bioloških tkiva te različitih implantata, fiksatora i pločica za osteosintezu sa svrhom provjere mehaničkih svojstava i razvoja novih rješenja i novih biomaterijala te provođenja računalnih simulacija pri različitim opterećenjima s istim modelima koji su eksperimentalno ispitani. Zbog ograničenog broja certificiranih materijala u medicini, a koji su dostupni za preradu aditivnim tehnologijama, jedna fakultetska skupina razvila je metodu posredne izrade implantata od koštanog cementa u 3D tiskanim kalupima te razvija tehnologiju izrade implantata 3D tiskanjem od certificiranog biokompatibilnog polimernog materijala koji će se moći izravno ugrađivati u tijelo pacijenta te time pojednostaviti samu izradu individualnih implantata.

Istraživanja u području medicinske robotike rezultirala su neurokirurškim robotom s visokom razinom autonomije i preciznošću izvođenja zahvata koji se koristi kao asistent pri neurološkim zahvatima. U području ergonomije, istraživanja su usmjerena na osiguranje optimalnih uvjeta za vršenje radnih zadataka. Primjena i razvoj egzoskeletnih sustava temeljenih na bioničkim načelima pridonijet će ergonomiji vršenja radnih zadataka.

U predavanju će se prikazati rezultati istraživanja iz područja biomedicinskog inženjerstva koja se provode na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu.

### **Kratki životopis**

Tanja Jurčević Lulić rođena je u Karlovcu. Diplomirala je 1991. godine strojarstvo - konstrukcijski smjer na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu. Na istome fakultetu magistrirala je 1994. godine i doktorirala 1999. godine. Njezina znanstvena djelatnost u najvećem dijelu usmjerena je na područje biomehanike, odnosno primjenu mehanike krutih te deformabilnih tijela na rješavanje bioloških problema. Osim numeričko-eksperimentalnih analiza gibanja i opterećenja čovjeka, bavi se i ergonomijom. Objavila je više od 50 znanstvenih radova, dva udžbenika, nekoliko poglavlja u knjigama te više navoda u enciklopedijama. Bila je član programskih i znanstvenih odbora više od deset međunarodnih znanstvenih skupova i urednik nekoliko zbornika radova. Vodila je dva domaća projekta te bila suradnik na deset znanstvenih i tehnologijskih projekata. Zaposlena je od 1991. godine na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, trenutno u znanstveno-nastavnom zvanju redovitog profesora. Jedan je od osnivača usmjerenja dizajn medicinskih konstrukcija na

konstrukcijskom smjeru studija strojarstva gdje je izvodila nastavu iz predmeta Biomehanika, Ergonomija, Biomehatronika, Biomedicinski dizajn i Terapijski medicinski uređaji. Bila je prodekan za nastavu u dva mandata te voditelj Katedre za biomehaniku i ergonomiju, a trenutno je na dužnosti predstojnika Zavoda za tehničku mehaniku. Član je Hrvatskog društva za mehaniku i Hrvatskog ergonomijskog društva gdje je od 2006.-2007. godine bila predsjednica.

# Suvremene tehnologije u biomedicinskom inženjerstvu

Prof. dr. sc. Mario Cifrek

## Sažetak

U predavanju će biti dan kratki pregled primjene suvremenih tehnologija u interdisciplinarnom području biomedicinskog inženjerstva s naglaskom na tzv. disruptivne tehnologije: Internet stvari, robotika, umjetna inteligencija, proširena i virtualna stvarnost, blockchain, 3D tisak te dronovi. Prikazat će se proizvodi suvremene tehnologije koji su već odobreni od strane nadležnih akreditacijskih i regulatornih ustanova iz područja medicine, zdravstva i farmacije i prisutni su na tržištu, razvojni projekti, te koncepti koji tek trebaju naći svoju potvrdu u praksi.

## Kratki životopis

Mario Cifrek redoviti je profesor u trajnom zvanju na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu (FER). Diplomirao je 1987. magistrirao 1992. i doktorirao 1997. godine. Znanstveno, nastavno i stručno radi u području biomedicinskog inženjerstva, s naglaskom na razvoj, projektiranje i izradu senzora i sustava za mjerenje, obradu i analizu biomedicinskih signala. Na FER-u je obnašao dužnost prodekana za nastavu u dva mandate, te bio predstojnik Zavoda za elektroničke sustave i obradbu informacija. Bio je član i zamjenik predsjednice Akreditacijskog savjeta Agencije za znanost i visoko obrazovanje. Član je i zamjenik predsjednice Povjerenstva Akreditacijskog savjeta za naknadno praćenje u postupcima reakreditacije, te u drugom mandatu član i potpredsjednik za visoko obrazovanje Matičnog odbora za područje tehničkih znanosti, polja elektrotehnike i računarstva. Član je više domaćih i međunarodnih znanstvenih i strukovnih organizacija. U dva mandata bio je predsjednik Odjela za tehniku u medicini i biologiji Hrvatske sekcije IEEE. Obnašao je dužnost predsjednika Tehničkog odbora DZNM/E TO 66 Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo. Redoviti je član Akademije tehničkih znanosti Hrvatske gdje je tajnik Odjela sustava i kibernetike.