



Природно-математички факултет
Универзитет у Крагујевцу
Радоја Домановића 12, 34000 Крагујевац

РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ
Докторске академске студије

СПЕЦИФИКАЦИЈА ПРЕДМЕТА
на студијском програму
Докторских академских студија Рачунарских наука
у Институту за математику и информатику

Крагујевац
2021.



Попис распореда предмета по модулима са назнаком изборности

Шифра предмета	Назив предмета	Статус предмета
MD2001	Методологија научно-истраживачког рада	обавезан
RN2002	Семинар 1	обавезан
RN2003	Истраживачки рад	обавезан
RN2004	Семинар 2	обавезан
RN2005	Докторска дисертација - теоријске основе	обавезан
RN2006	Докторска дисертација - истраживачки рад 1	обавезан
RN2007	Докторска дисертација - истраживачки рад 2	обавезан
RN2008	Докторска дисертација - истраживачки рад 3	обавезан
RN2010	Теоријско рачунарство	изборни
RN2011	Представљање знања и закључивање	изборни
RN2012	Методе оптимизације	изборни
RN2013	Технологије база података	изборни
RN2014	Дистрибуирани системи и клауд сервиси	изборни
RN2015	Паралелно рачунарство	изборни
RN2016	Одабрана поглавља вештачке интелигенције 1	изборни
RN2017	Одабрана поглавља вештачке интелигенције 2	изборни
RN2018	Обрада природног језика	изборни
RN2019	Рачунарски вид	изборни
RN2020	Пословна интелигенција	изборни
RN2021	Паметни уређаји	изборни
RN2022	Методе моделовања физичких система	изборни
RN2023	Рачунарско моделовање и симулације	изборни
RN2024	Методе развоја иновативног софтвера	изборни
RN2025	Методологија научно-истраживачког рада 2	изборни
RN2026	Одабрана поглавља математичких метода 1	изборни
RN2027	Одабрана поглавља математичких метода 2	изборни
FIZD30	Виши курс радијационе физике	изборни
HD017	Хемоинформатика	изборни
V337	Примењена биоинформатика	изборни
MD2020	Теорија модела	изборни
MD2328	Теорија рекурзија	изборни
MD2340	Одабрана поглавља теорије графова	изборни
MD2350	Спектрална теорија графова са применама	изборни
MD2034	Нумеричко решавање парцијалних диференцијалних једначина	изборни



Природно-математички факултет
Универзитет у Крагујевцу
Радоја Домановића 12, 34000 Крагујевац

РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Докторске академске студије

ОБАВЕЗНИ ПРЕДМЕТИ



Назив предмета: Методологија научно-истраживачког рада			
Наставник или наставници: Марија П. Станић , Милош Р. Ивановић			
Статус предмета: Обавезан			
Број ЕСПБ: 5			
Услов: Уписан први семестар			
Циљ предмета Оспособљавање студената за самостално дизајнирање истраживања у математици/рачунарским наукама, спровођење истраживања, писање чланка за научни часопис и усмено излагање резултата свог научног рада.			
Исход предмета Студент је овладао следећим знањима и вештинама: - усвајање вештина коришћења сервиса за претраживање научних часописа и књига у електронском облику, - анализа публикованих научних радова, - усвајање вештине израде научног рада у коме се износе резултати сопственог истраживања, - способност саопштавања резултата свог научног рада на скупу.			
Садржај предмета Наука и научни позив: услови, подобност, едукација. Научни метод сазнања: дефиниција, структура, историја. Научно истраживање - етапе. Претраживање литературе. Писање научног рада: фазе писања, ефикасно управљање процесом писања, ефикасно структурирање текстова, стварање логичног тока у реченицама и пасусима, цитирање података из литературе, техничка припрема чланка. Ревидирање текстова као одговор на повратне информације колега и коментаре рецензената. Писмо уредништву. Дописивање са уредништвом. Рецензирање рукописа. Посао уредника. Саопштавање на научном скупу. Припрема усменог излагања: концепт излагања, дужина текста и трајање излагања, припрема презентације, учење текста и импровизација, увежбавање и измене, кретање на сцени. Пријава учешћа на скупу: наслов, апстракт, кључне речи.			
Препоручена литература 1. Cargill, Margaret, and Patrick O'Connor. <i>Writing scientific research articles: Strategy and steps</i> . John Wiley & Sons, 2013. 2. N.F. Steenrod, P.R. Halmos, M.M. Schiffer, J.A. Dieudonne: <i>How to write mathematics</i> , American Mathematical Society, 1973. 3. J. Calnan, <i>One way to do research: The A-Z for those who must</i> , William Heineman Medical Books, London, 1976. 4. З.В. Поповић, <i>Како написати и објавити научно дело</i> , Институт за физику, Београд 5. <i>Вредновање науке и научника</i> , Монографије научних скупова АМН СЛД, вол. 5, број1, 2014.			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:	3	Студијски истраживачки рад: 0
Методе извођења наставе Предавања, практичан рад са сервисима за претраживање научних садржаја у електронском облику, самостални рад студената кроз израду домаћих задатака			
Оцена знања (максимални број поена 100) Редовно похађање наставе -10 поена; домаћи задаци - писање апстраката у облику погодном за објављивање у књизи апстраката: 60 поена; усмени испит: 30 поена.			



Назив предмета: Семинар 1		
Наставник или наставници: Наставник саветник		
Статус предмета: Обавезан		
Број ЕСПБ: 4		
Услов: Положен предмет из зимског семестра у оквиру којег је спроведено истраживање чији се резултати презентују на предмету Семинар 1.		
Циљ предмета Циљ предмета је да студент овлада принципима и методама комуникације са научним аудиторијумом. Студент се оспособљава да на ефикасан и адекватан начин износи научно засноване чињенице, да јасно и сажето представља комплексне концепте исправно користећи научну терминологију. Поред развијања презентационих вештина, студент се оспособљава да учествује у групним дискусијама, да износи/брани ставове користећи адекватну аргументацију, опходећи се колегијално и конструктивно.		
Исход предмета Студент је оспособљен да на ефикасан и адекватан начин износи научно засноване чињенице, да јасно и сажето представља комплексне концепте исправно користећи научну терминологију. Студент је оспособљен да учествује у групним дискусијама, да износи/брани ставове користећи адекватну аргументацију, опходећи се колегијално и конструктивно.		
Садржај предмета Садржај предмета се одређује за сваког кандидата посебно. У договору са наставником саветником студент бира тему везану за област једног од стручних предмета који је положио у зимском семестру. Истраживања које је успешно спровео на предмету из ког је тема изабрана, студент продубљује и резултате истраживања презентује пред аудиторијумом SciMi семинара, научног семинара Института за математику и информатику. Презентација има форму предавања на српском језику у трајању од 45 минута, за коју студент припрема електронску презентацију. Као део активности у оквиру Семинара 1, студент има обавезу да присуствује презентацијама осталих докторанада и наставног особља које се одвијају на SciMi семинару. На тај начин студент има прилику да се упозна са различитим техникама презентације, уочи добре и лоше стране, али и прошири сопствена сазнања о различитим областима рачунарских наука. Комуницирајући са присутнима у улози предавача и слушаоца, студент развија вербалне и невербалне комуникационе вештине неопходне за конструктивну размену идеја и мишљења унутар тимова, али и научне јавности. Потврду успешно обављеног Семинара 1 даје наставник саветник.		
Препоручена литература Литература се састоји од рецензираних књига и радова.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 0	Студијски истраживачки рад: 3
Методе извођења наставе Самостални истраживачки рад. Консултације. Активно учешће у дискусијама и семинарима.		
Оцена знања (максимални број поена 100)		



Назив предмета: Истраживачки рад		
Наставник или наставници: Наставник саветник		
Статус предмета: Обавезан		
Број ЕСПБ: 15		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Циљ предмета да је припремање студента за развој и евалуацију нових научних метода и процедура за решавање реалних проблема кроз проучавање и примену постојећих. Студент се оспособљава за самостално проучавање и разумевање метода и резултата приказаних у научним радовима. Студент се упознаје са техникама које се користе у научном и истраживачком раду и оспособљава да их примени. Кроз активности на предмету код студента се развијају вештине решавања комплексних проблема које укључују: проналажење и разумевање научне литературе, употребу одговарајућих програмских језика, специјализованих библиотека и софтверских оквира/окружења, евалуацију постојећих процедура.		
Исход предмета Студент је оспособљен да самостално примењује стечена знања из области које је изучавао, ради сагледавања структуре задатог проблема и његовој системској анализи у циљу извођења закључака о могућим правцима његовог решавања. Кроз самостално коришћење литературе, студент је оспособљен да проширује знања из изабраног подручја, проучава радове који се односе на сличну проблематику и критички примењује методе на решавање задатог проблема.		
Садржај предмета Садржај предмета одређује наставник саветник за сваког кандидата посебно. За изабрану област истраживања студент добија до 5 изабраних радова које има задатак да проучи, разуме изложене методе и начин њихове примене на проблеме изложене у радовима. Наставник саветник дефинише реалан проблем који студент има задатак да реши применом једне или више методологија изложених у радовима које је проучавао. На недељном нивоу, студент извештава наставника саветника о активностима везаним за истраживање и проблемима на које је наишао. Студент пише семинарски рад у коме даје: <ul style="list-style-type: none">• приказ добијених радова.• опис задатог проблема,• дискусију о могућностима примене метода изложених у радовима на решавање задатог проблема,• опис методологије коју је применио у решавању проблема,• добијене резултате. Сматра се да је студент успешно обавио истраживачки рад када наставник саветник прихвати написани семинарски рад.		
Препоручена литература Литература се састоји од рецензираних књига и радова.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 0	Студијски истраживачки рад: 13
Методе извођења наставе Самостални истраживачки рад. Редовне консултације. Израда и одбрана семинарског рада.		
Оцена знања (максимални број поена 100)		



Назив предмета: Семинар 2		
Наставник или наставници: Наставник саветник		
Статус предмета: Обавезан		
Број ЕСПБ: 6		
Услов: Положен Истраживачи рад.		
Циљ предмета Циљ предмета је да оспособљавање студента за комуникацију са ширим научним аудиторијумом на енглеском језику.		
Исход предмета Студент је способен да на енглеском језику на ефикасан и адекватан начин износи научно засноване чињенице, да јасно и сажето представља комплексне концепте исправно користећи научну терминологију. Студент је способен да сумира резултате истраживања и да их на концизно, ефикасно и ефектно представи у усменом излагању и у форми постера.		
Садржај предмета Садржај предмета је одређен темом Истраживачког рада. Резултате истраживања спроведеног на Истраживачком раду студент припрема за презентовање на енглеском језику пред аудиторијумом SciMi семинара, научног семинара Института за математику и информатику. Презентовање резултата одговара форми презентовања на научним конференцијама и подразумева: <ul style="list-style-type: none">• усмено излагање у трајању од 15 до 20 минута,• израду електронске презентације која прати усмено излагање,• израду електронске верзије постера. Као део активности у оквиру Семинара 2, студент има обавезу да присуствује презентацијама осталих докторанада и наставног особља које се одвијају на SciMi семинару. На тај начин студент има прилику да се упозна са различитим техникама презентације, уочи добре и лоше стране, али и прошири сопствена сазнања о различитим областима рачунарских наука. Комуницирајући са присутнима у улози предавача и слушаоца, студент развија вербалне и невербалне комуникационе вештине неопходне за конструктивну размену идеја и мишљења унутар тимова, али и научне јавности. Потврду успешно обављеног Семинара 2 даје наставник саветник.		
Препоручена литература 1. Michael Alley, <i>The Craft of Scientific Presentations: Critical Steps to Succeed and Critical Errors to Avoid</i> , 2nd ed., Springer, 2013.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 0	Студијски истраживачки рад: 4
Методe извођења наставе Самостални истраживачки рад. Консултације. Активно учешће у дискусијама и семинарима.		
Оцена знања (максимални број поена 100)		



Назив предмета: Докторска дисертација - теоријске основе		
Наставник или наставници: Наставник саветник		
Статус предмета: Обавезан		
Број ЕСПБ: 15		
Услов: Положени сви изборни предмети и Методологија научно-истраживачког рада 1.		
Циљ предмета Циљ је да студент покаже висок ниво разумевања области из које ће радити Докторску дисертацију. То подразумева да студент покаже да сигурно влада материјом, успешно повезује резултате из одговарајуће научне области и схвата који су отворени проблеми.		
Исход предмета Студент се квалификовао за израду Докторске дисертације. Студент је оспособљен да дефинише проблем и идентификује могуће узроке, да сагледа и обради велику количину информација изложених у научној литератури и издвоји оне које су релевантне за проблем који решава, да да и брани донете закључке, осмисли адекватну методологију за тестирање потенцијалних решења проблема.		
Садржај предмета Докторска дисертација – теоријске основе је квалификациони испит кандидата за израду докторске дисертације. Садржај се формира посебно за сваког кандидата према потребама даљег рада. Наставник саветник дефинише задатак и прави програм рада за свог кандидата, са одговарајућом литературом. У оквиру задате теме која је дефинисана задатком рада студент има задатак да спроведе анализу тренутног стања у области користећи препоручену литературу и сагледа отворене проблеме. О резултатима истраживања стања у области и анализе отворених проблема студент пише извештај у форми семинарског рада. Семинарски рад брани пред трочланом комисијом, коју одређује Веће катедре Института за математику и информатику.		
Препоручена литература Литература се састоји од рецензираних књига и радова.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 0	Студијски истраживачки рад: 10
Методе извођења наставе Наставник саветник дефинише проблем чијим ће се решавањем студент бавити и препоручује литературу. Студент спроводи истраживање и пише семинарски рад. Током истраживања и израде рада, ментор може давати додатна упутства студенту, упућивати на одређену литературу и додатно га усмеравати. У оквиру студијског истраживачког рада студент обавља консултације са ментором и са предметним наставницима, а по потреби и са другим наставницима који се баве проблематиком из области теме самог рада. Семинарски рад студент брани пред трочланом комисијом.		
Оцена знања (максимални број поена 100)		



Назив предмета: Докторска дисертација - истраживачки рад 1		
Наставник или наставници: наставници саветници или ментори на студијском програму		
Статус предмета: Обавезан		
Број ЕСПБ: 15		
Услов: Уписан четврти семестар.		
Циљ предмета Циљ предмета је оспособљавање студента за самосталан научно-истраживачки рад. Од студента се очекује да самостално решава отворене проблеме који ће бити укључени у докторску дисертацију и да добијене резултате представи широј научној јавности на научној конференцији, на енглеском језику.		
Исход предмета Студент је способан да самостално решава отворене проблеме у области рачунарских наука и да их на адекватан начин презентује широј научној јавности на научној конференцији.		
Садржај предмета Садржај се формира посебно за сваког кандидата у складу са темом Докторске дисертације. Студент анализира проблеме отворене темом Докторске дисертације, истражује постојећа решења, поставља хипотезе за решавање посматраних проблема на иновативан и оригиналан начин, и показује њихову валидност и ефикасност кроз одговарајућу имплементацију. Студент има обавезу да добијене резултате истраживања припреми за представљање на научној конференцији, на енглеском језику. Добијањем потврде да је рад прихваћен сматра се да је студент положио овај испит (оцену уписује наставник саветник или ментор).		
Препоручена литература Литература се састоји од рецензираних књига и радова.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 0	Студијски истраживачки рад: 10
Методe извођења наставе Самостални истраживачки рад. Ток истраживања и припрему резултата за објављивање прати задужени наставник кроз редовне консултације са кандидатом.		
Оцена знања (максимални број поена 100)		



Назив предмета: Докторска дисертација - истраживачки рад 2		
Наставник или наставници: наставници саветници или ментори на студијском програму		
Статус предмета: Обавезан		
Број ЕСПБ: 24		
Услов: Уписан пети семестар.		
Циљ предмета Циљ је да студент самостално решава отворене проблеме који ће бити укључени у докторску дисертацију, као и да самостално припреми добијене резултате за публикавање у часописима на енглеском језику.		
Исход предмета Студент је оспособљен за самосталну припрему добијених резултата за публикавање у научним часописима на енглеском језику.		
Садржај предмета Докторска дисертација – научно истраживачки рад 2 подразумева самосталан рад студента на анализи проблема отворених темом Докторске дисертације, истражује постојећа решења, поставља хипотезе за решавање посматраних проблема на иновативан и оригиналан начин, и показује њихову валидност и ефикасност кроз одговарајућу имплементацију. Студент има обавезу да добијене резултате припреми за публикавање у часопису на енглеском језику са рецензијом. Сабмитовањем рада за публикавање сматра се да је студент положио овај испит (оцену уписује наставник саветник или ментор).		
Препоручена литература Литература се састоји од рецензираних књига и радова.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 0	Студијски истраживачки рад: 20
Методe извођења наставе Самостални истраживачки рад. Ток истраживања и писање рада за часопис прати задужени наставник кроз редовне консултације са кандидатом.		
Оцена знања (максимални број поена 100)		



Назив предмета: Докторска дисертација - истраживачки рад 3		
Наставник или наставници: наставници саветници или ментори на студијском програму		
Статус предмета: Обавезан		
Број ЕСПБ: 24		
Услов: Уписан шести семестар.		
Циљ предмета Циљ је да студент самостално решава отворене проблеме који ће бити укључени у докторску дисертацију, као и да добијене резултате припреми и објави у часописима са СЦИ листе, на енглеском језику.		
Исход предмета Студент је оспособљен за самостално решавање математичких проблема и за самосталну припрему добијених резултата за публикавање у научним часописима на енглеском језику.		
Садржај предмета Докторска дисертација – научно истраживачки рад 3 подразумева самосталан рад студента на анализи проблема отворених темом Докторске дисертације, истражује постојећа решења, поставља хипотезе за решавање посматраних проблема на иновативан и оригиналан начин, и показује њихову валидност и ефикасност кроз одговарајућу имплементацију. Студент има обавезу да добијене резултате припреми за публикавање у часопису на енглеском језику са рецензијом. Добијањем потврде да је рад прихваћен за публикавање у часопису са СЦИ листе сматра се да је студент положио овај испит (оцену уписује наставник саветник или ментор).		
Препоручена литература Литература се састоји од рецензираних књига и радова.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 0	Студијски истраживачки рад: 20
Методe извођења наставе Самостални истраживачки рад. Ток истраживања и писање рада за часопис прати задужени наставник кроз редовне консултације са кандидатом.		
Оцена знања (максимални број поена 100)		



Природно-математички факултет
Универзитет у Крагујевцу
Радоја Домановића 12, 34000 Крагујевац

РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ

Докторске академске студије

ИЗБОРНИ ПРЕДМЕТИ



Назив предмета: Теоријско рачунарство		
Наставник или наставници: Зоран Д. Огњановић , Радосав С. Ђорђевић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Упознавање студената са напредним концептима теоријског рачунарства. Темељно познавање и разумевање области математичке логике и формалне теорије као основа рачунарских наука. Оспособљавање студената за решавање проблема у овој области уз употребу научних поступака и метода и имплементацију решења.		
Исход предмета Студент је савладао концепте теоријског рачунарства и оспособљен је да самостално решава проблеме коришћењем стеченог знања.		
Садржај предмета Теорија аутомата. Теорија формалних језика (регуларне, контекстно слободне, контекстно осетљиве граматике, граматике без ограничења). Тјурингове машине. Постови системи. Изачунљивост по Маркову. Теорија сложености израчунавања. Теорија комплексности. Верификација система Апстрактна сложеност израчунавања. Квантна израчунљивост. Теорија алгоритама. Примена теорије израчунљивости. Редукција проблема. Комплетни проблеми. Вероватносне класе сложености. Примене у криптологији..		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. Зоран Огњановић, Ненад Крцавац, <i>Увод у теоријско рачунарство</i>, Факултет организационих наука, Београд, 2005.2. A. Aho, R. Sethi, J. Ullman, <i>Compilers, principles, techniques, and tools</i>, Addison-Wesley, 1986.3. N. Cutland, <i>Computability, an introduction to recursive function theory</i>, Cambridge university press, 1986.4. M. Davis, E. Weyuker, <i>Computability, complexity and languages</i>, Academic Press, 1983.5. J. Hopcroft, J. Ullman, <i>Formal languages and their relation to automata</i>, Addison-Wesley, 1969.6. H. Lewis, C. Papadimitriou, <i>Elements of the theory of computation</i>, Prentice-Hall, 1981.7. C. Papadimitriou, <i>Computational complexity</i>, Addison-Wesley, 1995.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Предавања подржана софтверским системима за управљање садржајима за учење. Самостални рад студената уз одговарајућу литературу, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 40 поена, Писмени испит: 30 поена, Усмени испит: 30 поена		



Назив предмета: Представљање знања и закључивање		
Наставник или наставници: Зоран Д. Огњановић , Радосав С. Ђорђевић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Упознавање студената са разним врстама неklasичних логика и њиховим коришћењем у представљању знања. Оспособљавање студената за успешну имплементацију и примену различитих метода закључивања.		
Исход предмета Студент је савладао основне концепте неklasичних логика и оспособљен је да самостално решава проблеме коришћењем стеченог знања.		
Садржај предмета Моделирање знања, формални оквири. Синтакса и семантика. Класична логика, поливалентне логике. Фази скупови. Herbrandt-ова теорема. Примери одлучивих и неодлучивих теорија. Стандардна резолуција. Доказивање теорема резолуцијом. Доказивање базирано на табло методи. Сколемова нормална форма, КНФ, ДНФ, нормалне форме у неklasичним логикама. Модалне и темпоралне логике. Метода префиксираних таблоа. Дуални табло и резолуција. Замена за класичну логику. Релевантна логика Вероватносне логике. Резоновање о вероватноћи. Исказна вероватносна логика LPP1. Предикатска вероватносна логика првог реда. Вероватносне и модалне логике. Интуиционизам. Крипкеови модели. Закључивање на основу несигурног знања и непотпуних информација. Немонотоне логике и закључивање по дифолту. Дескриптивне логике. Дефиниције основних појмова. Аутоматско закључивање. Примена дескриптивне логике у семантичком Web-у.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. F. Van Harmelen, V. Lifschitz, B. Porter (eds). <i>Handbook of knowledge representation</i>. Elsevier, 2008.2. Зоран Огњановић, Ненад Крцавац, <i>Увод у теоријско рачунарство</i>, Факултет организационих наука, Београд, 2005.3. Zoran Ognjanović (eds), <i>Probabilistic Extensions of Various Logical Systems</i>, Springer, 2020.4. C. Chang, R. Lee, <i>Symbolic logic and mechanical theorem proving</i>, Academic press, 1973.5. G. Hughes, M. Cresswell, <i>A companion to modal logic</i>, Methuen, 1984.6. F. Baader, D. L. McGuinness, D. N. Peter, F. Patel-Schneider, <i>The description logic handbook: Theory, implementation, and applications</i>, Cambridge University Press, 2002.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Предавања подржана софтверским системима за управљање садржајима за учење. Самостални рад студената уз одговарајућу литературу, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 40 поена, Писмени испит: 30 поена, Усмени испит: 30 поена		



Назив предмета: Методе оптимизације		
Наставник или наставници: Бобан С. Стојановић , Вишња М. Симић		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета СТИЦАЊЕ ЗНАЊА О МЕТОДАМА КОЈЕ СЕ МОГУ ПРИМЕНИТИ ПРИ РЕШАВАЊУ ШИРОКЕ КЛАСЕ ОПТИМИЗАЦИОНИХ ПРОБЛЕМА.		
Исход предмета Студенти ће разумети предности и недостатке различитих метода оптимизације и моћи ће да процене њихову ефикасност, ограничења и квалитет. Биће спосебни да примене стечена знања за развој и примену одговарајућих метода оптимизације.		
Садржај предмета Оптимизациони процеси. Локални спуст. Методе првог реда (Градијентни спуст, Адаптивни субградијентски метод, Хиперградијентски спуст...). Методе другог реда (Њутнов и квази-Њутнов метод). Директне методе (Пауелов метод, Хук-Џивс метод, Нелдер-Мид симплекс метод...). Стохастичке методе (Симулирано каљење, Mesh Adaptive Direct Search, Стратегије природне еволуције...). Популационе методе (Генетски алгоритам, Диференцијална еволуција, Интелигенција роја, Хибридне методе...). Оптимизација са ограничењима (Лагранжови мултипликатори, Ограничења неједнакостима, Методе унутрашњих тачака...) . Вишекритеријумска оптимизација. Сурогат модели и вероватносни сурогат модели. Оптимизација у присуству непоузданости. Дискретна оптимизација. Оптимизација у машинском учењу. Стохастички градијентни спуст. Регулација. Адаптивна регуларизација. Алгоритми <i>AdaGrad</i> , <i>Adam</i> и други.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. M. J. Kochenderfer, T. A. Wheeler, Algorithms for Optimization, The MIT Press, 20192. T. El-Ghazali, <i>Metaheuristics: from design to implementation</i>, Vol. 74, John Wiley & Sons, 2009.3. Sun, S., Cao, Z., Zhu, H. and Zhao, J., A survey of optimization methods from a machine learning perspective. IEEE transactions on cybernetics, 2019.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава:	Студијски истраживачки рад:
Методе извођења наставе Предавања подржана софтверским системима за управљање садржајима за учење. Самостални рад студената уз одговарајућу литературу, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 40 поена, Писмени испит: 30 поена, Усмени испит: 30 поена		



Назив предмета: Технологије база података		
Наставник или наставници: Милош Р. Ивановић , Ана М. Капларевић-Малишић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан текући семестар		
Циљ предмета Циљ овог предмета је упознавање студента са актуелним моделима података, технологијама и приступима изградњи система и услуга база података. Студенти се оспособљавају да активно прате научну литературу и истраживачки рад у области и спроводе истраживања у циљу решавања реалних проблема, које захтева развој и/или употребу модела података и система за управљање подацима.		
Исход предмета Студент је упознат са актуелним моделима података, технологијама и приступима изградњи система и услуга база података. Оспособљен је да напредне концепте и технологије база података употреби у решавању комплексних реалних проблема повезаних са складиштењем и процесирањем неструктурираних, полуструктурираних и структурираних података. Студент је упознат са тренутним правцима истраживања у области и њиховим могућим исходима. У стању је да спроводи истраживања у области, идентификује примарне референце, анализира их и доноси смислене закључке. Студент је оспособљен да критички анализира адекватност примене постојећих метода, техника и алата, да уочава правце и начине могућих побољшања постојећих или да самостално или у тиму развија нове методе, технике и алате у домену модела података и система за управљање подацима.		
Садржај предмета Дизајн дистрибуираних база податка. Фрагментација и алокација, комбиновани и адаптивни приступи фрагментацији и локацији. Контрола приступа. Контрола интегритета. Дистрибуирано процесирање упита. Дистрибуиране трансакције. Репликација: конзистентност, стратегије ажурирања реплика, протоколи репликације, репликација и откази. Интеграција база податка. Паралелизовани системи база података. Архитектуре паралелизације. Паралелно процесирање упита. Балансирање оптерећења. Кластери база података. Peer-to-peer управљање подацима. Инфраструктура. Мапирање шема. Процесирање упита. Конзистентност реплика. <i>Blockchain</i> . Процесирање великих података. Дистрибуирани системи складиштења (дистрибуирани фајл системи (HDFS), складишта објеката (S3)). Софтверски оквири за процесирање великих података (MapReduce, Spark). Управљање ресурсима (YARN). Управљање токовима података. Платформе за аналитику графова. <i>Data lakes</i> . Логичка организација, модели података, синтакса. Формати података и синтакса (XML, JSON, RDF, CSV, YAML). Модели података (графовски, релациони, стабла). Валидација. Упитни језици (SQL, JSONiq). Кључ-вредност складишта, складишта докумената, графовске базе, хибридна складишта. <i>Polystore</i> интефејси. Веб подаци. Управљање веб графовима. Претрага. Упити. Интеграција.		
Препоручена литература 1. Peter Bailis, Joseph M. Hellerstein, Michael Stonebraker, <i>Readings in Database Systems</i> , Fifth Edition, 2015. http://www.redbook.io/ 2. Ozsu M.T., Valduriez P, <i>Principles of distributed database systems</i> , 4th edition, Springer, 2020 3. Електронски часописи и зборници радова.		
Број часова активне наставе:	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методe извођења наставе Предавања подржана практичним примерима. Самостални рад студената уз одговарајућу литературу, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 50 поена, Усмени део испита: 50 поена		



Назив предмета: Дистрибуирани системи и клауд сервиси		
Наставник или наставници: Милош Р. Ивановић		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Циљ курса је да пружи детаљно знање и разумевање дистрибуираних алгоритама, сервисно-оријентисане архитектуре софтвера, рачунарства у облаку свих нивоа (IaaS, PaaS, SaaS), пружи знање о инфраструктури, платформама и апликацијама, упозна се са обрасцима дизајна, моделима архитектуре и најбољим праксама.		
Исход предмета Студенти ће бити у могућности да развију инфраструктуру за рад јавних, хибридних и приватних облака, да дизајнирају и имплементирају архитектуру PaaS сервиса, дизајнирају и имплементирају апликације на бази комерцијалних PaaS платформи. Студенти ће бити обучени да развију апликације на најважнијим PaaS / IaaS платформама.		
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> Развијање апликација за серверску страну. Дефиниција рачунарства у облаку, сврха, улога и значај, циљеви. Изазови: Управљање инфраструктуром, архитектура апликација у облаку, складиштење података, безбедност, други аспекти. Карактеристике: еластичност и скалабилност, приступ у виду услуга, мониторинга, дељење ресурса (удруживање), итд. Модели услуга: IaaS (Infrastructure-as-a-Service), PaaS (Platform-as-a-Service), SaaS (Software-as-a-Service). <i>Практична настава: Вежбе, Други облици наставе, Студијски истраживачки рад</i> Инсталирање, подешавање и конфигурисање. 12-факторске апликације. Развој апликација за облак. Конфигурисање хибридног облака. Упознавање функционалности најважнијих јавних облака: AWS, Google App Engine, Azure, OpenStack, итд. Контејнеризација. Развој и одржавање апликација за Kubernetes платформу. Скалирање, SLA, QoS. Развој и постављање апликација које хостују предиктивне моделе зансоване на машинском учењу.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. Lynch, Nancy A. <i>Distributed algorithms</i>. Elsevier, 1996.2. Burns, Brendan. <i>Designing Distributed Systems: Patterns and Paradigms for Scalable, Reliable Services</i>. O'Reilly Media, Inc., 20183. Varia, Jinesh. <i>Cloud architectures, White Paper of Amazon</i>, jineshvaria.s3.amazonaws.com/public/cloudarchitectures-varia.pdf 16 (2008).4. Erl, Thomas, Ricardo Puttini, and Zaigham Mahmood. <i>Cloud computing: concepts, technology, & architecture</i>. Pearson Education, 2013.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Предавања, семинарски радови, практични рад.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 50 поена, Усмени део испита: 50 поена		



Назив предмета: Паралелно рачунарство		
Наставник или наставници: Милош Р. Ивановић , Ана М. Капларевић-Малишић		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Циљ предмета је да студентима пружи знања вишег нивоа о паралелним рачунарским системима и њиховом програмирању и апликацијама. У оквиру предмета се изучавају технике паралелног програмирања које се могу окарактерисати као нестандартне и напредне.		
Исход предмета Након одслушаног предмета, очекује се да студент буде способан да: <ul style="list-style-type: none">• Разуме појмове и поседује вештину конкретне имплементације напредних алгоритама у окружењу MPI стандарда уз употребу програмског језика C• Разуме суштину паралелних улазно-излазних операција и паралелних фајл система• Да решава једноставније проблеме базиране на декомпозицији података коришћењем графичких процесора опште намене• Да разуме могућност примене и ограничења Apache Spark оквира у паралелном програмирању.		
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> MPI-2 стандард. Паралелни фајл системи. Програмирање паралелних улазно-излазних операција. OpenMP стандард. Хибридно MPI/OpenMP програмирање. Дебагирање паралелних апликација. Графички процесори опште намене. CUDA/OpenCL платформе. Хибридно програмирање коришћењем CUDA/MPI технологија. Употреба Apache Spark софтверског оквира у класичним и савременим проблемима паралелног програмирања. <i>Практична настава: Вежбе, Други облици наставе, Студијски истраживачки рад</i> Практични рад ће подразумевати примену стеченог знања на решавање конкретних актуелних проблема у различитим областима, као што су моделовање физичких проблема, телекомуникације, механика, хидрологија, биоинжењеринг, итд. Оптимизација перформански паралелних програма на ниском нивоу.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. Frampton, Mike. <i>Mastering Apache Spark</i>. Packt Publishing Ltd, 2015.2. George Em Karniadakis, <i>Parallel Scientific Computing in C++ and MPI: A Seamless Approach to Parallel Algorithms and their Implementation</i>, Cambridge University Press, 2003.3. Schmidt, Bertil, et al. <i>Parallel programming: concepts and practice</i>. Morgan Kaufmann, 2017.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Предавања, семинарски радови, практични рад.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 50 поена, Усмени део испита: 50 поена		



Назив предмета: Одабрана поглавља вештачке интелигенције 1		
Наставник или наставници: Вишња М. Симић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Продубљивање знања из области вештачке интелигенције. Оспособљавање студената да теоријска знања употребе за решавање захтевних реалних и истраживачких проблема.		
Исход предмета Студенти су оспособљени да и развију систем заснован на вештачкој интелигенцији у циљу решавања конкретних реалних проблема из различитих области. Студенти су компетентни да методе и технике вештачке интелигенције употребе у истраживањима, како оним која спроводе на пројектима у оквиру осталих предмета докторских академских студија, тако и при истраживањима везаним за израду докторске дисертације. Студенти су способни да са научног аспекта критички расуђују о могућностима и ограничењима вештачке интелигенције.		
Садржај предмета Одабрана поглавља из следећих области: Интелигентно претраживање. Хеуристичке методе. Претраживање са супротстављањем. Претраживање у реалном времену. Расуђивање и доношење одлука у условима неизвесности. Системи засновани на правилима. Фази закључивање. Вероватносно расуђивање. Планирање и деловање агента у реалном окружењу. Хеуристике у планирању. Машинско учење. Визуелизација података. Припрема података. Алгоритми надгледаног учења. Алгоритми ненадгледаног учења. Евалуација модела. Тумачење модела машинског учења. Аутоматизовано машинско учење. Оптимизација хиперпараметара. Мета учење. Разумљиви модели машинског учења: правила удруживања. Учење у динамичким системима. Учење из временских и просторно дефинисаних података. Откривање знања у токовима података.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. <i>The elements of statistical learning</i>, 2nd edition, Springer, 2009.Flach, Peter. <i>Machine learning: the art and science of algorithms that make sense of data</i>. Cambridge University Press, 2012.Hutter, Frank, Lars Kotthoff, and Joaquin Vanschoren. <i>Automated machine learning: methods, systems, challenges</i>. Springer Nature, 2019.Bifet, Albert, et al. <i>Machine learning for data streams: with practical examples in MOA</i>. MIT Press, 2018.Brunton, Steven L., and J. Nathan Kutz. <i>Data-driven science and engineering: Machine learning, dynamical systems, and control</i>. Cambridge University Press, 2019.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методe извођења наставе Предавања подржана софтверским системима за управљање садржајима за учење. Самостални рад студената уз одговарајућу литературу, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 40 поена, Писмени испит: 30 поена, Усмени испит: 30 поена		



Назив предмета: Одабрана поглавља вештачке интелигенције 2		
Наставник или наставници: Вишња М. Симић , Бранко Ј. Арсић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Темељно познавање и разумевање напредних области вештачке интелигенције. Оспособљавање студената за решавање комплексних реалних проблема напредним методама и техникама вештачке интелигенције.		
Исход предмета Студенти познају различите напредне методе и технике које се употребљавају за развој система вештачке интелигенције. Студенти имају способност да коришћењем научне методологије врши анализу, синтезу и предвиђање решења и њихових последица на циљне проблеме. Студенти су оспособљени да напредне методе вештачке интелигенције примене у решавању комплексних реалних проблема из различитих области. Студенти прибављају, селекутују и процењују нове информације и правилно их тумаче. Студенти су компетентни да врше даља истраживања у овој области.		
Садржај предмета Одабрана поглавља из следећих области: Неуронске мреже. Математички и теоријски модели. Механизми обучавања и евалуације. Дубоке неуронске мреже. Интерпретација научених модела. Генеративни модели. Варијациони аутоенкодерс. Генеративно супротстављене мреже. Графовске неуронске мреже. Графовске конволуционе и рекурентне мреже. Графови, орјентисани и хетерогени графови, динамички графови, вишедимензионални графови. Системи за препоруку. Системи за препоруку базирани на садржају. Графовски системи за препоруку. Хибридни системи за препоруку. Евалуација система за препоруку. Учење вероватносних модела. Бајесовско учење. Учење Марковљевих модела. Обучавање са појачавањем. Марковљев процес одлучивања. Пасивно и активно обучавање. Претрага политика.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. Kevin P. Murphy. <i>Machine Learning: A Probabilistic Perspective</i>. MIT Press 20122. C.M. Bishop. <i>Pattern Recognition and Machine Learning</i> (2006), Springer3. Langr J., Bok B. <i>GANs in Action: Deep learning with Generative Adversarial Networks</i>-Manning Publications 20194. Ricci F., Rokach L., Shapira B, Kantor P.B. <i>Recommender Systems Handbook</i>, 2nd edition. Springer, 2015.5. Alexander Zai, Brandon Brown. <i>Deep Reinforcement Learning in Action</i>, 1st Edition. Manning Publications, 2020.6. Zhiyuan Liu, Jie Zhou. <i>Introduction to Graph Neural Networks (Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning)</i>. Morgan & Claypool Publishers, 2020.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Предавања подржана софтверским системима за управљање садржајима за учење. Самостални рад студената уз одговарајућу литературу, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 40 поена, Писмени испит: 30 поена, Усмени испит: 30 поена		



Назив предмета: Обрада природних језика		
Наставник или наставници: Бранко Ј. Арсић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Овај предмет треба да омогући студентима да стекну дубља и потпунија знања о техникама и алгоритмима који се примењују у обради и анализи текста и могућностима њихове примене у практичним ситуацијама. Предмет треба да представља припрему студената за самосталан истраживачки рад у области обраде природног текста коришћењем стандардних статистичких приступа, као и приступа који се заснивају на дубоком учењу.		
Исход предмета Студенти познају различите напредне методе и технике које се употребљавају за обраду и анализу текста. Студенти имају способност да коришћењем научне методологије врши анализу, синтезу и предвиђање решења и њихових последица на циљне проблеме. Студенти су оспособљени да напредне технике дубоког учења примене у решавању комплексних реалних проблема који се тичу обраде текста са различитих аспеката. Студенти су компетентни да врше даља истраживања у овој области.		
Садржај предмета Сегментација текста; препознавање речи и препознавање реченица. Корпуси и токенизација. Морфолошка анализа текста – лематизација, етикетирање врсте речи, избор скупа етикета, стеминг. Статистички модели језика. Нормализација текста. Отклањање вишезначности. Синтаксна анализа и парсирање. Векторска репрезентација речи, врећа речи, ТФ-ИДФ. Лексичка семантика. Детекција ентитета, анализа сентимента, екстракција термина, двосмисленост, WordNet. Релациона семантика. Екстракција везе између ентитета, семантичко парсирање, означавање семантике у реченици. Обрада текста помоћу дубоких рекурентних неуронских мрежа, LSTM ћелија. Трансформерс модели, BERT, ViLBERT, RoBERT, ALBERT, Distil BERT итд. Примене: сумаризација текста, машинско превођење, генерисање природног језика, разумевање природног језика, питања и одговори, чет-ботови.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">Chris Manning and Hinrich Schütze. <i>Foundations of Statistical Natural Language Processing</i>. MIT Press. Cambridge, MA: 1999.Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville. <i>Deep learning</i>. MIT Press, 2016.Daniel Jurafsky & James H. Martin. <i>Speech and Language Processing</i>. Prentice Hall 2008.Sowmya Vajjala, Bodhisattwa Majumder, Anuj Gupta, Harshit Surana. <i>Practical Natural Language Processing</i>. O'Reilly Media, 2020.Ruslan Mitkov. <i>The Oxford Handbook of Computational Linguistics</i>, 2nd edition. Oxford Univ. Press, 2014.B. Liu. <i>Sentiment Analysis: Mining Opinions, Sentiments, and Emotions</i>. Cambridge University Press, 2015.		
Број часова активне наставе:	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Предавања подржана практичним примерима из обраде и анализе природног језика. Самостални рад студената уз одговарајућу литературу, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 40 поена, Писмени испит: 30 поена, Усмени испит: 30 поена		



Назив предмета: Рачунарски вид		
Наставник или наставници: Бранко Ј. Арсић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Темељно познавање и разумевање напредних техника обраде слика. Оспособљавање студената за решавање комплексних реалних проблема везаних за дигиталну обраду слике коришћењем традиционалних техника и техника дубоког учења.		
Исход предмета Студенти познају различите напредне методе и технике које се употребљавају за обраду дигиталних слика. Студенти имају способност да коришћењем научне методологије врши анализу, синтезу и предвиђање решења и њихових последица на циљне проблеме. Студенти су оспособљени да напредне технике дубоког учења примене у решавању комплексних реалних проблема који се тичу обраде слике и видео снимака из различитих области као што су медицина, пољопривреда, екологија итд. Студенти су компетентни да врше даља истраживања у овој области.		
Садржај предмета Принципи формирања слике, основни филтери, трешхолдинг технике, ресторација и реконструкција дигиталних слика, уклањање шума, детекција ивица, бинарна анализа облика, морфолошко процесирање, ерозија, дилатација, отварање, затварање, детекција линија и кругова. Примена дубоких конволуционих мрежа на проблеме обраде слике, утицај архитектуре мреже на перформансе модела, начин обучавања, утицај нормализације и претпроцесирања, учење из огаченог скупа података (трансфер знања, аугментација). Упознавање концепта рада различитих програмских оквира за имплементацију алгоритама машинског учења (PyTorch, Tensorflow, Caffe). Анализа слике коришћењем механизма машинског учења (дубоке неуронске мреже), генерисање слика коришћењем генеративних модела, евалуација, анализа и интерпретација модела машинског учења. Генерализација на вишедимензионалне слике и видео снимке. Примена : класификација, сегментација и детекција у различитим областима (медицина, инжењерство, екологија, пољопривреда итд.)		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. Rafael Gonzales and Richard Woods. <i>Digital Image Processing</i>, Third Edition. Pearson, Prentice Hall, 2007.2. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville. <i>Deep learning</i>. MIT Press, 2016.3. Christopher M. Bishop. <i>Pattern Recognition and Machine Learning</i>. Springer, 2006.4. Richard Szeliski. <i>Computer Vision. Computer Vision: Algorithms and Applications</i>. Springer, 2010.5. David Foster. <i>Generative Deep Learning: Teaching Machines to Paint, Write, Compose, and Play</i>. O'Reilly Media, 2019.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Предавања подржана практичним примерима из обраде и анализе дигиталних слика. Самостални рад студената уз одговарајућу литературу, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 40 поена, Писмени испит: 30 поена, Усмени испит: 30 поена		



Назив предмета: Пословна интелигенција		
Наставник или наставници: Ненад Д. Стефановић		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Упознавање и овладавање концептима, методама, техникама и алатима пословне интелигенције (BI), Data Science и аналитике великих количина података (Big Data).		
Исход предмета Стечена знања из области анализе пословних система, информационих система, интеграције података (екстраковање, трансформација, пречишћавање и учитавање података), димензионалног моделирања података, дизајна складишта података, OLAP (On Line Analytical Processing), Data Mining-а (машинског учења), сервиса и алата за аналитику у облаку, анализе великих количина података, управљања перформансама, као и извештавања и визуелизације података. Знања која су студенти стекли после савладавања програма: Методе, технике и алате пословне интелигенције, односно науке о подацима (Data Science). Пројектовање интелигентних информационих система у различитим областима. Вештине које су студенти стекли после савладавања програма: Практична примена теорисјких знања и ефикасно коришћење алата за реализацију NoSQL, Data Warehouse, Big Data и Data Mining (Machine Learning) система и способност тумачења резултата. Студенти ће бити оспособљени за примену BI система у електронском пословању и различитим областима привреде.		
Садржај предмета Основи система пословне интелигенције; Анализа и моделирање пословних система за реализацију BI пројеката; Складишта података и OLAP; Димензионално моделирање (коцке, димензије, facts, хијерархије, KPI, денормализација); Унапређење перформанси BI система (tuning, партиципација, итд.); Језици за упите (MDX, DAX, R, Python, итд.); Real Time BI и мониторинг пословних активности (Business Activity Monitoring – BAM); Data Mining (Machine Learning) – алгоритми, методе развоја DM модела, демонстрација на конкретним примерима; Управљање перформансама предузећа (Performance Management – PM) - Key Performance Indicators – KPI, Balanced Scorecard, софтвер за PM; Извештавање (креирање извештаја, dashboards, mashups, итд.); BI портали; BI модули водећих софтверских пакета (SAP BW, Oracle Enterprise Business Intelligence или Microsoft Dynamics BI); Big Data аналитика (Hadoop, Spark, Pig, Mahout, Hive, HDInsight, Data Lake, Data Factory, итд.); Анализа података у покрету (Stream Analytics); Аналитика у клауду; Интелигентни сервис и дигитални помоћници за аналитику и доношење одлука. BI решења у разним областима. Пројектовање и развој BI система коришћењем одговарајућих софтверских производа и скупова података. Рад у клауд окружењу за аналитику (платформе, сервис и алати). Excel и Power BI сервис за извештавање и визуелизацију. Azure сервис и алати за обраду података и аналитику. BI системи и алати отвореног кода.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. Ненад Стефановић, <i>Пословна интелигенција у сложеним B2B мрежама</i>, ПМФ, Крагујевац, 2016.2. Has Altaiar, Jack Lee, Michael Pena, <i>Cloud Analytics with Microsoft Azure: Build Modern Data Warehouses with the Combined Power of Analytics and Azure</i>, Packt Publishing, 2019.3. Ramesh Sharda, Dursun Delen, Efraim Turban, David King, <i>Business Intelligence, Analytics, and Data Science: A Managerial Perspective</i>, Pearson, 2017.4. Brian Larson, <i>Data Analysis with Microsoft Power BI</i>, McGraw-Hill Education, 2019.5. C.S.R. Prabhu, Aneesh Sreevallabh Chivukula, Aditya Mogadala, Rohit Ghosh, L.M. Jenila Livingston, <i>Big Data Analytics: Systems, Algorithms, Applications</i>, Springer, 2019.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Комбинација класичне наставе са е-учењем и уз одговарајућу литературу. Проблемски-оријентисана настава, практична настава, самостални рад студената – домаћи задаци и пројектни задаци. Употреба најсавременијих веб сервиса (Office 365) у настави, комуникацији, тимском раду, развоју апликација и сарадњи. Одржавање консултација уживо и путем видео конференција.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Колоквијум 30 поена, пројектни задатак 40 поена, усмени испит 30 поена.		



Назив предмета: Паметни уређаји		
Наставник или наставници: Владимир М. Цвјетковић		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Комбиновање / проширивање домена Интернета ствари (IoT) са неким областима вештачке интелигенције за програмирање малих микроконтролерских уређаја са сензорима за препознавање покрета, гестова, звукова, гласова и других података са сензора, као подршке за имплементацију малих паметних уређаја који могу да комуницирају и сарађују са људима као и са другим уређајима. Мали сензори ових уређаја се користе као генератори података којима се врши обучавање и тестирање модела машинског учења. Имплементирани модели могу да се извршавају на малим уређајима који могу да се налазе на пр. на одећи (wearables) и да на тај начин омогуће и подрже разне паметне функционалности везане за комуникацију гестовима, препознавање покрета, звучних и гласовних шаблона на које реагују покретањем одговарајућих акција комуникацијом са другим уређајима из окружења.		
сход предмета Познавање и овладавање технологијама Интернета ствари и машинског учења, што треба да резултује у самосталном пројектовању и имплементацији паметних уређаја базираних на сензорима и микроконтролерима који могу да комуницирају и сарађују са другим потребним хардверским и софтверским компонентама.		
Садржај предмета Обавезна и одабрана поглавља из домена Интернета ствари, као и вештачке интелигенције / машинског учења у зависности од одабраног усмерења студента. Обавезна поглавља IoT: програмирање микроконтролера и мрежна конекција Обавезна поглавља машинског учења: Тензор флоу (Tensor Flow) платформа за машинско учење Разни примери програмирања микроконтролера и мрежних конекција, аквизиција података са одговарајућих сензора, развој модела, тренирање и тестирање са подацима добијеним са сензора, развој апликације са паметним уређајима.		
Препоручена литература 1. Michael A. Nielsen, <i>Neural Networks and Deep Learning</i> , Determination Press, 2015 2. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, <i>Deep Learning</i> , MIT Press 2016 3. Avinash Manure, Pramod Singh, <i>Learn TeansorFlow 2.0</i> , 2020 4. Umesh Lokhande, <i>Mastering Microcontroller Programming</i>		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Менторска настава - консултације		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 30 поена, Усмени испит: 70 поена		



Назив предмета: Методе моделовања физичких система		
Наставник или наставници: Марина Р. Свичевић , Бобан С. Стојановић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Упознавање студената са методама софтверске имплементације математичко-физичких модела одређених физичких појава, који се кроз феноменолошка пресликавања могу применити на широк спектар појава и у другим, како природним тако и друштвеним, сферама живота.		
Исход предмета Овладавање вештинама моделовања сложених физичких појава коришћењем нумеричких метода и рачунарског програмирања. Примена на симулацију система присутних у електротехници, медицини, физици, хемији, биологији, економији, социологији, климатологији итд.		
Садржај предмета Постављање модела или препознавање и примена постојећих модела у потрази за решењима за одређене физичке и аналогне проблеме. Нумеричка прецизност, узроци грешака и анализа грешака у моделовању физичких система на рачунару. Операције са векторима и матрицама у нумеричком решавању. Методе за интерполацију, екстраполацију и прилагођавање физичких података у практичним проблемима. Општа теорија итеративних процеса. Методе нумеричке интеграције у опису физичких система. Нелинеарне једначине и системи у моделовању физичких система. Нумеричко решавање обичних и парцијалних диференцијалних једначина у опису физичких система. Примена стеченог знања на моделовање сложених физичких система у различитим областима.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. Morten Hjorth Jensen, <i>Computational Physics</i>, University of Oslo, 20092. D. G. Zill, <i>A first course in differential equations with modelling applications</i>, Brooks/Cole, 20133. Rubin H. Landau, Manuel Jose Paez, Cristian C. Bordeianu, <i>A Survey of Computational Physics - Introductory Computational Science</i>, Princeton University Press, 2008.4. K. J. Bathe, <i>Finite Element Procedures in Engineering Analysis</i>, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1982.5. M. Kojic and K.-J. Bathe, <i>Inelastic analysis of solids and structures</i>, Springer, 2005.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Предавања подржана софтверским системима за управљање садржајима за учење. Самостални рад студената уз одговарајућу литературу, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 40 поена, Писмени испит: 30 поена, Усмени испит: 30 поена		



Назив предмета: Рачунарско моделовање и симулације		
Наставник или наставници: Бобан С. Стојановић		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Упознавање студената са савременим методама и техникама рачунарског моделовања и симулација и примена стеченог знања на решавање реалних проблема.		
Исход предмета Студент је оспособљен да креира моделе различитих објеката, система или појава и да изврши симулацију њиховог понашања у реалним или претпостављеним условима. Студент уме да анализира добијене резултате и да из њих извлачи закључке о утицају имплементираних методологије, параметара модела и улазних података на понашање посматраног система.		
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> Увод у моделовање система: Формализми спецификације система, Нивои знања о систему, Увод у хијерархију спецификације система, Нивои спецификације, Морфизми спецификације система. Оквир за моделовање и симулацију: Ентитети оквира, Примарне релације између ентитета, Друге важне релације. Формализми моделовања и њихови симулатори: Увод, Временски дискретни модели и њихови симулатори, Модели описани диференцијалним једначинама и њихови симулатори, Модели са дискретним догађајима и њихови симулатори. Увод у системе са дискретним догађајима (DEVS): Увод, Спецификација класичних DEVS система, Спецификација паралелних DEVS система, Хијерархијски модели, Објектно оријентисана имплементација DEVS система. Основни формализми: DEVS, DTSS, DESS: Основни формализми спецификације система, Спецификација система са дискретним догађајима (DEVS), Паралелни DEVS системи, Спецификација временски дискретних система, Спецификација система описаних диференцијалним једначинама. Спрегнути вишекомпонентни системи: Формализам DEVS мреже, Формализам вишекомпонентних DEVS система, Формализам DTSS мреже, Формализам вишекомпонентних DTSS система, Формализам DESS мреже, Формализам вишекомпонентних DESS система. Симулатори за основне формализме: Симулатори за DEVS, DEVS Bus, Симулатори за DTSS, Симулатори за DESS. <i>Практична настава: Вежбе, Други облици наставе, Студијски истраживачки рад</i> Студијски истраживачки рад ће подразумевати примену стеченог знања на решавање конкретних актуелних проблема у различитим областима, као што су информатика, телекомуникације, механика, хидрологија, биоинжењеринг, економија итд.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. Bernard P. Zeigler, Tag Gon Kim, Herbert Praehofer. <i>Theory of Modeling and Simulation</i>. Academic Press, A Harcourt Science and Technology Company, San Diego, 2000.2. Kai Velten. <i>Mathematical Modeling and Simulation – Introduction for Scientists and Engineers</i>. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2009.3. Svein Linge, Hans Petter Langtangen. <i>Programming for Computations – Python</i>. Springer Open, 2016.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Предавања подржана практичним примерима моделовања и симулација реалних објеката, система и појава. Самостални рад студената уз одговарајућу литературу, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 50 поена, Усмени део испита: 50 поена		



Назив предмета: Методе развоја иновативног софтвера		
Наставник или наставници: Бобан С. Стојановић		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Оспособљавање студената да осмишљавају и развијају иновативна софтверска решења за актуелне проблеме из реалног света, које није могуће решити стандардним методама и постојећим софтвером. У оквиру предмета, студенти ће се упознати са широком палетом најсавременијих метода из области рачунарских наука, могућностима њиховог комбиновања и примене у решавању различитих реалних изазова, као и са техникама за њихову успешну имплементацију унутар целовитог софтверског решења.		
Исход предмета Студент ће моћи да: <ul style="list-style-type: none">- самостално истражује проблематику за чије је решавање неопходно осмислити и развити иновативно софтверско решење;- прикупи и разуме податке неопходне за решавање проблема;- одабере адекватну технологију за складиштење података,- изабере и примени одговарајуће методе за анализу и обраду података;- развије софтверско решење које имплементира различите методе, технике и алате у циљу решавања задатог проблема;- развије корисничко окружење за визуелизацију података на интуитиван и сугестиван начин;- анализира податке и резултате и на основу њих даје релевантна тумачења узрока појединих појава, као и предикцију будућих понашања посматраног система под задатим условима;		
Садржај предмета У оквиру предавања студенти ће имати прилику да се упознају са основним концептима метода рачунарских наука које се примењују у развоју иновативних софтверских решења. На предавањима ће добити смернице за примену поменутих метода, након чега ће имати задатак да самостално истраже постојећа софтверска решења заснована на овим методама и развију сопствено решење на бази обављеног истраживања. Поред предметних наставника, у наставу ће бити укључени и спољни стручњаци са великим искуством у развоју иновативних софтверских решења у својим областима деловања (биоинжењеринг, хидроинформатика, финансије,...). У оквиру часова вежби, студенти ће имати могућност да у интерактивном раду са предавачима анализирају проблеме у имплементацији одабраних метода, добијене резултате и алтернативна решења.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. Jeffrey C. Carver, Neil P. Chue Hong, George K. Thiruvathukal. <i>Software Engineering for Science</i>. Chapman and Hall, 2020.2. Damian Rouson, Jim Xia, Xiaofeng Xu. <i>Scientific Software Design</i>. Cambridge University Press, 2011.3. Kenneth McKay. <i>Innovative Software</i>. Cambridge Scholars Publishing, 2019.4. Minna Pikkarainen, Wim Codenie, Nick Boucart, José Antonio Heredia Alvaro. <i>The Art of Software Innovation</i>. Springer-Verlag, 2011.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методe извођења наставе Предавања подржана примерима иновативних решења за проблеме из различитих области. Самостални рад студената уз одговарајућу литературу, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Евалуација усвојених знања се спроводи у етапама, током читавог трајања курса, тако што се кроз семинарске радове оцењује успешност студента у истраживању проблематике, одабиру одговарајућих метода и развоју целовитог софтверског решења за задати проблем. Посебна пажња ће бити посвећена оцењивању способности студента да на адекватан, интуитиван и сугестиван начин презентује и протумачи добијене резултате. Семинарски рад – фаза 1: 50 поена, Семинарски рад – фаза 2: 50 поена		



Назив предмета: Методологија научно-истраживачког рада 2		
Наставник или наставници: Бобан С. Стојановић , Вишња М. Симић		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Оспособљавање студената да осмишљавају и формулишу идеје за научно-истраживачке пројекте, формирају пројектне тимове, проналазе одговарајуће фондове за финансирање пројеката, пишу пројектне пријаве, планирају и спроводе одобрене пројекте, и формирају извештаје о њиховој реализацији.		
Исход предмета Студент ће моћи да: <ul style="list-style-type: none">- самостално истражује проблематику коју планира да обради у оквиру планираног пројекта и процени иновативност и остваривост предложене идеје;- осмисли циљеве истраживања и очекиване резултате истраживања- осмисли структуру истраживачког тима и повеже се са потенцијалним партнерским институцијама и истраживачима;- процени неопходне људске и материјалне ресурсе неопходне за реализацију пројекта.- процени могућности коришћења података и експерименталних истраживања у погледу поштовања етичких и правних норми;- осмисли све фазе и очекиване међурезултате током реализацији пројекта;- пронађе изворе финансирања и разуме услове под којима се финансирање реализује;- осмисли све елементе буџета пројекта и потенцијалне ризике у реализацији;- осмисли начине дисеминације резултата пројекта;- формулише пројектну пријаву тако да садржи све елементе прописане условима финансирања- управља свим фазама реализације пројекта- формира периодичне извештаје о реализацији пројекта		
Садржај предмета Припрема за писање пројектне пријаве. Идентификовање истраживачког проблема. Преглед стања у области истраживања. Дефинисање хипотеза. Формулисање новине којом би истраживање резултирало. Идентификовање метода истраживања. Дефинисање структуре и бројности неопходног истраживачког тима. Одређивање новчаних средстава и опреме неопходне за истраживање. Етичке и правне норме које истраживање мора да задовољи. Проналажење извора финансирања чији су услови у сагласности са циљевима и потребама истраживања. Писање пројектне пријаве. Значај комплетног али концизног апстракта. Циљеви и исходи. Опис проблема и преглед литературе. Методологија. Очекивани утицај. Дисеминација резултата. План имплементације. Радни пакети и испоручени резултати. Управљање ризицима. Планирање буџета. Реализација пројекта. Управљање фазама реализације пројекта. Дисеминација резултата. Писање извештаја о реализацији пројекта. Извештавање о утрошеним средствима за реализацију пројекта.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. Angelika H. Hofmann, <i>Scientific Writing and Communication: Papers, Proposals, and Presentations</i>, (4th Edition), Oxford University Press, 2019.2. Joshua Schimel, <i>Writing Science: How to Write Papers That Get Cited and Proposals That Get Funded</i>, Oxford University Press, 2011.3. Smith, R.V., <i>Graduate Research: A Guide for Students in the Sciences</i>, University of Washington Press, 1998.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методѐ извођења наставе Предавања подржана примерима планова истраживања, успешних пројектних пријава и извештаја о току пројекта. Самостални рад студената уз одговарајућу литературу, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Евалуација усвојених знања се спроводи у етапама, током читавог трајања курса, тако што се кроз домаће радове оцењује успешност студента у дефинисању истраживања, одабиру метода, писању примера делова пројектне пријаве, те писању примера извештаја о раду на пројекту. Пет домаћих задатака од којих сваки носи по 20 поена.		



Назив предмета: Одабрана поглавља математичких метода 1		
Наставник или наставници: Марија П. Станић , Радосав С. Ђорђевић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Упознавање са математичким методама релевантним за разумевање најновијих истраживања у области рачунарских наука и њихових примена.		
Исход предмета Студент је оспособљен да разуме методе, алгоритме и истраживања из области рачунарских наука која се заснивају на применама различитих математичких дисциплина. Студент је оспособљен да разуме и примени математичке методе за решавање сложених проблема у рачунарству.		
Садржај предмета Линеарна алгебра. Векторски простори. Базе векторских простора. Матрице. Декомпозиција матрица. Собствене вредности. Декомпозиција сингуларних вредности. Спектралне теореме. Нумеричка линеарна алгебра. Директни и итеративни методи решавања линеарних система. Метода коначних елемената. Тензорски рачун. Диференцијални и интегрални рачун. Нумеричке методе решавања диференцијалних једначина. Нумеричке методе решавања парцијалних диференцијалних једначина. Тополошка анализа података. У зависности од области интересовања, студент се дубље упознаје са појединим областима наведеним у садржају предмета.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. Gilbert Strang, <i>Computational Science and Engineering</i>, Wellesley-Cambridge Press, 2009.2. Gallier, Jean, and Jocelyn Quaintance. "Algebra, Topology, Differential Calculus, and Optimization Theory For Computer Science and Machine Learning." (2019), електронска књига: https://www.cis.upenn.edu/~jean/math-deep.pdf3. Stuart A. M., Humphries A. R., <i>Dynamical Systems and Numerical Analysis</i>, Cambridge University press, (1996)4. Edelsbrunner H. and Harer J. , <i>Computational Topology. An Introduction</i>. Amer. Math. Soc., Providence, Rhode Island, (2010)		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Предавања подржана софтверским системима за управљање садржајима за учење, индивидуални рад на изради домаћих задатака, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Домаћи задаци: 20 поена, писмени испит: 50 поена, усмени испит: 30 поена.		



Назив предмета: Одабрана поглавља математичких метода 2		
Наставник или наставници: Радосав С. Ђорђевић , Слађана Б. Димитријевић		
Статус предмета: изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Упознавање са математичким пробабилистичким моделима и статистичким методама и алатима који су неопходни за разумевање бројних алгоритама и најновијих истраживања у рачунарству, а посебно у области машинског учења.		
Исход предмета Студенти разумеју концепте вероватноће и препознају их у моделирању реалних појава, разумеју суштину статистичког закључивања и оспособљени да користе напредне математичке статистичке методе за решавање сложених проблема у рачунарству који укључују обраду великих количина података.		
Садржај предмета Простор вероватноћа. Условне вероватноће. Независност догађаја. Дискретне случајне променљиве и њихове расподеле. Непрекидне случајне променљиве и њихове расподеле. Нормална расподела. Вишедимензионалне случајне променљиве. Независност случајних променљивих. Нумеричке карактеристике случајних променљивих. Граничне теореме. Закони великих бројева. Ланци Маркова. Марковско својство. Елементи теорије случајних процеса. Елементи теорије информација. Задатак математичке статистике. Популација, обележје, узорак. Различити планови узорака и планирање експеримената. Емпиријска функција расподеле. Узорачке карактеристике. Тачкасто и интервално оцењивање параметара расподеле. Параметарски тестови и њихове непараметарске алтернативе. Регресиона анализа. Бајесовски приступ моделирању података.		
Препоручена литература 1. T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Friedman. <i>The Elements of Statistical Learning</i> . Springer, 2003. 2. C.M. Bishop. <i>Pattern Recognition and Machine Learning</i> . Springer, 2006. 3. Vapnik, Vladimir Naumovich. <i>The Nature of Statistical Learning Theory</i> . Springer, 1998. 4. Vapnik, Vladimir Naumovich. <i>Statistical Learning Theory</i> . Wiley, 1998. 5. F. M. Dekking, C. Kraaikamp, H. P. Lopuhaä, L. E. Meester. <i>Modern Introduction to Probability and Statistics</i> . Springer, 2005.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава:	Студијски истраживачки рад:
Методе извођења наставе Предавања подржана софтверским системима за управљање садржајима за учење, индивидуални рад на изради домаћих задатака, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Домаћи задаци: 20 поена, Писмени испит: 50 поена, Усмени испит: 30 поена.		



Назив предмета: Виши курс радијационе физике		
Наставник или наставници: Ненад Стевановић		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 14		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Да студентима пружи знања везана за природу зрачења, као и промене које изазивају јонизујућа зрачења при проласку кроз средину, уз акценат на нумеричке методе и практичне примене у технологији и медицини.		
Исход предмета Студент је оспособљен да разуме процесе које високоенергетска зрачења изазивају у материји, њихове механизме и последице. Спреман је да самостално изведе задатке нумеричког моделовања проласка јонизујућег зрачења кроз средину. Способан је и да оцени могућности практичних примена стечених знања.		
Садржај предмета Јонизујуће зрачење и извори јонизујућег зрачења. Поље зрачења. Интеракција зрачења са материјом (фотони, наелектрисане честице, неутрони). Радијационе величине и јединице. Ефекти јонизујућег зрачења на живу материју. Детекције и дозиметрија зрачења. Гасни јонизациони детектори. Сцинтилациони детектори. Полупроводнички бројачи. Спектрометрија зрачења. Детекција спорих и брзих неутрона. Електроника за детекторске системе. Термолуминисцентни дозиметри. Траг детектори. Прорачуни доза и заштита од зрачења. ICRP публикације. Практична настава Примена нумеричких метода за моделовање поља јонизујучих зрачења и прорачун доза. Мерење поља (дозиметри, алфа спектрометар, гама спектрометар, бета бројач).		
Препоручена литература 1. J. Turner. <i>Atoms, Radiation, and Radiation protection</i> . John Wiley & Sons, Inc. New York 1995. (нерецензирани превод Д. Никезић) 2. ICRP публикације (www.sciencedirect.com) 3. Гусев Н.Г. <i>Заштита од јонизујућег зрачења</i> . Москва, Атомиздат 1980.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методe извођења наставе Предавања, семинарски, студијски истраживачки рад		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 20 поена, Студијски истраживачки рад: 30 поена, Усмени део испита: 50 поена.		



Назив предмета: Хемоинформатика		
Наставник или наставници: Борис Фуртула		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 15		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Циљ овог предмета је да упозна студенте са основним хемоинформатичким методама и алатима који се користе за решавање различитих хемијских проблема. Компјутери су олакшали и убрзали развој многих научних дисциплина, па и хемије. Студенти ће бити упознати са хемоинформатичким алгоритмима који решавају или олакшавају решавање проблема који се јављају неорганској, аналитичкој, органској хемији и биохемији.		
Исход предмета Оспособљавање студената за коришћење хемоинформатичких метода у хемијским истраживањима. Студент који успешно савлада све предметом предвиђене области, моћи ће рутински да користити хемијске базе података и софтвер зарад повећања ефикасности у раду. Надаље, биће упознат са теоријским концептима на којима су засновани многи хемоинформатички поступци, што ће му дати увид у предности и лимите коришћења истих.		
Садржај предмета Оспособљавање студената за коришћење хемоинформатичких метода у хемијским истраживањима. Студент који успешно савлада све предметом предвиђене области, моћи ће рутински да користити хемијске базе података и софтвер зарад повећања ефикасности у раду. Надаље, биће упознат са теоријским концептима на којима су засновани многи хемоинформатички поступци, што ће му дати увид у предности и лимите коришћења истих.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. J. Gasteiger (Ed.), <i>Handbook of Chemoinformatics – From Data to Knowledge</i>, Wiley, Weinheim, 2003.2. J. Vajorath (Ed.), <i>Chemoinformatics – Concepts, Methods, and Tools for Drug Discovery</i>, Humana Press, Totowa, 2004.3. R. Todeschini, V. Consonni, <i>Molecular Descriptors for Chemoinformatics</i>, Wiley, Weinheim, 2009.4. I. Gutman, <i>Uvod u hemijsku teoriju grafova</i>, PMF Kragujevac, Kragujevac, 2003.5. P. Gempel (Ed.), <i>Practical Guide to Chemometrics</i>, Taylor & Francis, Boca Raton, 2006.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 6	Студијски истраживачки рад:
Методе извођења наставе Предавања, семинарски радови		
Оцена знања (максимални број поена 100) Активност у току предавања: 10, Семинар(и): 40, Писмени испит: 30, Усмени испит: 20.		



Назив предмета: Примењена биоинформатика		
Наставник или наставници: Ивановић Р. Милош , Цвјетковић М. Владимир		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 12		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета СТИЦАЊЕ ЗНАЊА О НАПРЕДНИМ МЕТОДАМА БИОИНФОРМАТИКЕ И МАТЕМАТИЧКИМ МЕТОДАМА КОЈЕ СЕ ПРИМЕЊУЈУ У ОВОЈ ОБЛАСТИ.		
Исход предмета Студент треба да овлада основним концептима биоинформатике, да упозна начине на које се ДНК и РНК ланци секвенцирају и упоређују. Студент након овог курса треба да буде оспособљен за анализу и решавање биоинформатичких проблема коришћењем статистичких модела и модела машинског учења помоћу програмских окружења Python и R.		
Садржај предмета У оквиру курса Биоинформатика студент ће се најпре упознати са основама молекуларне биологије са информатичког аспекта, што се пре свега односи на протеине, нуклеинске киселине и биосинтезу протеина. Посебан део биће посвећен секвенцирању генома, значају секвенцирања (пореклу човека, третирање ћелија канцера, начинима на које геноми функционишу), као и начинима да се спроведе процедура секвенцирања. FASTQ формат за чување биолошких секвенци. Методе поравнања секвенци: двострука и вишеструка поравнања, BLAST и FASTA. Основе статистичког моделирања и машинског учења, R пакети за репрезентацију и манипулисање подацима. Изградња филогенетских стабала. Примена биоинформатике у биомедицини. Редукција димензионалности биоинформатичких података. Посебна пажња биће посвећена јавно доступним базама података које садрже податке о нуклеотидима и протеинима: UniProt, Genome Sequence DataBase (GSDb), база података националног центра за биотехнолошке информације (NCBI), европска архива за нуклеотиде (ENA), као и open-source алатима за претрагу ових ресурса. Додатно, студенти ће научити основе Семантичког Веба, који ће им омогућити приступ интегрисаним подацима са више репозиторијума истовремено (нпр. NCBI2RDF, Bio2RDF,...). Уланчавање биоинформатичких алата путем радних токова. Основе Линукс оперативног система, контејнеризација биоинформатичких алата, основе декларативног језика CWL, основни примери радних токова на Клауду уз употребу CWL алата.		
Препоручена литература <ol style="list-style-type: none">1. Computational Biology: <i>Genomes, Networks, Evolution</i>. MIT course 6.047/6.878. Taught by Prof. Manolis Kellis. January 6, 2016.2. Peter, Amstutz, R., Crusoe, Michael; Nebojša, Tijanić, Brad, Chapman, John, Chilton, Michael, Heuer, Andrey, Kartashov, Dan, Leehr, Hervé, Ménager, (2016-07-08). <i>Common Workflow Language</i>, v1.03. Тutorials доступни на https://www.commonwl.org/user_guide/, 2019.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 7	Студијски истраживачки рад: 0
Методе извођења наставе Фронтални, групни, индивидуални и практични		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 40 поена, Писмени испит: 30 поена, Усмени испит: 30 поена		



Назив предмета: Теорија модела		
Наставник или наставници: Ненад С. Стојановић , Ангелина Илић Степић		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семстар		
Циљ предмета Темељно познавање и разумевање теорије модела. Оспособљавање студената како за решавање проблема у овој области тако и за њену примену уз употребу научних поступака и метода. Способност праћења савремених достигнућа у овој области.		
Исход предмета Студент је стекао неопходна теоријска знања и систематско разумевање проблематике која се односи на теорију модела и њену примену у другим гранама математике, нарочито у алгебри. Савладао је вештине и методе истраживања у овој области.		
Садржај предмета Предикатски рачун првог реда. Теореме потпуности и компактности. Сколемове теореме. Ултрапроизводи. Типови. Дијаграми модела. Засићени модели. Својства потапања и амалгамације. Елиминација квантора. Теореме трансфера. Хилбертови проблеми. Примена теорије модела у теорији поља. Примена теорије модела у Буловим алгебрама. Егзистенцијално затворени модели. Коначно и бесконачно генерични модели. Апстрактна теорија модела.		
Препоручена литература 1. С.С. Chang, Н. J. Keisler, <i>Model Theory</i> , North-Holland Publishing Company – Amsterdam, 1973. 2. Ž. Mijajlović, <i>An Introduction to Model Theory</i> , University of Novi Sad, Novi Sad, 1987.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Предавања, семинарски радови, консултације		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 20 бодова; Писмени испит: 40 бодова; Усмени испит: 40 бодова		



Назив предмета: Теорија рекурзија		
Наставник или наставници: Радосав С. Ђорђевић , Ненад С. Стојановић		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семстар		
Циљ предмета Темељно познавање и разумевање теорије израчунљивости. Оспособљавање студената како за решавање проблема у овој области тако и за њену примену уз употребу научних поступака и метода. Способност праћења савремених достигнућа у овој области.		
Исход предмета Студент је стекао неопходна теоријска знања и систематско разумевање проблематике која се односи на теорију рекурзија и њену примену у другим гранама математике, као и у природним и техничким наукама (математичка логика, физика, рачунарство итд). Савладао је вештине и методе истраживања у овој области.		
Садржај предмета Черцова теза. Основне теореме рекурзије. Релативна израчунљивост. Аритметичка и аналитичка хијерархија. Сложеност израчунавања. Неодлучивост. Пеанова аритметика и Геделове теореме. Допустиви скупови и Крипке-Платекова теорија скупова.		
Препоручена литература 1. N. Cutland, <i>Computability</i> , Cambridge University Press, Cambridge, 1980. 2. Ž. Mijajlović, Z. Marković, K. Došen, <i>Hilbertovi problemi i logika</i> , Zavod za izdavanje udžbenika, Beograd, 1986. 3. R. S. Soare, <i>Recursively Enumerable Sets and Degrees</i> , Springer-Verlang, Berlin, 1987.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Предавања, семинарски радови, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Семинарски рад: 20 бодова, Писмени испит: 40 бодова, Усмени испит: 40 бодова.		



Назив предмета: Одабрана поглавља теорије графова		
Наставник или наставници: Бојана Д. Боровићанин		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семестар		
Циљ предмета Упознавање са основним појмовима и теоремама теорије графова као математичке дисциплине и неким могућностима њене примене. Оспособљавање студената за формулисање и решавање бројних проблема коришћењем техника и метода теорије графова.		
Исход предмета Студент је стекао теоријска знања неопходна за разумевање проблематике у теорији графова, укључујући и могуће примене у математици, рачунарству, електротехници, природним наукама и другим областима.		
Садржај предмета Основни појмови теорије графова. Чворна и гранска повезаност графа. Изоморфизам графова. Графовске инваријанте. Операције са графовима. Теорија графова и друге математичке дисциплине. Независни циклуси и стабла. Цикломатички број графа. Планарни графови и графови полиедара. Ојлерова теорема, теорема Куратовски-Понтрјагина. Бојење графова. Хроматски број графа. Ојлерови и Хамилтонови путеви и контуре. Независни скупови, покривачи и клике графа. Унутрашња и спољашња стабилност графа са применом у теорији кодова. Теорема Менгера и транспортне мреже. Матрице у теорији графова. Линеарна алгебра и графови. Групе и графови. Графови са датом групом аутоморфизама. Пребројавање графова. Екстремални графови. Ремзијева теорија.		
Препоручена литература 1. Д. Цветковић, <i>Теорија графова и њене примене</i> , Научна књига, Београд, 1981. 2. В. Петровић, <i>Теорија графова</i> , Универзитет у Новом Саду, 1998. 3. D. West, <i>Introduction to Graph Theory</i> , Second Edition, Prentice Hall, 2001. 4. J. A. Bondy, U.S. R. Murty, <i>Graph Theory, Series: Graduate Texts in Mathematics</i> , Vol. 244, Springer, 2008.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методe извођења наставе Предавања, семинарски радови, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Предавања: 10 поена, Семинарски радови: 40 поена, Писмени испит: 20 поена, Усмени испит: 30 поена		



Назив предмета: Спектрална теорија графова са применама		
Наставник или наставници: Бојана Д. Боровићанин		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семстар		
Циљ предмета Темељно познавање и разумевање спектралне теорије графова. Оспособљавање студената за решавање проблема у овој области уз употребу научних поступака и метода. Способност праћења савремених достигнућа у области спектралне теорије графова и њене примене.		
Исход предмета Студент је стекао теоријска знања неопходна за разумевање проблематике која се односи на спектралну теорију графова и њену примену у другим гранама математике, као и у природним и техничким наукама. Студент је савладао вештине и методе истраживања у овој области.		
Садржај предмета Основне особине спектра графа. Матрица суседства и спектар графа. Општи метод дефинисања различитих врста спектра графа. Коефицијенти различитих карактеристичних полинома графа. Операције на графовима и резултујући спектри. Редукционе процедуре за израчунавање карактеристичног полинома графа. Одређивање карактеристичних полинома и спектра неких специјалних графова. Релације између спектралних и структурних особина диграфова и графова. Сопствени вектори графа. Делитељ графа. Веза између делитеља графа и његовог спектра. Карактеризација графова помоћу спектра. Неке фамилије неизоморфних коспектралних графова. Спектралне технике у теорији графова и комбинаторици. Отворени проблеми спектралне теорије графова. Примена у рачунарству, хемији и физици.		
Препоручена литература 1. D. Cvetković, M. Doob, H. Sachs, <i>Spectra of graphs – Theory and Application</i> , Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1980; Academic Press, New York, 1980. 2. L. Beineke, R. Wilson, P. Cameron, <i>Topics in Algebraic Graph Theory</i> , Cambridge University Press, Cambridge, 2004.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Предавања, семинарски радови, консултације.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Предавања: 10 поена, Семинарски радови: 40 поена, Усмени испит: 50 поена		



Назив предмета: Нумеричко решавање парцијалних диференцијалних једначина		
Наставник или наставници: Дејан Р. Бојовић		
Статус предмета: Изборни		
Број ЕСПБ: 10		
Услов: Уписан одговарајући семстар		
Циљ предмета Увод у метод коначних разлика и метод коначних елемената. Упознавање са основним техникама и проблемима. Савлађивање неопходних знања за нумеричко решавање парцијалних диференцијалних једначина. Примена одговарајућих софтвера.		
Исход предмета Студент је стекао теоријска знања и детаљно разуме проблеме везане за нумеричко решавање парцијалних диференцијалних једначина.		
Садржај предмета Појам диференцијске схеме. Основни диференцијски оператори. Диференцијски аналози теорема потапања. Апроксимација једноставних елиптичких, параболичких и хиперболичких проблема. Експлицитне и имплицитне схеме. Стабилност и конвергенција. Оператори усредњења. Оператори Стеклова. Апроксимација граничних проблема са генералисаним решењима. Енергетски метод. Априорне оцене. Стабилност диференцијских схема. Лема Брамбле-Хилберта. Оцене брзине конвергенције сагласне са глаткошћу података. Конвергенција разломљеног реда. Метод коначних елемената.		
Препоручена литература 1. B.S. Jovanović, <i>The finite difference method for boundary value problems with weak solutions</i> , Posebna izdanja Mat. Instituta, No 16, Beograd 1993. 2. A.A. Samarski, <i>Theory of finite difference scheme</i> , Nauka, Moscow, 1983.		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 5	Студијски истраживачки рад: 2
Методе извођења наставе Предавања, самостални истраживачки рад.		
Оцена знања (максимални број поена 100) Предавања: 10 поена, Семинарски радови: 2 по 30 поена, Усмени испит: 30 поена		