

**ПЛАН НАСТАВЕ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА НА
СМЕРУ БИОМЕДИЦИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО И ТЕХНОЛОГИЈА
(БИТ)**

**Доктор наука из области БИОМЕДИЦИНСКОГ ИНЖЕЊЕРСТВА И
ТЕХНОЛОГИЈА (БИТ)**

| Редни број | Предмет | Семестри са бројем ЕПСБа | | | | | |
|------------|---|-----------------------------------|----------|-----|----|----|----|
| | | I | II | III | IV | V | VI |
| 1 | Принципи биомедицинске инструментације и мерења | 15 | | | | | |
| 2 | Обавезни предмет из групе А | | 15 (6+9) | | | | |
| 3 | Изборни предмет из групе Б | 9 | | | | | |
| 4 | Изборни предмет из групе В | 6 | | | | | |
| 5 | Изборни предмет из групе Б | | 9 | | | | |
| 6 | Изборни предмет из групе В | | 6 | | | | |
| 7 | Изборни предмет из групе Б | | | 9 | | | |
| 8 | Изборни предмет из групе В | | | 6 | | | |
| 9 | Специјални курс | | | 5 | 10 | | |
| 10 | Израда докторске дисертације | | | 10 | 20 | 30 | 30 |
| Број ЕПСБ | | 180 (90 за докторску дисертацију) | | | | | |

Специјални курс (укупно 15кредита)

Програм је модуларан и индивидуалан, прилагођен теми докторске тезе, одабран у сагласности са менторима и одобрен од стране Програмског савета смера биомедицинског инжењерства и технологија

Специјални курс, поред научних садржаја укључује и следећа 3 елемента: Методе научно-истраживачког рада, семинарски рад у којем је детаљно образложена тема предложеног докторског истраживања (тезе), и одбрана семинарског рада пред Комисијом одређеном од стране Програмског савета смера

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА¹

ИЗ ОБЛАСТИ БИОМЕДИЦИНСКОГ ИНЖЕЊЕРСТВА И ТЕХНОЛОГИЈА

¹Предвиђено је да докторски студенти у тренутку предаје докторске дисертације имају најмање 2 објављена или прихваћена рада у реномираним часописима са СЦИ листе који су у директној вези са темом рада и на којима су први аутори.

Обавезни предмет групе А:

| | | |
|---|---|----|
| За студенте који имају Мастер диплому (ЕПСБ) са техничких и сродних факултета предмет 2Т, а за дипломце са групације медицинских наука предмети 2БМ1 и 2БМ2 | | |
| 2Т | Сигнали и системи у људском организму: Функционална анатомија и физиологија | 15 |
| 2БМ1 | Основи биомедицинског инжењерства | 6 |
| 2БМ2 | Моделирање биомедицинских процеса и појава | 9 |

Изборни предмети групе Б:

| Редни број | Предмет | Број кредита |
|------------|---|--------------|
| 1 | Биоинжењеринг ћелија и ткива | 9 |
| 2 | Биомеханика | 9 |
| 3 | Биосистеми и зрачења | 9 |
| 4 | Физика, технологија и карактеризација биоматеријала | 9 |
| 5 | Методе и инструментација за електрофизиологију | 9 |
| 6 | Обрада медицинских слика | 9 |
| 7 | Телемедицина | 9 |
| 8 | Моторна контрола и рехабилитација | 9 |

Изборни предмети групе В:

| Редни број | Предмет | Број кредита |
|------------|--|--------------|
| 1 | Неуронске мреже | 6 |
| 2 | Специјални роботски системи | 6 |
| 3 | Одабране методе обраде физиолошких сигнала | 6 |
| 4 | Вештачка интелигенција | 6 |
| 5 | Системи одлучивања у медицини | 6 |
| 6 | Неуралне протезе | 6 |

КРАТАК САДРЖАЈ ПРОГРАМСКОГ САДРЖАЈА ПРЕДМЕТА НА ДОКТОРСКИМ СТУДИЈАМА НА СМЕРУ БИМЕДИЦИНСКОГ ИНЖЕЊЕРСТВА И ТЕХНОЛИЈА²

ОБАВЕЗНИ ПРЕДМЕТИ

A1. Принципи биомедицинске инструментације и мерења (Дејан Поповић и сарадници) – 15 ЕПСБ

Садржај: Мерења и грешке, сметње при снимању. Електроде и електронски склопови за аналогу аквизицију биопотенцијала. Сензори за мерења у биомедицини. Виртуелни аквизициони системи за мерења акционих потенцијала. Мерење притиска и брзине протока крви и ваздуха. Мерење парцијалних притисака гасова. Клиничка мерења. Стимулатори. Медицинске слике на бази ултразвука (томографија, кардиосонографија, мерење брзине протока крви). Методе формирања слике на бази електромагнетског зрачења (Рендген, компјутерска томографија, Anger камера, PET, СПЕСТ, термографија). Методе формирања слике на бази магнетске и електронске резонанције Планирање базичних, примењених, и клиничких истраживања. Статистичке методе за обраду резултата мерења. Принципи медицинске информатике.

A2Т. Сигнали и системи у људском организму: Функционална анатомија и физиологија (Академик Владимир Костић и сарадници) – 15 ЕПСБ (за студенте који су дипломирали на факултетима техничког усмерења)

Садржај: 5 модула. 1. Основе функционисања живих система, ћелија. Ембриологија и карактеристике неких типова ћелија (нервна ћелија, мишићна ћелија, ћелије кости). Основни процеси на ћелијској мембрани. Синапса. Повезивање и функционална улога разних ћелија у организму. 2. Срце. Функционална анализа циркулационог система. Принципи хематологије. Функционална анализа система за дисање. Функционална организација дигестивног тракта. 3. Функционална организација скелетног система. Кости и зглобови. Организација и функционалне целине у централном и периферном нервном систему. Организација мишићно-тетивног система. Улога везивног ткива. 4. Вегетативни део нервног система. 5. Регулације рада срчаног мишића и крвотока. Регулације дисања. Регулације гастроинтестиналног тракта. Мозак. Чула.

A2БМ-1. Основе биомедицинског инжењерства (Бранко Бугарски, Бојана Обрадовић) – 6 ЕПСБ (са студенте који су дипломирали на факултетима биолошко-медицинског усмерења)

Садржај: Предмет упознаје студенте са карактеристикама феномена преноса у биолошким системима који по својој сложености значајно превазилазе чисто хемијско-инжењерске системе. Основни концепти преноса количине кретања, масе и топлоте су примењени на биолошке системе на макро нивоу организма и ткива и на микро нивоу ћелије. Механизми преноса су приказани полазећи од једноставнијих примера (нпр. реолошко понашање крви, дифузија кисеоника кроз крвну плазму) па и до врло сложених (нпр. струјање крви кроз артерије, активни транспорт кроз ћелијску мембрану) при чему су дати приступи

²У заградама су наведена имена координатора и наставника одговорних за остварење садржаја на нивоу који одговара докторским студијама.

решавању и моделовању ових комплексних проблема. Предмет укључује и експерименталан рад студената на стерилној изолацији и манипулацији ткива.

**A2БМ-2. Моделирање биомедицинских процеса и појава (Дејан Поповић, Мирјана Поповић, и сарадници) – 9 ЕПСБ
(са студенте који су дипломирали на факултетима биолошко-медицинског усмерења)**

Садржај: Физички и математички модели физичких процеса и појава (електрично поље, магнетско поље, гравитациони поље, итд.). Карактеризација појава у организму применом физичких закона. Моделирање биомедицинских процеса. Математичке методе за биомедицинско инжењерство са нагласком на примену рачунара. Једно и више компартменски модели. Идентификација параметара модела. Неаналитичке методе моделирања. Статистичке методе моделирања. Модели метаболичких процеса. Моделирање хидро-динамичких система (кардио васкуларни систем, дисање). Модели елемената и система у сензорно-моторном систему. Модели скелетног система намењени анализи кретања.

Б. Изборни предмети (9 ЕПСБ)

Б1. Биоинжењеринг ћелија и ткива (Бранко Бугарски, Бојана Обрадовић)

Предмет упознаје студенте са основним принципима култивације ћелија и ткива за потенцијалну примену у медицини. У оквиру предмета обухваћене су наставне јединице: извори ћелија, методе изолације, технике култивације (дво- и тродимензионалне културе); начини имобилизације ћелија и интеракције ћелија и носача; биореактори за култивацију ћелија и ткива; културе ћелија за потребе дијагностике и ћелијске терапије (хибридома ћелије); инжењерство ткива (кожа, хрскавица, кости, лигаменти, срчано ткиво, крвни судови). У оквиру предмета студенти изводе експериментални рад изолације, имобилизације и култивације одабране ћелијске врсте у одређеном биореактоском систему.

Б2. Биомеханика (Вељко Поткоњак)

Закони динамике система материјалних тачака. Закони механике непрекидних средина. Биомеханика кости. Биомеханика мишића. Биомеханика тетива и лигамената. Биомеханика сложених система и интеракције са околином. Биомеханика нервног система. Биомеханика гастроинтестиналног тракта. Биомеханика крвних судова и срца. Биомеханика уринарног тракта. Биомеханика дисања. Рачунарске методе у биомеханици. Напомена: Студент се опредељује за једну ужу област унутар горе описаног садржаја.

Б3. Биосистеми и зрачења (Горан Бачић)

Интеракције јонизујућих зрачења и материје. Временска скала догађаја, траг, специфична јонизација, ЛЕТ. Основни радијационе хемије водених раствора. Дејство јонизујућих зрачења на ћелију -радиобиолошки модели. Дејство јонизујућих зрачења на организам. Релација: ћелија-ткиво (орган) - организам, мутагенеза. Радиопротектори и радиосензитизери, механизми дејства, примери и практичне примене. Примена јонизујућих зрачења у медицини, биологији и биотехнологији. Извори зрачења.

Радиотерапија и радиолошка дијагностика. Нуклеарна медицина –дијагностика, терапија, дозе. Стерилизација опреме и хране - концепт, дозе. Нејонизујућа зрачења: радиоталаси, ласери.

Б4. Физика, технологија и карактеризација биоматеријала (Дејан Раковић, Ненад Игњатовић)

Увод (Структурне, механичке, физичке, хемијске и биохемијске карактеристике и карактеризације биоматеријала). Инжењеринг општих и специјалних својстава биоматеријала (метала, полимера, керамика, композита). Експлоатациона стабилност *ex vivo* (Електрохемија и корозија метала, заштита од корозије, провера корозионе стабилности. Понашање керамика у експлоатацији. Понашање полимера у експлоатацији, хемијски распад полимера, утицај стерилизације, утицај бактерија. Понашање композита у експлоатацији). Реакције организма на биоматеријале (*In vitro* испитивања, *In vivo* локална реакција ткива на биоматеријале). Општи утицај биоматеријала на организам). Избор биоматеријала и конструисање (Основни поступци у конструисању и производњи биоимплантата. Биоимплантати у медицини и стоматологији).

Б5. Методе и инструментација за електрофизиологију (Дејан Поповић)

Неурофизиолошки сигнали (детерминистички и стохастички): тип и порекло електрофизиолошких сигнала (фреквенцијски и амплитудни опсежи). Карактеристике система за аквизицију сигнала који потичу од акционих потенцијала периферних нерава, мишића, срца и централног нервног система, Кондиционирање сигнала (претварачи и електронски склопови). Аквизиција сигнала применом имплантибилних система. Виртуелни инструменти за аквизицију електрофизиолошких сигнала (одабирање, А/Д конверзија, Д/А конверзија, препознавање карактеристичних догађаја). Клинички електрофизиолошки уређаји (ЕМНГ, ЕКГ, ЕЕГ, МEG, ТМС).

Б6. Обрада медицинских слика (Бранимир Рељин)

Аквизиција слике. Врсте медицинских слика: из видљивог опсега (оптичке), ултразвучне, рентгенске, магнетна резонанција, итд. Предобрада и дигитализација. Основне обраде монохроматске (gray-scale) слике у просторном и трансформационом домену: манипулација над контрастом и хистограмом, филтрирање слике, уклањање шума, изоштравање, детекција ивица. Обрада колор слика: простори боја (RGB, YCbCr, HSV), псеудоколор и лажни колор. Обраде вишег нивоа. Сегментација слике, издвајање и класификација објеката. Морфолошке методе обраде. Издвајање основних обележја слике: боја, текстура, облик. Покретне слике. Стереовизија. Методе за анализу оптичких слика (дерматологија, микроскопија), ултразвучних, рентгенских и термовизијских слика. Методе формирања тродимензионалних слика у компјутерској томографији. Фузија слика. Основне технике компресије слика. Приказивање и штампање слика.

Б7. Телемедицина (Бранимир Рељин)

Садржај: Биомедицински подаци: алфанумерички подаци, једнодимензиони (1Д) сигнали (ЕКГ, ЕЕГ, итд.), 2Д сигнали (слике у ужем и ширем смислу), 3Д сигнали (секвенце 2Д слика или запреминско приказивање објеката), 4Д сигнали (секвенце 3Д објеката). Слике различитих модалитета: оптичке, ултразвучне, рентгенске, слике магнетне резонанције,

итд. Компресија података. Основни елементи система за архивирање и пренос слика, PACS (*Picture Archiving and Communication System*). Основни стандарди: HL7 (*Health Level 7*) и DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*). Пренос података. Пропусни опсег за различите потребе преноса. Повезивање удаљених корисника. Интернет у телемедицини. Одложена комуникација (запамти-па-пошаљи) и интерактивна комуникација. Тајност, приватност и заштита података. Телемедицински сервиси: телеконсултација, телеедукација, теледијагноза, телемониторинг, теленега, телепатологија, телерадиологија, теледерматологија, телепсихијатрија, телехирургија. Успостављање телемедицине у медицинским установама. Економски, законски и етички аспекти телемедицине

Б8. Моторна контрола и рехабилитација (Мирјана Поповић)

Садржај: Неурофизиолошке основе покрета. Организација и врсте покрета: рефлексни, ритмични и вољни покрети, хијерархија, карактеристике једнозглобних покрета). Врсте моторних дефицита (спастицитет, тремор, ригидитет, атахија, акинезија, асинергија, хипотонија, асиметрија) код различитих обољења (CVA, PD, SCI, MS, дистонија, hemineglect). Методе за евалуацију моторних дефицита (клинички неуролошки тестови, тестови моторних перформанси, опште, појединачне скале). Неурорехабилитација. Функционална електрична стимулација. Примена ортоза и протеза за ресторацију вољних покрета и хода

В. Изборни предмети (6 ЕСПБ)

В1. Неуронске мреже (Срђан Станковић, Милан Милосављевић)

Преглед историје развоја технологије неуронских мрежа и типова проблема: апроксимација функција, класификација, кластеровање, временске серије и моделовање динамичких система. Неуронске мреже са пропагацијом сигнала унапред: обучавање, генерализација, оверфитинг, иницијализација. Теорема о универзалној апроксимацији. Конвергенција алгорита пропагације грешке уназад. Радијално базисне неуронске мреже. Нелинеарно моделовање динамичких система и временских серија нелинеарним неуронским моделима. Класификација и кластеровање помоћу неуронских мрежа. Самоорганизујуће Кохоненове и Хопфилдове мреже..

В2. Специјални роботски системи (Вељко Поткоњак)

Садржај: Основи роботике. Преглед примене. Преглед специјалних роботских система – улога, стање и перспективе. Ходајући транспортни системи. Сервисни и персонални роботи. Медицински роботски системи. Војни и полицијски роботи. Други специјални системи. Мобилни роботи са точковима: Конструкција. Кинематика. Динамика. Управљање. Примери примене. Хуманоидни роботи: Двоножни ход: кинематика, динамика, равнотежа. Редунданса. Синергија човеколиког кретања (генерални приступ и типични примери). Роботски системи у медицини и дефектологији. Четвороножни и шестоножни ход. Комуникација човека и робота. Интеракција са окружењем.

В3. Одабране методе обраде физиолошких сигнала (Мирјана Поповић)

Садржај: Детерминистички, периодични и стохастички стационарни и нестационарни сигнали. Методе обраде сигнала у временском и фреквенцијском домену. Филтри и њихова примена. Дигитални филтри и прозорске функције. Z-трансформација. Адаптивни МА и АРМА филтри. Wiener-ова метода и градијентно претраживање. LMS и NLMS алгоритми. Калманов филтар. Модел и естимација стања система. Адаптивно процесирање сигнала на бази више улаза. Анализа временских серија. Статистички приступ у учењу и откривању знања. Примене машинског учења на анализу биолошких сигнала (ЕКГ, ЕЕГ, ЕМГ, евоцирани потенцијали, brain interface). Примена таласића на биолошке сигнале. Фрактали у обради сигнала.

В4. Вештачка интелигенција (Срђан Станковић, Милан Милосављевић)

Садржај: Историја вештачке интелигенције. Да ли машине могу да мисле. Турингов тест и Кинеска соба. Својства техника вештачке интелигенције. Проблеми, простор проблема и претраге. Продукциони системи. Стратегије претраге: информативне и неинформативне. А и А-стар алгоритам. Презентација знања и аутоматско резоновање. Рачун предиката као језик презентације знања и аутоматског резоновања. Правила закључивања: резолуција. Системи засновани на знању: експертни системи. Резоновање у условима неодређености: Бајесовске мреже и обучавање. Увод у фази, генетске и еволуционе системе. Групна интелигенција. Аниматизам. Рачунарска интелигенција: хибридни неуро-фази-генетски системи. Типичне примене у препознавању, управљању, доношењу одлука и закључивању.

В5. Системи одлучивања у медицини (Срђан Станковић, Милан Милосављевић)

Природа доношења одлука у медицини: врсте одлука, улога рачунара. Историјска перспектива. Структуре система одлучивања у медицини: системске функције, начин давања савета, стил комуникација, интеракција човек-машина. Базични процеси одлучивања. Бајесовско одлучивање. Бајесовске мреже. Мреже веровања. Неуралне мреже. Расплинута логика. Системи засновани на знању. Конструкција алата за подршку одлучивању: аквизиција података, евидентирање и моделирање знања, валидација система. Примери клиничких система за подршку одлучивању.

В6. Неуралне протезе (Дејан Поповић)

Физиолошки основи примене електричне и магнетске стимулације у успостављању сензорно-моторних функција. Патолошка стања која захтевају примену неуралних протеза. Неуралне протезе за побољшање слуха (кохлеарне протезе). Неуралне протезе за реституцију визије. Неуралне протезе за успостављање дисања (стимулација дијафрагме) и контролу апнее (дисајни путеви). Неуралне протезе за контролу уринарних функција. Неуралне протезе за реституцију покрета. Неуралне протезе за остварење когнитивне повратне спреге.