

Tematické okruhy ke státní závěrečné zkoušce (SZZ)
navazujícího magisterského studijního programu
N0688A140003 Biomedicínská a klinická informatika
se specializacemi
„Softwarové technologie“ a „Nanotechnologie“

Dle čl. 7 odst. 3 Směrnice děkana pro realizaci bakalářských a navazujících magisterských studijních programů na Českém vysokém učení technickém v Praze - Fakultě biomedicínského inženýrství pro daný akademický rok stanovuje děkan na základě návrhu vedoucího katedry biomedicínské informatiky níže uvedené tematické okruhy.

Tematické okruhy jsou v souladu s obsahem schválené žádosti k Národnímu akreditačnímu úřadu pro vysoké školství (NAÚ) o akreditaci 2 letého navazujícího magisterského studijního programu Biomedicínská a klinická informatika (specializace: Softwarové technologie a Asistivní technologie) pod č.j. NAU-179/2017-10 a žádost o rozšíření akreditace o nový studijní plán (specializace: Nanotechnologie) pod č.j. NAU-98/2020-8 ze dne 9. července 2020.

Tematické okruhy jsou koncipovány jako nezbytné minimum znalostí, vědomostí a dovedností (teoretických a praktických), které jsou nutné pro úspěšné uplatnění absolventa programu Biomedicínská a klinická informatika v praxi. Pro lepší orientaci studentů jsou na začátku tematického okruhu uvedeny názvy předmětů, které níže uvedené okruhy obsahují.

V průběhu SZZ student dostává z každého tematického okruhu dvě otázky. Otázky mohou být upřesněny pomocí doplňujících otázek. Otázky mohou být i z oblasti, která přímo souvisí s okruhem, či s tématem diplomové práce, ale vždy jsou obsahem osnov vyučovaných předmětů. Otázky zadávají členové komise. Odpovědi na otázky mohou následovat bezprostředně po zadání a bez písemné přípravy.

Specializace „Softwarové technologie“

I. Okruh – Informatika

Pokročilá algoritmizace; Legislativa a bezpečnost biomedicínského software a dat; Tvorba biomedicínských aplikací; Návrh uživatelských rozhraní; Databáze a webové technologie; Elektronický zdravotní záznam a lékařská dokumentace; Softwarové inženýrství; Umělá inteligence.

Teoretická informatika a umělá inteligence (*Pokročilá algoritmizace; Umělá inteligence*)

Přehled standardních grafových algoritmů s polynomiální složitostí. Formální jazyky a gramatiky. Konečné automaty a jejich využití. Vyhledávací stromy a haldy, příklady aplikací. Teoretické a experimentální metody posuzování kvality algoritmů. Algoritmy optimalizace, lineární programování. Dynamické programování. Přehled numerických algoritmů. Dynamická alokace paměti, garbage collector, reference counting algoritmy, tracing algoritmy. Architektura a vlastnosti frameworků pro paralelizaci algoritmů, příklady aplikací.

Metody prohledávání stavového prostoru a jejich použití v úlohách umělé inteligence a při plánování akcí agenta. Použití lokálního prohledávání po řešení optimalizačních úloh (hill-

climbing, simulované žíhání, genetické algoritmy a jejich základní vlastnosti a principy, příklady aplikací). Výroková logika jako nástroj reprezentace znalostí. Odvozování důsledků, strojové dokazování a jejich praktické využití. Strojové učení a jeho aplikace. Základní principy klasifikátorů typu nejbližší soused, perceptron, rozhodovací strom, Bayesův klasifikátor. Způsoby evaluace klasifikátoru (trénovací, testovací množina, křížová validace). Příklady aplikací. Umělá inteligence a její vliv na společnost. Využití v lékařství. Etické problémy.

Biomedicínský software a data (*Databáze a webové technologie; Legislativa a bezpečnost biomedicínského software a dat; Elektronický zdravotní záznam a lékařská dokumentace; Tvorba biomedicínských aplikací*)

Databáze, systém řízení báze dat (SŘBD) a databázový systém, životní cyklus vývoje DBS, relační datový model, metodika návrhu relačního datového modelu (pojmy entitní typ, entita, vztahová množina, vztah, atribut, kardinalita, primární a cizí klíč), konceptuální a logický model, význam normalizace, definice závislostí, pravidla normálních forem, Integritní omezení, vztah objektů a relačních tabulek, jazyk SQL, transakce a její stavy, vlastnosti ACID, paralelní zpracování, sériové rozvrhy, uzamykací protokoly. Blockchain databáze. NoSQL

OpenEHR a jeho základní prvky, principy a procesy. Souvislost openEHR s ISO 13606. Přehled a stručný popis klasifikačních systémů, tezurů a nomenklatur ve zdravotnictví. Nomenklatura SNOMED, princip systému, rozsah, pojmy prekoordinát a postkoordinát. Principy a uspořádání u standardů HL7 verze 2, HL7 FHIR a HL7 verze 3. Standard HL7 CDA, jeho účel a základní struktura klinického dokumentu v HL7 CDA. IHE profily – popis a užití. Příklady IHE profilů.

Software jako zdravotnický prostředek. Zákony související s nasazením softwaru ve zdravotní a sociální péči. Legislativa související s problematikou vývoje, výroby a užití asistivních technologií.

Softwarové inženýrství (*Softwarové inženýrství; Návrh uživatelských rozhraní; Tvorba biomedicínských aplikací*)

Modely životních cyklů vývoje SW a metodiky vývoje (vodopád, v-shape, prototype, inkrementální, spirálový, agilní metodiky (XD, scrum, FDD, lean development) atd. - popisem jednotlivých fází), průběžná integrace (continuous integration). Systémy správy verzí (control version system, CVS). Jazyk UML - základní typy diagramů. Virtualizace, kontejnery a dockery. Mikroservisy. Principy metodiky čistého zdrojového kódu (clean code). Webové API (REST (openAPI), SOAP, GraphQL).

Modelování a formální popis uživatelských rozhraní (HTA, /H/MVC, Seeheim, Arch, STN); Prototypování uživatelských rozhraní (Mockup, LoFi, HiFi); Psychologické aspekty návrhu UI (lidská paměť, kognitivní procesy, MHP, KLM, Hick-Hymanův zákon, Fittsův zákon), Pravidla návrhu uživatelského rozhraní (heuristiky, návrhové vzory, pravidla návrhu, interakční styly).

II. Okruh – Zpracování biomedicínských dat

Biostatistika; Analýza signálu I a II; Analýza a rozpoznávání vícerozměrných dat; Biologické signály a biometrie; Big data; Image analysis; Počítačové simulace, modelování a chemo/bioinformatika; Bezpečnost při práci s biomedicínskými daty; Robotika a asistivní technologie.

Statistika a analýza biomedicínských dat (*Biostatistika; Analýza a rozpoznávání vícerozměrných dat; Big data*)

Základní východiska matematické (induktivní) statistiky. Náhodná veličina. Rozdělení náhodné veličiny. Hustota a distribuční funkce náhodné veličiny. Charakteristiky náhodné veličiny. Kvantily. Populace a výběr. Reprezentativnost náhodného výběru. Bodové odhady parametrů. Bias. Nejlepší nestranný odhad. Konzistentní odhad. Intervalové odhady. Princip testování hypotéz. Chyba 1. a 2. druhu, senzitivita a specificita. Síla testu. Testová statistika (testové kritérium). p-value a její souvislost s hladinou významnosti. Z-test, T-test, chi-kvadrát test pro rozptyl. Párové testy, testování shody parametrů dvou výběrů. ANOVA. Neparametrické testy. Testy v kontingenčních tabulkách. Testy dobré shody. Testy normality. Základy korelační a regresní analýzy.

Základní metody pro modelování neklasifikovaných dat (asociační pravidla, shlukování). Základní postupy modelování klasifikovaných dat. Posouzení kvality modelu dat a možnosti pro její zvýšení (postupy pro kombinování modelů). Metodika CRISP pro dobývání znalostí z dat. Porozumění datům a jejich příprava: diskretizace, normalizace, doplnění chybějících hodnot, agregace, redukce dimenze dat a selekce příznaků.

Velká data a jejich základní vlastnosti. Nástroje a prostředí pro práci s velkými daty. Kvalita vstupních dat, úpravy (chybná, chybějící data, outliers). Metody strojového učení vhodné pro velká data. Vizualizace dat.

Analýza signálu a obrazu (*Analýza signálu I a II; Biologické signály a biometrie; Image analysis*)

Vzorkování a kvantování biologických signálů. Nyquistův–Shannonův vzorkovací teorém. Konvoluce, korelace, decimace, interpolace a filtrace signálů. Fourierova transformace (FT), DFT, FFT. Inverzní transformace. Filtrace signálu pomocí FFT. Vlnková transformace (Wavelets). Princip metody a možnosti jejího využití. Výhody oproti Fourierově transformaci. Nejčastější typy rušení při snímání biomedicínských signálů a způsoby jejich odstranění. Amplitudové a frekvenční rozsahy biomedicínských signálů, zejména EKG a EEG signály.

Typy biologických signálů, jejich geneze. Převodní systém srdeční, měření a analýza EKG. Měření a analýza EEG. Základní biometrické ukazatele. Využití biometrie pro identifikaci a autentizaci.

Úloha pořízení obrazu z fyzikálního hlediska, nemožnost úlohu invertovat, důsledky. Role interpretace obrazu jako základ analýzy obrazu. Objekty v obraze. Metody předzpracování obrazu (jasové, geometrické, lokální filtrace, hranová detekce, matematicko-morfologické metody; prostorové nebo frekvenční metody). Segmentace a popis objektů v obraze. Pevná a pružná registrace obrazů nebo objektů v obraze.

Počítačová simulace, modelování a chemo/bioinformatika (*Počítačové simulace, modelování; Chemo/bioinformatika*)

Optimalizační úloha, metody matematické optimalizace. Soustava pohybových rovnic a jejich řešení. Hyperplocha potenciální energie, interakční potenciál. Monte Carlo metoda, její princip a aplikace. Rungeovo-Kuttovo schéma. Nelineární dynamické systémy, stabilita řešení.

Reprezentace 2D molekulárních struktur, SMILES, InChI, InChIKey. Molekulární deskriptory, strojové učení v chemoinformatice, úloha QSAR. Docking a virtuální screening při návrhu léčiv. Detekce tunelů v proteinových strukturách. Analýza genové exprese, dostupné nástroje, příklady aplikace. Genomové projekty, možnosti programů EMBOSS a SMS2. Strojové učení pro detekci intronů v DNA.

Bezpečnost (*Bezpečnost při práci s biomedicínskými daty*)

Základní principy a prostředky k šifrování a dešifrování dat. Digitální podpis - princip, význam a praktické využití. Bezpečnost a zabezpečení komunikace prostřednictvím bezdrátových sítí. Lidský faktor v bezpečnosti, sociální inženýrství, personální bezpečnost organizace. Využití blockchainu. Zásady bezpečného zálohování a archivace.

Robotika a asistivní technologie (*Robotika asistivní technologie*)

Tuhé těleso v 3D prostoru, poloha, orientace, homogenní souřadnice, maticové vyjádření. Přímá a inverzní kinematika otevřených kinematických řetězců. Robotický manipulátor. Dynamika otevřených kinematických řetězců. Lagrangeovy rovnice. Jakobián. Zpětná vazba. Servomechanismus. Řízení robotů. Pohony a senzory robotů. Architektury a řízení robotů s kognitivními zpětnými vazbami. Mobilní roboty. Robot v rehabilitaci. Robot asistující při péči o pacienty a nemohoucí seniory.

Specializace „Nanotechnologie“

I. Okruh – Informatika a zpracování dat

Biostatistika, Analýza signálu I a II, Pokročilá algoritmizace, Legislativa a bezpečnost biomedicínského software a dat, Analýza a rozpoznávání vícerozměrných dat, Databáze a webové technologie, Biologické signály a biometrie, Big data, Umělá inteligence

Statistika a analýza biomedicínských dat (*Biostatistika; Analýza a rozpoznávání vícerozměrných dat; Big data*)

Základní východiska matematické (induktivní) statistiky. Náhodná veličina. Rozdělení náhodné veličiny. Hustota a distribuční funkce náhodné veličiny. Charakteristiky náhodné veličiny. Kvantily. Populace a výběr. Reprezentativnost náhodného výběru. Bodové odhady parametrů. Bias. Nejlepší nestranný odhad. Konzistentní odhad. Intervalové odhady. Princip testování hypotéz. Chyba 1. a 2. druhu, senzitivita a specifita. Síla testu. Testová statistika (testové kritérium). p-value a její souvislost s hladinou významnosti. Z-test, T-test, chi-kvadrát test pro rozptyl. Párové testy, testování shody parametrů dvou výběrů. ANOVA. Neparametrické testy. Testy v kontingenčních tabulkách. Testy dobré shody. Testy normality. Základy korelační a regresní analýzy.

Základní metody pro modelování neklasifikovaných dat (asociační pravidla, shlukování). Základní postupy modelování klasifikovaných dat. Posouzení kvality modelu dat a možnosti pro její zvýšení (postupy pro kombinování modelů). Metodika CRISP pro dobývání znalostí z dat. Porozumění datům a jejich příprava: diskretizace, normalizace, doplnění chybějících hodnot, agregace, redukce dimenze dat a selekce příznaků.

Velká data a jejich základní vlastnosti. Nástroje a prostředí pro práci s velkými daty. Kvalita vstupních dat, úpravy (chybná, chybějící data, outliers). Metody strojového učení vhodné pro velká data. Vizualizace dat.

Analýza signálu (*Analýza signálu I a II; Biologické signály a biometrie*)

Vzorkování a kvantování biologických signálů. Nyquistův–Shannonův vzorkovací teorém. Konvoluce, korelace, decimace, interpolace a filtrace signálů. Fourierova transformace (FT), DFT, FFT. Inverzní transformace. Filtrace signálu pomocí FFT. Vlnková transformace (Wavelets). Princip metody a možnosti jejího využití. Výhody oproti Fourierově transformaci. Nejčastější typy rušení při snímání biomedicínských signálů a způsoby jejich odstranění. Amplitudové a frekvenční rozsahy biomedicínských signálů, zejména EKG a EEG signály.

Typy biologických signálů, jejich geneze. Převodní systém srdeční, měření a analýza EKG. Měření a analýza EEG. Základní biometrické ukazatele. Využití biometrie pro identifikaci a autentizaci.

Teoretická informatika a umělá inteligence (*Pokročilá algoritmizace; Umělá inteligence*)

Přehled standardních grafových algoritmů s polynomiální složitostí. Formální jazyky a gramatiky. Konečné automaty a jejich využití. Vyhledávací stromy a haldy, příklady aplikací. Teoretické a experimentální metody posuzování kvality algoritmů. Algoritmy optimalizace, lineární programování. Dynamické programování. Přehled numerických algoritmů. Dynamická alokace paměti, garbage collector, reference counting algoritmy, tracing algoritmy. Architektura a vlastnosti frameworků pro paralelizaci algoritmů, příklady aplikací.

Metody prohledávání stavového prostoru a jejich použití v úlohách umělé inteligence a při plánování akcí agenta. Použití lokálního prohledávání po řešení optimalizačních úloh (hill-climbing, simulované žíhání, genetické algoritmy a jejich základní vlastnosti a principy, příklady aplikací). Výroková logika jako nástroj reprezentace znalostí. Odvozování důsledků, strojové dokazování a jejich praktické využití. Strojové učení a jeho aplikace. Základní principy klasifikátorů typu nejbližší soused, perceptron, rozhodovací strom, Bayesův klasifikátor. Způsoby evaluace klasifikátoru (trénovací, testovací množina, křížová validace). Příklady aplikací. Umělá inteligence a její vliv na společnost. Využití v lékařství. Etické problémy.

Biomedicínský software a legislativa (*Databáze a webové technologie; Legislativa a bezpečnost biomedicínského software a dat*)

Databáze, systém řízení báze dat (SRĚBD) a databázový systém, životní cyklus vývoje DBS, relační datový model, metodika návrhu relačního datového modelu (pojmy entitní typ, entita, vztahová množina, vztah, atribut, kardinalita, primární a cizí klíč), konceptuální a logický model, význam normalizace, definice závislostí, pravidla normálních forem, Integrovní omezení, vztah

objektů a relačních tabulek, jazyk SQL, transakce a její stavy, vlastnosti ACID, paralelní zpracování, sériové rozvrhy, uzamykací protokoly. Blockchain databáze. NoSQL

Software jako zdravotnický prostředek. Zákony související s nasazením softwaru ve zdravotní a sociální péči. Legislativa související s problematikou vývoje, výroby a užití asistivních technologií.

II. Okruh – Nanotechnologie

Vychází z obsahu předmětů profilujícího základu: Molekulární biologie, Buněčná a molekulární diagnostika, Nanotechnologie a nanomateriály, Biomateriály a biokompatibilita, Pokročilá biofotonika, Aplikace nanomateriálů v medicíně, Pevné látky pro biomedicínu, Nanoinformatics

Pevné látky, biokompatibilita a biofotonika (*Pevné látky pro biomedicínu, Biomateriály a biokompatibilita; Pokročilá biofotonika*)

Typy vazeb, přitažlivé a odpuzivé síly v krystalu. Struktura pevných látek: krystalové soustavy, Bravaisova mřížka, mřížkové poruchy. Metody určování struktury: princip rentgenové, elektronové a neutronové difrakce. Pásová teorie pevných látek: zaplněnost, vzdálenost a překryv pásů, Fermiho-Diracova rozdělovací funkce. Luminiscence: fosforescence, fluorescence, elektronové přechody, emisní a excitační spektra, Lambertův-Beerův zákon, bioluminiscence. Fyzika polovodičů: energetická pásová struktura, vlastní a příměsový polovodič, akceptory, donory, P-N přechod, V-A charakteristika P-N přechodu. Dielektrika a magnetika: diamagnetismus, feromagnetismus, paramagnetismus, doménová struktura v magneticky uspořádaných látkách. Supravodivost: způsoby chlazení, Peltierův jev, stavová rovnice ideálního plynu, BCS teorie supravodivosti. Kapalně krystaly, fotonické struktury.

Biomateriály – rozdělení, vlastnosti a příklady použití. Rozdíl mezi PVD (physical vapor deposition - fyzikální metody) a CVD (chemical vapor deposition - chemické metody) metodami. Laserové metody, napařování (tepelným ohřevem, elektronovým svazkem). Molekulární epitaxe - MBE. Napařování (katodové, magnetronové, iontové plátování, plazmový nástřik atd.). Metody pro stanovení mechanických vlastností. Metody pro stanovení povrchových vlastností. Metody pro stanovení biokompatibilních vlastností.

Interakce záření s biologickými objekty - fotochemická interakce, fototermické interakce, plasmou indukovaná ablace, fotoablace, fotomechanické interakce. Rozptyl záření v tkáni, absorpce záření v tkáni. Fototerapie. Účinky IČ, VIS a UV záření na živý organismus. Konfokální mikroskopie, fluorescenční mikroskopie. Biosenzory - interferometrické, mřížkové, rezonanční zrcadlo. Manipulace s buňkami pomocí optického záření.

Nanomateriály a jejich aplikace (*Nanotechnologie a nanomateriály; Aplikace nanomateriálů v medicíně*)

Pojem nanotechnologie a nanomateriály (Definice pojmů, nejčastější aplikace, přehled oborů týkajících se nanotechnologií). Přehled technologií přípravy nanomateriálů a nanostruktur (top-down, bottom-up přístupy, přírodní nanočástice). Vlastnosti nanomateriálů (efekty spojené s velikostí a specifickým povrchem). Nanotechnologie v elektronice (využití grafenu a diamantu a dalších uhlíkových nanomateriálů). Nanooptika (povrchové plasmony, kvantové tečky,

mikroskopie blízkého pole). Metody charakterizace nanomateriálů (skenovací a transmisní elektronová mikroskopie, mikroskopu atomárních sil, dynamický rozptylu světla). Charakterizace optických, mechanických a povrchových vlastností (Ramanova spektroskopie, super rozlišovací optická mikroskopie, UV-VIS absorpční spektroskopie). Biokompatibilita nanomateriálů (rizika nanotechnologií a nanomateriálů, bezpečnost manipulace s nanomateriály). Nanotechnologie v doručování léčiv (principy, pasivní a aktivní cílení, typy doručovacích systémů, hodnocení bezpečnosti). Nanobiosenzory (princip, typy biosenzorů). Nanočástice jako kontrastní činidlo (MRI a CT). Využití zlatých nanočástic pro in vivo a in vitro zobrazování. Mikroelektrodová pole (princip funkce a aplikace). Nanočástice jako fluorescenční marker. Nanotechnologické produkty na trhu nebo ve fázi klinického testování.

Nanoinformatics (*Nanoinformatics*)

Sběr dat v prostředí nanomateriálů a nanostruktur, kvalita a úplnost dat. Reprezentace materiálů, struktur a vlastností. Zdroje dat, metadata, otevřené databáze v nanosvětě. Ontologie obecně, ontologie nanočástic, ontologie eNanoMapper, ontologie NanoDatabank. Statistické modelování, deskriptory. Metody strojového učení bez učitele pro analýzu podobnosti, profilování a seskupování (PCA, shluková analýza, samoorganizující se mapy). Metody učení s učitelem pro doplnění chybějících údajů (kvantitativní relace aktivity struktury, analýza trendů, read-across). Modelování vlastností a interakcí nanomateriálů.

Buněčná a molekulární biologie a diagnostika (*Molekulární biologie; Buněčná a molekulární diagnostika*)

Nukleové kyseliny – chemická stavba a funkce DNA, (struktura purinových a pyrimidinových bazí; nukleotidy a nukleotidy, primární, sekundární, terciární struktura DNA), chemická stavba a funkce RNA v prokaryotní a eukaryotní buňce. Chemická stavba a funkce proteinů (primární, sekundární, terciární a kvarterní) v živých systémech, enzymy a enzymaticky katalyzované reakce. Nukleové kyseliny, proteiny a membrány, biologické struktury v nanotechnologiích. Bakteriální genom a eukaryotní genom, genom člověka - porovnání, složitost eukaryotních genů. Změny genetické informace – mutace. Epigenetika.

Centrální dogma molekulární biologie – replikace, transkripce a translace, podrobnější popis procesů v prokaryotech a eukaryotech. Genová exprese a její možná regulace. Izolace DNA, polymerázová řetězová reakce (PCR) a její použití v moderních diagnostických metodách v molekulární biologii. Analýza DNA. Elektroforéza, techniky RFLP použití v klinické praxi. Hybridizace DNA a DNA Chipy.

Příprava rekombinantní DNA a její použití, použití restričních enzymů v molekulární biologii a genovém inženýrství. Vektory, typy vektorů a jejich použití v prokaryotních a eukaryotních systémech, klonování DNA. Biotechnologie, genové inženýrství a příprava transgenních organismů (GMO). Použití molekulární biologie v klinické genetice a medicíně, genová terapie.

Charakterizace buněčných typů – prokaryotní, eukaryotní buňka a jejich rozdíly, metabolismus a transport v buňkách. Cytoplazmatická membrána jako nepostradatelná struktura buňky, její chemické složení a funkce v mezibuněčné komunikaci a přenosu signálů, lipidové rafty a fluidita membrány, membránové receptory. Micely a lipozómy jako nástroje – nosiče léčiv v rámci nanotechnologií, lipozomální léčiva v klinické praxi. Buněčný cyklus, apoptóza a nekróza. Buněčná diferenciaci a proliferace v mnohobuněčném organismu. Tkáňové kultury a jejich použití pro studium buněk a buněčných procesů.

Studium individuální buňky a buněčné populace. Mikroskopické metody (světelná a elektronová mikroskopie) použitelné pro studium buněk a buněčných procesů, buněčných populací a tkání. Cytologické metody, průtoková cytometrie. Metody buněčné frakcionace, studium subcelulární úrovně, imunocytochemie, imunohistochemie, ELISA. Metody molekulární biologie, studium

genomu, transkriptomu a proteomu. Metodiky detekce buněčné viability, fluorescenční mikroskopie k detekci buněčné adheze a proliferace, detekce apoptózy a povrchových markerů pomocí průtokové cytometrie. Nádorová transformace buněk, nádorové antigeny a jejich detekce.

V Kladně dne 28. 11. 2022

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan fakulty

doc. Ing. Zoltán Szabó, Ph.D.
vedoucí katedry biomedicínské informatiky