



ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ
ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ



ДОКУМЕНТАЦИЈА ЗА АКРЕДИТАЦИЈУ
СТУДИЈСКОГ ПРОГРАМА
ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА
(мастер академске студије)

КЊИГА ПРЕДМЕТА

НОВИ САД, 2020.

Списак предмета:

1. [Програмирање и софтверско инжењерство за машинско учење](#)
2. [Стохастички процеси](#)
3. [Основе нумеричке оптимизације](#)
4. [Дистрибуирана оптимизација са применама](#)
5. [Препознавање облика и машинско учење](#)
6. [Дубоко учење](#)
7. [Дистрибуирано дубоко учење](#)
8. [Анализа комплексних мрежа](#)
9. [Мастер рад – истраживање](#)
10. [Мастер рад – израда](#)
11. [Стручна пракса](#)
12. [Теорија графова](#)
13. [Структуре података и алгоритми](#)
14. [Приватност, етика и друштвена одговорност](#)
15. [Нумеричка линеарна алгебра 1](#)
16. [Временске серије](#)
17. [Нумеричка линеарна алгебра 2](#)
18. [Статистичке теорије машинског учења и обраде сигнала](#)
19. [Пословна интелигенција](#)
20. [Претраживање информација](#)
21. [Увод у обраду слике](#)
22. [Обрада акустичких и говорних сигнала](#)
23. [Обрада великих количина података у медицини и биологији](#)
24. [Графички модели и пробабилистичко закључивање](#)
25. [Алгоритми над графовима и стаблима](#)
26. [NoSQL базе података](#)
27. [Базе просторних података](#)
28. [Анализа података у великим скалама](#)

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Програмирање и софтверско инжењерство за машинско учење			
Наставник/наставници:Сања Брдар			
Статус предмета: обавезни			
Број ЕСПБ:6			
Услов: нема			
Циљ предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Стицање основних знања из науке о подацима и развој аналитичког размишљања. - Савладавање основе из теорије доношења одлука и приступа вођених подацима. - Савладавање кодирања у програмском језику Python у сврхе моделирања и анализирања разних скупова података. - Имплементација алгоритама у програмском језику Python. - Савладавање техника ефективне визуализације резултата. 			
Исход предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Владање основама анализе и обраде података, и примена резултата анализе у циљу доношења одлука. - Способност писања скрипти у програмском језику Python (функције, класе, петље, контролне структуре, итд). - Експлораторна анализа података: графици и прегледна статистика. - Развој практичних вештина за решавање проблема кроз обраду разних типова података. 			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
<ul style="list-style-type: none"> - Вештине неопходне за коришћење Python-а у анализи података: <ul style="list-style-type: none"> ○ Структуре података: листе, торке, речници, итд. ○ Писање, тестирање и дебаговање кода у језику Python. - Теорија и вештине за доношење одлука и развој апликација код којих је пресудна обрада података. 			
<i>Практична настава</i>			
<ul style="list-style-type: none"> ● Посебне библиотеке у језику Python: NumPy (линеарна алгебра), SciPy (декомпозиција матрица, статистички тестови), Networkx (мере графова), Pandas (структурирани подаци, подскупови), Seaborn и Matplotlib (цртање статистичких графика и визуализација) ● У израду пројектних задатака биће укључен експерт из привреде у својству предавача ван радног односа. 			
Литература			
Mohammed J. Zaki and Wagner Meira, Jr, "Data Mining and Machine Learning: Fundamental Concepts and Algorithms", Second Edition, Cambridge University Press, 2020 Michel Bierlaire, Optimization: Principles and Algorithms, The EPFL Press, 2015 Wes McKinney, "Python for Data Analysis, O'Reilly Media", 2012. Ron Zacharski, "A Programmer's Guide to Data Mining", 2012.			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:3	Практична настава:2	
Методe извођења наставе			
Предавања; понављање; активно учешће студената у решавању проблема. Тестови знања– колоквијум, домаћи. Примена на реалне податке.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
тест	20	пројекат	50
		теоријски испит	30

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Стохастички процеси			
Наставник/наставници:Данијела Рајтер-Ћирић			
Статус предмета: обавезни			
Број ЕСПБ:6			
Услов:нема			
Циљ предмета Упознавање са основама стохастичке анализе и стохастичких диференцијалних једначина и њиховим применама.			
Исход предмета Основно знање у овој области, као и способност примене стеченог знања.			
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> Основи вероватноће. Условно очекивање – дефиниција и особине. Стохастички процеси. Класе стохастичких процеса и њихове особине. Маркови процеси. Поасонови и Винерови процеси. Бели шум. Мартингали. <i>Практична настава</i> Решавање проблема.			
Литература S. Ross, <i>Introduction to probability models</i> , eight edition, Academic Press, 2003. L. Evans, <i>An introduction to stochastic differential equations, version 1.2</i> , Department of Mathematics, UC Berkeley. S. Roman, <i>Introduction to the Mathematics of Finance, From Risk Management to Options Pricing</i> , Springer-Verlag, 2004. Jovan Mališić, <i>Random processes</i> , Gradjevinska knjiga, Belgrade, 1989. (in Serbian)			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:3	Практична настава:2	
Методe извођења наставе Предавања, вежбе, примена теоријских резултата на проблеме.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијуми	50	усмени испит	50

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Основе нумеричке оптимизације			
Наставник/наставници:Наташа Крејић, Наташа Крклец Јеринкић			
Статус предмета:обавезни			
Број ЕСПБ:6			
Услов:нема			
Циљ предмета Увод у основе услова оптималности и методе за решавање нелинеарних проблема оптимизације. Практичне примене метода.			
Исход предмета Функционално знање услова оптималности и главних алгоритама за оптимизацију - глатку, полуглатку и стохастичку.			
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> Линеарно програмирање. Услови оптималности. Градијентни методи. Њутнови методи. Методи првог и другог реда. Проблеми великих димензија. Полуглатки проблеми - услови оптималности, субградијентни методи, Њутнови методи. Стохастичка оптимизација - Sample Average Approximation and Stochastic Approximation методи. <i>Практична настава</i> Практична примена метода у Python-у.			
Литература 1. Nocedal, J., Wright, S., Numerical Optimization, Springer, 2011 2. D. Bertsekas, Convex Optimization Algorithms, Athena Scientific, 2015. 3. Qi, L., Sun, D., Ulbrich, M., Semismooth and Smoothing Newton Methods, Springer 2016. 4. Shapiro, A., Dentcheva, D., Ruszcynski, A., Introduction to Stochastic Programming, SIAM 2014. 5. A. Friedlander, N. Krejić, N. Krklec Jerinkić, Lectures on Fundamentals of Numerical Optimization, University of Novi Sad Faculty of Sciences, 2019.			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:3		Практична настава:2
Методе извођења наставе Предавања; понављање; активно учешће студената у решавању проблема; Лабораторијске вежбе, примена на реалне примере.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
Колоквијуми	50	усмени испит	50

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Дистрибуирана оптимизација са применама			
Наставник/наставници: Душан Јаковетић			
Статус предмета: обавезни			
Број ЕСПБ: 6			
Услов: нема			
Циљ предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Разумевање савремених оптимизационих метода за паралелну и дистрибуирану оптимизацију. - Способност избора одговарајућег алгорита. - Способност имплементације алгоритама у MATLAB-у. 			
Исход предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Способност и искуство у примени савладаних алгоритама на реалне проблеме. - Способност примене алгоритама на проблеме из разних области. - Способност синтезе и анализе дистрибуираних алгоритама. 			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
Савремени оптимизациони методи за проблеме великих димензија: проксимални градијентни методи, убрзани Нестеровљев градијентни метод, убрзани градијентни метод за неглатке проблеме (FISTA); Рандомизовани методи: координатни градијент, стохастички градијент, стохастички градијент под ограничењима приватности; Паралелни и дистрибуирани методи: примална и дуална декомпозиција, проширени Лагранжиан; ADMM; дистрибуирани градијент, дистрибуирано дуално усредњавање, дистрибуирани апроксимативни Њутнов метод.			
<i>Практична настава</i>			
Примери из машинског учења, сензорских мрежа итд. Имплементација MATLAB-у; Примена на реалне проблеме.			
Литература			
Основна:			
1. Nedic, Ozdaglar, Distributed Subgradient Methods For Multi-agent Optimization, Ieee Transactions On Automatic Control, Volume: 54, Issue:1 [1], Jan. 2009			
2. S. Boyd, N. Parikh, E. Chu, B. Peleato, and J. Eckstein, Distributed optimization and statistical learning via the alternating direction method of multipliers, Foundations and Trends in Machine Learning, 2011			
3. Soumya Kar And Jose M. F. Moura, "Distributed Consensus Algorithms In Sensor Networks: Link Failures And Channel Noise" Ieee Transactions On Signal Processing, 57:1, Pp. 355-369, January 2009			
4. Wei Shi ; Qing Ling ; Kun Yuan ; Gang Wu ; Wotao Yin, On The Linear Convergence Of The Admm In Decentralized Consensus Optimization, Ieee Transactions On Signal Processing (Volume: 62, Issue: 7 2014)			
Додатна:			
1. S. Boyd and L. Vandenberghe: Convex Optimization, Cambridge University Press, 2004			
2. D. Bertsekas, Nonlinear Programming, Athena Scientific, 2004			
3. D. Bertsekas and J. Tsitsiklis: Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods, Prentice-Hall, 1989			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:3		Практична настава:2
Методe извођења наставе			
Предавања; понављање; активно учешће студената у решавању проблема. Тестови знања– колоквијум, домаћи. Примена на реалне податке			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијум	30	писмени испит	40
Предметни пројекат	30		

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Препознавање облика и машинско учење			
Наставник/наставници: Марко Панић, Оскар Марко			
Статус предмета: обавезни			
Број ЕСПБ:6			
Услов: нема			
Циљ предмета			
<ul style="list-style-type: none"> ● Разумевање разних метода препознавања облика и машинског учења. ● Разумевање предности и мана метода. ● Способност избора одговарајућег метода. ● Способност имплементације у Python-у . 			
Исход предмета			
<ul style="list-style-type: none"> ● Искуство и способност примене савладаних метода на реалне проблеме. ● Способност примене метода на проблеме из разних области. 			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
<p>Статистичко препознавање облика: Бајесова теорија одлучивања, квадратни класификатори, оцењивање параметара и густине, најближи суседи. Неуралне мреже: линеарне дискриминанте, Multilayer Perceptrons, Radial Basis Functions, валидација; Кластеровање: Mixture модели и EM алгоритми, статистичко кластеровање; Редукција димензије: анализа примарних компоненти, Фишерове дискриминанте, избор подскупа; Напредне теме: Support Vector Machines, скривени ланци Маркова, Еволутивни алгоритми, вишекритеријумска оптимизација, оптимизација портфолија, подстичуће учење, трансфер учење</p>			
<i>Практична настава</i>			
Примери из „паметних мрежа“, рачунарског вида, медицине, пољопривреде итд. Имплементација Python -у; Примена на реалне проблеме.			
Литература			
Main textbook:			
C. Bishop: Препознавање облика и машинско учење, Springer, 2006			
Textbook (additional):			
R. Sutton, Reinforcement Learning: An Introduction (Adaptive Computation and Machine Learning Series), MIT Press (1998)			
T. Hastie, R. Tibshirani and J. Friedman: Elements of Statistical Learning. Springer, 2009			
R.O. Duda, P.E. Hart and D.G. Stork: Pattern Classification, Wiley, 2000.			
S. Theodoridis, K. Koutroumbas: Pattern Recognition, Academic Press, 2008.			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:3	Практична настава:2	
Методe извођења наставе			
Предавања; понављање; активно учешће студената у решавању проблема. Тестови знања– колоквијум, домаћи. Примена на реалне податке.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијум	30	писмени испит	40
пројекат	30		

Студијски програм : Вештачка интелигенција		
Назив предмета: Дубоко учење		
Наставник/наставници: Срђан Шкрбић		
Статус предмета: обавезни		
Број ЕСПБ: 6		
Услов: нема		
Циљ предмета		
<p>Дубоко учење је препознато као једна од најпопуларнијих и најразвијанијих области вештачке интелигенције. Користи се као веома прецизно оруђе за решавање разних проблема као што су детекција објеката, препознавање гласовних порука, језичко превођење и др. Циљ овог предмета је да проучава принципе, моделе, алате и технике које се користе за прављење и примену разних модела дубоких неуронских мрежа у модерном окружењу.</p>		
Исход предмета		
<p>Минимални: На крају курса, очекивано је да студенти имају разумевање и увид у разне моделе дубоких неуронских мрежа. Минимални исход такође укључује и практично знање у употреби одговарајућих софтверских алата за дизајн, тренирање и примену модела дубоких неуронских мрежа.</p> <p>Пожељни: Очекивано је да успешни студенти разумеју решења кључних проблема и потешкоћа у дубоком учењу и да покажу способност идентификације исправног и оптималног пута у решавању датих проблема дубоког учења. Приоритет се ставља и на познавање напредних концепата дубоких неуронских мрежа, и примену тих концепата у одговарајућим софтверским алатима.</p>		
Садржај предмета		
<i>Теоријска настава</i>		
<p>Курс почиње са кратким прегледом историје употребе неуронских мрежа и са понављањем основних математичких концепата који ће се користити током наставе. Након тога, курс се фокусира на разне моделе дубоких неуронских мрежа, почевши са једноставним перцептронима на којима се виде основни концепти ових модела, а напредујући ка другим моделима као што су рекурентне неуронске мреже (укључујући и мреже са памћењем – LSTM), конволутивне неуронске мреже и аутоенкодери. Биће представљени разни модели неуронских мрежа кроз примере а фокус ће бити на њиховој примени.</p>		
<i>Практична настава</i>		
<p>Практичне вежбе почињу са кратким прегледом постојећих софтверских алата за дубоко учење. Како курс напредује ка дубљим моделима, практична настава ће се фокусирати на програмске моделе за креацију, тренирање и примену свих поменутих модела неуронских мрежа као и на њихову примену на практичне проблеме. На крају практичне наставе, студенти ће развијати, презентовати и дискутовати своје моделе дубоких неуронских мрежа.</p> <p>У израду пројектних задатака биће укључен експерт из привреде у својству предавача ван радног.</p>		
Литература		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow, 2nd Edition, Aurélien Géron, O'Reilly Media, Inc., September 2019. 2. Deep Learning, Ian Goodfellow and Yoshua Bengio and Aaron Courville, MIT Press, 2016. 3. Deep Learning with Python, François Chollet, 1st Edition, Manning 2017. 4. Deep Learning, By John D. Kelleher, The MIT Press, 2019. 5. Deep Learning with PyTorch, Eli Stevens, Luca Antiga, and Thomas Viehmann, Manning 2020. 		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 3	Практична настава: 2
Методe извођења наставе		
<p>Током теоријске наставе биће коришћени класични методи извођења наставе са употребом видео бима за презентације наставног материјала. Практична настава ће бити извођена уз помоћ видео бима и рачунара са инсталираним потребним одговарајућим софтвером. Рачунари ће имати све што је потребно за савладавање алата и оруђа за развој дубоких неуронских мрежа које су представљене током курса. Предуслов за успешно извођење практичне наставе је постојање довољног броја рачунара тако да сваки студент може индивидуално да развија своје разумевање за развој модела дубоког учења. Такође, познавање програмског језика Python је још један важан предуслов.</p>		
Оцена знања (максимални број поена 100)		

Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијуми	30	усмени испит	40
пројекат	30		

Студијски програм : Вештачка интелигенција		
Назив предмета: Дистрибуирано дубоко учење		
Наставник/наставници: Срђан Шкрбић		
Статус предмета: обавезни		
Број ЕСПБ: 5		
Услов: нема		
Циљ предмета		
<p>Дистрибуирано дубоко учење се односи како на обучавање неуронских мрежа, тако и на пропагацију унапред. Са дубоким неуронским мрежама које су у употреби данас, оба процеса су рачунски захтевна и захтевају употребу паралелних и дистрибуираних метода израчунавања да би се смањило време извршавања. Циљ овог курса је проучавање принципа, модела, алата и техника за примену различитих дистрибуираних метода у дубоком учењу. Такође, курс ће допунити први курс дубоког учења покривањем reinforcement learning-а и дубоког генеративног моделирања, као и даљим изучавањем аутоенкодера и варијационим аутоенкодерима.</p>		
Исход предмета		
<p><i>Минимални:</i> На крају курса се очекује да студенти разумеју и покажу способност да дискутују о различитим дистрибуираним методама у дубоком учењу. Минимални исход укључује знање употребе одговарајућих дистрибуираних софтверских алата за изградњу, обуку и примену дубоких неуронских мрежа у пракси.</p> <p><i>Пожељни:</i> Очекује се да успешан студент разуме решења кључних проблема у дистрибуираном дубоком учењу и покаже способност да идентификује оптималан начин решавања датог проблема користећи представљене методе. Имајући у виду практичну оријентацију курса, један од најважнијих исхода је активно познавање напредних концепата дистрибуираног програмирања дубоких неуронских мрежа помоћу представљених софтверских алата.</p>		
Садржај предмета		
<i>Теоријска настава</i>		
<p>Курс започиње кратким прегледом модела неуронских мрежа и употребом дистрибуираних метода у области дубоког учења. Обухваћена су два начина дистрибуције израчунавања на више уређаја. Паралелизам података, где се један модел реплицира на више чворова, од којих сваки обрађује различите скупове података, а резултати се агрегирају на крају. Паралелизам модела, где се различити делови једног модела извршавају на различитим чворовима, обрађујући исти скуп података. Курс покрива опције за употребу више GPU-ова инсталираних на једном чвору, као и употребу кластера са више чворова од којих сваки садржи један или више GPU-ова. Курс обухвата и дубоко генеративно моделирање, варијационе аутодекодере и reinforcement learning, као случајеве коришћења којима ће се мотивисати употреба дистрибуираних метода.</p>		
<i>Практична настава</i>		
<p>Практичне вежбе започињу кратким прегледом постојећих софтверских алата за дистрибуиране методе у дубоком учењу. Како курс напредује ка конкретним дистрибуираним методама, практичне вежбе покривају методе програмирања за изградњу, обуку и примену представљених метода у различитим примерима из стварног света. На крају практичних вежби, студенти развијају и презентују појединачне дистрибуиране пројекте дубоког учења у компетитивном окружењу.</p> <p>У израду пројектних задатака биће укључен експерт из привреде у својству предавача ван радног односа.</p>		
Литература		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow, 2nd Edition, Aurélien Géron, O'Reilly Media, Inc., September 2019. 2. Deep Learning, By John D. Kelleher, The MIT Press, 2019. 3. Next-Generation Machine Learning with Spark, Quinto Butch, APress, 2020. 4. Deep Learning with PyTorch, Eli Stevens, Luca Antiga, and Thomas Viehmann, Manning 2020. 5. Kennedy, R.K.L., Khoshgoftaar, T.M., Villanustre, F. et al. A parallel and distributed stochastic gradient descent implementation using commodity clusters. J Big Data 6, 16 (2019). 6. Demystifying Parallel and Distributed Deep Learning: An In-depth Concurrency Analysis, T. Ben-Hun, T. Hoefler, ACM Computing Surveys, Vol. 52, No. 4, 2019. 		
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 2	Практична настава: 2
Методe извођења наставе		

Током теоријске наставе користе се класичне методе наставе уз употребу пројектора за представљање наведених тема са фокусом на њихову примену. Практична настава се изводи помоћу пројектора и рачунара са инсталираним одговарајућим софтвером за савладавање предложених алата кроз индивидуални развој дубоких неуронских мрежа паралелним и дистрибуираним методама. Претпоставка за успешне практичне вежбе је постојање довољно рачунара како би сваки студент могао да ради индивидуално и коришћење рачунарског кластера са најмање 8 чворова са GPU-овима и брзом мрежом.

Оцена знања (максимални број поена 100)

Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијуми	30	усмени испит	40
пројекат	30		

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Анализа комплексних мрежа			
Наставник/наставници:Милош Савић			
Статус предмета:обавезни			
Број ЕСПБ:5			
Услов:нема			
Циљ предмета			
Главни циљ предмета је да студенте упозна са алгоритмима, методама и техникама за анализу великих комплексних мрежа из различитих домена.			
Исход предмета			
<i>Минимални:</i> Успешан студент би минимално требао да буде оспособљен да примени основне технике анализе комплексних мрежа на илустративном примеру комплексне мреже.			
<i>Пожељни:</i> На крају курса се очекује да студент разуме алгоритме, методе и технике за анализу комплексних мрежа, да је способан да их прошири и примени у анализирању комплексних мрежа из широког спектра домена.			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
Увод у науку о мрежама и њен однос са другим научним дисциплинама. Комплексне мреже у природним, техничким и социјалним наукама. Анализа повезаних компоненти и «машнастих» структура. Метрике централности чворова и група чворова и алгоритми за анализу линкова. <i>Scale-free</i> мреже и анализа дистрибуције степени чворова. Обрасци везивања у комплексним мрежама. Структурна декомпозиција комплексних мрежа. Математички модели комплексних мрежа. Стохастички блок модели. Детекција и анализа преклапајућих и непреклапајућих кластера и хијерархијских структура у комплексним мрежама. Евалуација алгоритама за кластерисање мрежа. Динамички процеси у комплексним мрежама и анализа података о мрежном протоку. Пробабилистички модели дифузије информација. Еволуција комплексних мрежа и алгоритми за предикцију линкова. Анализа просторних и темпоралних мрежа.			
<i>Практична настава</i>			
Упознавање са Python и R библиотекама за анализу комплексних мрежа (iGraph, NetworkX, SNAP). Студије случаја реализоване коришћењем програма који су засновани на претходно поменути библиотекама.			
Литература			
<i>Препоручена</i>			
Ulrik Brandes, Thomas Erlebach (Eds.). <i>Network Analysis - Methodological Foundations</i> . Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.			
Mark Newman, Albert-László Barabási Barabasi and Duncan Watts. <i>The Structure and Dynamics of Networks</i> . Princeton University Press, 2006.			
Eric D. Kolaczyk. <i>Statistical Analysis of Network Data - Methods and Models</i> . Springer-Verlag New York, 2009.			
Albert-László Barabási. <i>Network Science</i> . Cambridge University Press, 2016.			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:2	Практична настава:2	
Методe извођења наставе			
Предавања се изводе по класичном моделу уз употребу пројектора. Студије случаја из области анализе комплексних мрежа из различитих домена се презентују и дискутују са студентима на теоријским вежбама. Студије случаја се такође вежбају на рачунарима кроз упознавање са препорученим програмским библиотекама. Да би изашао на завршни испит студент треба да положи теоријски тест и да реализује самостални практични пројекат. На усменом испиту студент треба да демострира дубинско разумевање материје курса.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
тест	20	усмени испит	40
Практични пројекат	40		

Студијски програм: Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Мастер рад - истраживање			
Наставник/наставници: сви наставници на студијском програму			
Статус предмета:обавезни			
Број ЕСПБ:7			
Услов:Студент је сакупио барем 90 ЕСПБ поена кроз обавезне и изборне предмете.			
Циљ предмета Студент врши истраживање и анализира реални проблем на коме ће применити знања и вештине стечене током студија.			
Исход предмета Очекивани исход је припрема за израду финалне тезе која примењује напредне алате вештачке интелигенције на реалном проблему.			
Садржај предмета Овај предмет представља индивидуални истраживачки рад студента кроз који студент учи методологију истраживања у изабраној области и анализира реални проблем који ће бити предмет израде мастер рада. Овај предмет предвиђа фонд истраживања од 20 часова.			
Литература			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:	Практична настава:	
Методе извођења наставе			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
	90 ЕСПБ (46 обавезни, 44 изборни)		

Студијски програм: Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Мастер рад - израда			
Наставник/наставници: сви наставници на студијском програму			
Статус предмета:обавезни			
Број ЕСПБ:20			
Услов:Студент је сакупио барем 90 ЕСПБ поена кроз обавезне и изборне предмете.			
Циљ предмета Студент демонстрира способност да реши реални проблем из области вештачке интелигенције и представи своје решење кроз израду мастер рада.			
Исход предмета Очекивани исход је финална теза која примењује напредне алате вештачке интелигенције на реалном проблему.			
Садржај предмета Мастер рад представља индивидуални истраживачки рад студента кроз који студент учи методологију истраживања у изабраној области. Након завршетка истраживачког рада, студент припрема завршни рад у форми која садржи следећа поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак, Преглед литературе. Након завршеног рада студент стиче право на одбрану мастер рада. Јавном одбраном мастер рада студент завршава студије. Предмет предвиђа 10 часова ДОН.			
Литература			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:	Практична настава:	
Методе извођења наставе			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
	100 ЕСПБ (56 обавезни, 44 изборни)		

Студијски програм: Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Стручна пракса			
Наставник/наставници: сви наставници на студијском програму			
Статус предмета:обавезни			
Број ЕСПБ:3			
Услов:Студент је сакупио барем 90 ЕСПБ поена кроз обавезне и изборне предмете.			
Циљ предмета Студент треба да одради стручну праксу у оквиру неке од фирми укључених у реализацију овог мастер програма и на тај начин допуни стечено знање и унапреди вештине стечене током студија.			
Исход предмета Очекивани исход је припрема за израду мастер рада, али и унапређена моћ комуникације са субјектима из привреде.			
Садржај предмета Предмет предвиђа упознавање са подацима и начином пословања у одређеној области вештачке интелигенције. Конкретан садржај зависиће од типа проблема и конкретне области за коју се студент одлучи. Предмет предвиђа ангажовање од укупно 90 часова.			
Литература			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:	Практична настава:	
Методе извођења наставе			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
	90 (46 обавезни, 44 изборни)		

Студијски програм: Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Теорија граfoва			
Наставник/наставници: Милош Стојаковић, Борис Шобот			
Статус предмета: изборни			
Број ЕСПБ: 6			
Услов: нема			
Циљ предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Разумевање и коришћење резултата и техника из Теорије граfoва, укључујући и неке од основних алгоритама на граfovима. - Способност доказивања тврђења и избора одговарајућих алгоритама. 			
Исход предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Знање о основним концептима Теорије граfoва и разумевање стандардних теорема и доказа. - Упознавање са основним алгоритмима на граfovима. - Повезивање стеченог знања и способност решавања нових проблема стандардног облика. 			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
Графови и основне структуре, тежински графови. Протоци у граfovима, min-max теорема. Повезаност чворова и грана. Планарни графови. Стабилни скупови. Бојење чворова. Повезаност у графу, алгоритми. Бојење грана. Хамилтонове стазе.			
<i>Практична настава</i>			
Разумевање и решавање проблема из Теорије граfoва. Изучавање стандардних алгоритама везаних за поменуте граfovске структуре. Избор, модификација и имплементација алгоритама у циљу решавања комплексних проблема.			
Литература			
Основна:			
J.A. Bondy, U.S.R. Murty: Теорија граfoва, Springer, Berlin, 2008.			
Додатна:			
V. Petrović, Теорија граfoва, PMF, Novi Sad, 1998.			
R. Diestel, Теорија граfoва, Springer, Heidelberg, 2010.			
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 2	Практична настава: 3	
Методe извођења наставе			
Предавања, вежбе, дискусије о потенцијалним применама на реалне проблеме. Активно учешће студената у решавању проблема.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијум	50	усмени испит	50

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Структуре података и алгоритми			
Наставник/наставници:Милош Савић			
Статус предмета:изборни			
Број ЕСПБ:6			
Услов:нема			
Циљ предмета Разумевање и коришћење динамичких структура података и примена напредних алгоритама на исте.			
Исход предмета <i>Минимум:</i> Реализација структуре података и имплементација одговарајућих алгоритама. <i>Пожељно:</i> Идентификација одговарајуће структуре за задати проблем и имплементација алгоритама.			
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> Основе програмских језика потребних за програмирање везано за структуре података. Дефиниција апстрактних типова података. Различити критеријуми за имплементацију типова података. Ефикасност и комплексност алгоритама. Апстрактне листе података – имплементација и основне операције. Циркуларне листе, употреба хедера и лимитера. Multiply linked листе. Апстрактни типови података (stack and queue) и њихова имплементација. Алгоритми за сортирање. Напредне структуре података (hash tables, priority queues, trees and graphs). <i>Практична настава</i> Имплементација различитих структура података (list, stack, queue, tree, graph...) и практичне примене.			
Литература Ђура Раунић, <i>Структуре података и алгоритми</i> , University of Novi Sad, Faculty of Sciences, University book, Novi Sad, 1997. 2. Michael T. Goodrich, Roberto Tamassia, Michael H. Goldwasser, <i>Структуре података и алгоритми у Python-у</i> , Wiley; 1 edition (March 18, 2013)			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:2	Практична настава:3	
Методе извођења наставе Класична предавања, примери, практичне примене. Вежбе, тестови.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
тестови	15+15+15+15	усмени испит	40

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Приватност, етика и друштвена одговорност			
Наставник/наставници:Мирјана К. Ивановић			
Статус предмета:Изборни			
Број ЕСПБ:6			
Услов:нема			
Циљ предмета			
Оспособљавање студената за разумевање и способност критичке анализе фактора од утицаја на одржавање равнотеже између ефикасности посла, сагласности са законом, моралом и етиком и професионалне праксе у пољу информационо-комуникационих технологија и вештачке интелигенције.			
Исход предмета			
<i>Минимални:</i>			
Очекује се да студент буде способен да препозна концепте приватности и заштите података, интелектуалне својине, безбедности и професионализма.			
<i>Пожељни:</i>			
Очекује се да студент буде способен да препозна и оцени тренутне и будуће претње приватности и безбедности података. Да буде упознат и способен да анализира праксу професионалне и друштвене одговорности према послодавцима и клијентима, као и да буде способен да уочи конфликте по питањима приступа информацијама, пиратерије и интелектуалне својине.			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
Уводни појмови и дефиниције. Приватност. Поверење и поузданост. Безбедност и надзор информација. Интелектуална својина и информатичка шпијунажа. Испитивање социјалног, културног и етнографског утицаја на рачунаре и обрнуто. Утицај глобализације. Управљање ризицима у вези са информацијама. Изазови које уводи вештачка интелигенција.			
<i>Практична настава</i>			
Примери софтверских ризика и софтверског криминала. Софтверска пиратерија, опасности од вируса и хакера. Професионализам и кодови понашања. Електронски бонтон. Примери и питања монопола у информатици.			
Литература			
<i>Препоручена:</i>			
1. W.T. Bynum, S. Rogerson: Computer Ethics and Professional Responsibilities, Blackwell Publishing, 2003			
2. Kenneth Einar Himma, Herman T. Tavani: The Handbook of Information and Computer Ethics, Wiley, 2008			
3. Kord Davis, Doug Patterson: Ethics of Big Data, O'Reilly Media, Inc., 2012			
4. D.G. Johnson: Computer Ethics, Pearson, 2008			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:3	Практична настава:2	
Методе извођења наставе			
На предавањима се користе класичне методе наставе коришћењем пројектора и слајдова. Презентације су расположиве на веб сајту Департамента у виду статичких PDF фајлова, као и у виду динамичких електронских лекција. На вежбама се коришћењем практичних примера анализирају опасности које информациона технологија уноси у људске животе. Део вежби се спроводи кроз дискусије више студијских примера из информатичке праксе. У току вежби се знање студената тестира кроз три колоквијума који покривају градиво презентовано на предавањима.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијуми	30	усмени испит	40
Семинарски рад	30		

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Нумеричка линеарна алгебра 1			
Наставник/наставници: Наташа Крклец Јеринкић			
Статус предмета: изборни			
Број ЕСПБ:6			
Услов: нема			
Циљ предмета Савладавање основних алгоритама нумеричке линеарне алгебре за велике линеарне системе и њихова примена у MATLAB-у.			
Исход предмета Могућност примене уграђених и формирања нових алгоритама за нумеричко решавање проблема линеарне алгебре са фокусом на велике проблеме и матричне једначине.			
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> Основе итеративних метода за решавање система линеарних једначина. Методи ретких матрица за решавање великих система. Паралелизација класичних итеративних метода као и пројектних метода. Решавање проблема најмањих квадрата. Нумеричко решавање матричних једначина (Луарипов, Riccati)Имплементација алгоритама у MATLAB-у. <i>Практична настава</i> Употреба уграђених функција у MATLAB-у за решавање великих ретких система и матричних једначина који долазе из праксе. Имплементација напредних нумеричких алгоритама у MATLAB-у.			
Литература 1. Lloyd N. Trefethen and David Bau, III: Numerical Linear Algebra, SIAM, 1997. 2. James W. Demmel: Applied Numerical Linear Algebra, SIAM, 1997. 3. Yousef Saad: Iterative Methods for Sparse Linear Systems, Second Edition SIAM, 2003.			
Број часова	активне наставе	Теоријска настава:2	Практична настава:3
Методe извођења наставе Предавања, понављање, активно учешће студената у решавању задатих проблема тестови знања - колоквијуми.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијум	50	писмени испит	50

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Временске серије			
Наставник/наставници: Наташа Крклец Јеринкић			
Статус предмета:изборни			
Број ЕСПБ:6			
Услов:нема			
Циљ предмета			
Стицање знања о основном концепту и резултатима теорије Временских серија. Савладавање класичних и савремених метода моделирања у овој области.			
Исход предмета			
Разумевање теоријских основа и могућност њихове примене на реалне проблеме. Стицање практичних вештина у моделирању временских серија.			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
Основна сврха и приступ анализи временских серија. Дескриптивне технике и графичко приказивање. Фитовање по временској оси: апроксимација аутоковаријансних функција, фитовање процеса покретних просека (МА модели), Ауторегресивни модели покретних просека (ARMA), модели покретних просека и интегрисани ARMA модели (ARIMA). Предикције. Хетероскедастичност: Ауторегресивни условни хетероскедастични модели (ARCH) и уопштени ARCH модели (GARCH). Предикције волатилности. Сезоналност. Примена у финансијама.			
<i>Практична настава</i>			
Вежбе прате теме обрађене на предавањима. Примена на решавање реалних проблема. Моделирање и програмирање у MATLAB-у.			
Литература			
<ol style="list-style-type: none"> 1. J. Mališić, <i>Vremenske serije</i>, Matematički fakultet, Beograd, 2002. 2. C. Chatfield, <i>The Analysis of Time Series: An Introduction</i>, Sixth Edition, Taylor & Francis, 2003. 3. R.S. Tsay.: <i>Analysis of Financial Time Series</i>, Wiley, 2002. 4. D.C. Montgomery, C.L. Jennings, M. Kulahci, <i>Introduction to Time Series Analysis and Forecasting</i>, Wiley, 2008. 			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:2		Практична настава:3
Методе извођења наставе			
Предавања, вежбе, дискусија. Имплементација метода решавања проблема. Представљање и решавање проблема на реалним подацима.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијум	50	усмени испит	50

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Нумеричка линеарна алгебра 2			
Наставник/наставници:Наташа Крејић, Наташа Крклец Јеринкић			
Статус предмета:изборни			
Број ЕСПБ:6			
Услов: нема			
Циљ предмета			
Савладавање алгоритама Нумеричке линеарне алгебре за проблеме великих карактеристичних корена и њихова имплементација у MATLAB-у.			
Исход предмета			
Примена и формирање алгоритама Нумеричке линеарне алгебре за проблеме великих карактеристичних корена. Решавање проблема из поменутих области. Конструисање напредних техника за решавање поменутих проблема и проблема са сингуларним вредностима.			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
Основе итеративних метода за тражење карактеристичних корена и решавање сингуларних проблема. Крилови подпросторни методи за ретке матрице и паралелизација. Прекондиционирање. Нестандардне технике за карактеристичне корене. Матрице које не припадају групи нормалних матрица и псеудоспектрална израчунавања. Имплементација у MATLAB-у.			
<i>Практична настава</i>			
Коришћење уграђених функција у програму MATLAB за решавање поменутих класа проблема који проистичу из реалних система (динамички, контролни, обрада сигнала, мреже). Имплементација у MATLAB-у.			
Литература			
1. Lloyd N. Trefethen and David Bau, III: Numerical Linear Algebra, SIAM, 1997. 2. James W. Demmel: Applied Numerical Linear Algebra, SIAM, 1997. 3. Yousef Saad: Numerical Methods for Large Eigenvalue Problems, Revised Edition (Classics in Applied Mathematics), SIAM, 2011.			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:2	Практична настава:3	
Методe извођења наставе			
Предавања, понављање, активно учешће студената у решавању задатих проблематестови знања - колоквијуми.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијум	50	писмени испит	50

Студијски програм: Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Статистичке теорије машинског учења и обраде сигнала			
Наставник/наставници: Душан Јаковетић			
Статус предмета: изборни			
Број ЕСПБ: 6			
Услов: нема			
Циљ предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Разумевање статистичких метрика, метода и техника анализе везаних за обраду сигнала и машинско учење. 			
Исход предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Способност избора одговарајућег статистичког метода. - Способност примене метода на дати проблем. - Способност валидације разних приступа у обради сигнала и машинском учења 			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
Непристрасне оцене минималне варијансе, Рао-Крамер оцене, оцене максималне веродостојности, Бајесове оцене, непристрасност, асимптотска ефикасност и нормалност. Детекција, тестирање бинарних и М-арних хипотеза, Neuman-Pearson одређивање оптималности, вероватноћа просечне грешке – оптимално одређивање, неједнакости концентрације: Markov, Chebyshev, Chernoff, Hoeffding, Efron-Stein; Велике девијације: Крамерова теорема, Gartner-Ellis теорема, Stein-ова лема, Chernoff-ова лема; Мини-макс теорија: Le Cam-ов метод, Fano-в метод; Минимизација ризика: Tsybakov услов шума, сурогатне функције губитка.			
<i>Практична настава</i>			
Примена на електричне мреже, машинско учење, сензорске мреже итд.			
Литература			
Одабрана поглавља из књига:			
Larry Wasserman: All of Statistics: A Concise Course in Statistical Inference, Springer, 2014			
1. Harry L. Van Trees: Detection, Estimation, and Modulation Theory, John Wiley, 2001.			
2. Louis L. Scharf: Statistical Signal Processing: Detection, Estimation, and Временске серије Analysis, Addison-Wesley, 1991			
3. Amir Dembo, Ofer Zeitouni: Large Deviations Techniques and Applications, Springer, 2009			
Број часова активне наставе	Теоријска настава: 2		Практична настава: 3
Методе извођења наставе			
Предавања; понављање; активно учење студената у решавању проблема. Тестови знања – колоквијум, домаћи.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијум	30	писмени испит	40
домаћи	30		

Студијски програм : Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Пословна интелигенција			
Наставник/наставници:Александра Ђ. Клашња Милићевић, Јасна Атанасијевић			
Статус предмета:Изборни			
Број ЕСПБ:6			
Услов:нема			
Циљ предмета			
На предмету се изучавају релевантне теорије пословне интелигенције, концепти и технике које су неопходне за решавање реалних пословних проблема, са циљем унапређења знања и вештина студената усклађених са трендовима савремених технологија пословне интелигенције.			
Исход предмета			
<i>Минимални:</i> На крају курса, очекује се да успешни студенти имају способност да идентификују пословне и техничке захтеве за одабир решења пословне интелигенције и разумеју како се у пословању успешно користе технике пословне интелигенције.			
<i>Пожељни:</i> На крају курса, очекује се да успешни студенти добро разумеју кључне концепте, савремене трендове и технике пословне интелигенције и да имају способност да их примене у пословним процесима и интегришу у системе за подршку одлучивању.			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
Концепти пословне интелигенције: сценарија, перспективе, пословни процеси и циљеви. Пословна интелигенција и моделирање: логичке и алгебарске, граф и аналитичке структуре. Дескрипција и визуелизација пословних процеса. Основне технике визуелизације. Технике извештавања високог нивоа. Инфографика. Пословни процеси: анализа и симулација, управљање перформансама и складиштење података. Откривање законитости у пословним процесима. Усаглашавање пословних процеса са релевантним ограничењима. Анализа социјалних мрежа и технике откривања организационих законитости у пословним процесима. Пословна интелигенција и управљање системима за подршку одлучивању. Откривање законитости приликом доношења одлука у пословним процесима.			
<i>Практична настава</i>			
Практичне вежбе обухватају анализу реалних примера заснованих на студијама случајева у различитим областима, тестирање готових решења и употребу алата пословне интелигенције. Пројектни задаци обухватају развој комплетних решења за специфичне пословне проблеме који се могу решавати самостално или у тимовима од 2-3 студента. Сваки студент/тим треба да припреми предлог, извештај о напретку, коначни извештај и презентацију пројекта на крају семестра. У израду пројектних задатака биће укључен експерт из привреде у својству предавача ван радног односа.			
Литература			
<i>Препоручена</i>			
Grossmann, W., & Rinderle-Ma, S. (2015). <i>Fundamentals of Business Intelligence</i> . Springer. Sherman, R. (2014). <i>Business Intelligence Guidebook: From Data Integration to Analytics</i> . Newnes.			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:2	Практична настава:3	
Методe извођења наставе			
Настава на курсу обухвата предавања, презентације и демонстрације које подстичу дискусију и илуструју различите методе. На практичним вежбама студенти решавају додељене задатке, индивидуалне и/или групне пројектне задатке, применом софтвера за пословну интелигенцију. Знање студената тестира се кроз колоквијуме и пројектне задатке. На усменом делу испита студент показује свеобухватно разумевање принципа пословне интелигенције.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијуми	20	усмени испит	40
Пројектни задаци	40		

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Претраживање информација			
Наставник/наставници: Милош, М., Савић			
Статус предмета:изборни			
Број ЕСПБ:6			
Услов: нема			
Циљ предмета			
Примарни циљ предмета је да студенте упозна са модерним алгоритмима, техникама и моделима за прикупљање, индексирање и претраживање информација, те системима за претраживање информација, методологијама за њихову евалуацију и применама.			
Исход предмета			
<i>Минимални:</i> Успешан студент би требао бити способан да користи модерне програмске библиотеке за претраживање информација у развоју корисничких апликација које захтевају напредно индексирање и претраживање.			
<i>Пожељни:</i> На крају курса се очекује да студенти поседују дубинско разумевање модерних алгоритама, техника и модела претраживања информација, те да су у стању да их имплементирају и евалуирају у широком спектру практичних апликација.			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
Увод у модерне системе претраживања информација и машине за претраживање. Буловски модел претраживања информација. Основне структуре података и алгоритми за индексирање информација. Метрике сличности текста и докумената и претраживање информација толерантно на грешке у корисничким упитима. Дистрибуирано индексирање. Технике за компресију индекса. Векторски модел претраживања информација. Рангирање резултата претраге. Евалуација система за претраживање. Релевантност резултата претраге, експанзија упита и интеракција са корисником. Пробабилистички модели претраживања информација. Језички модели за претраживање информација. Интелигентне технике за рангирање, класификацију, категоризацију и филтерисање резултата претраге. Архитектура система за претраживање <i>Web</i> -а. Прикупљање и индексирање информација са <i>Web</i> -а и рангирање резултата <i>Web</i> претраживања.			
<i>Практична настава</i>			
Практични програмски задаци који се односе на структуре података и алгоритме за индексирање и претраживање информација. Упознавање са модерним Јава програмским библиотекама за претраживање информација (Lucene и LingPipe).			
Литература			
<i>Препоручена</i>			
Christopher D. Manning, Prabhakar Raghavan, Hinrich Schütze. <i>Introduction to Information Retrieval</i> . Cambridge University Press, 2008.			
Bruce Croft, Donald Metzler and Trevor Strohman. <i>Search Engines: Information Retrieval in Practice</i> . Pearson, 2010.			
Michael McCandless, Erik Hatcher, Otis Gospodnetic. <i>Lucene in Action, Second Edition</i> . Manning Publications. 2010.			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:2	Практична настава:3	
Методe извођења наставе			
Предавања су базирана на класичном моделу извођења наставе уз употребу пројектора. Решења практичних проблема из области претраживања информација се презентују и дискутују са студентима на вежбама. Провера знања укључује теоријски тест, самостално решавање практичних задатака и припрему семинарског рада којег студенти бране на завршном испиту.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
тест	20	Пројекат и семинарски рад	50
Практични задаци	30		

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Увод у обраду слике			
Наставник/наставници: Оскар Марко, Марко Панић			
Статус предмета:изборни			
Број ЕСПБ:5			
Услов: нема			
Циљ предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Увод у теорију, алгоритме и практична решења дигиталне перцепције слика/снимака, аквизиција, приказ боја, квантификација, трансформација, унапређење, филтери, мултиспектрално процесуиање, рестаурација, анализа, сегментација, компресија, морфолошка трансформација и извлачење особина. 			
Исход предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Разумевање конструкције алгоримата, математичког алата и имплементације разних дигиталних апликација. - Разматрање практичних система (нпр. медицинских). - Преглед сродних стандарда као што су JPEG и MPEG. 			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
Увод, репрезентација слике, простор боја, узорковање слика, квантизација, мерење и унапређење квалитета слике, дискретна Фуријеова трансформација, филтрирање у фреквенцијском домену, трансформација слике; дискретна косинусна трансформација, KL трансформација, рестаурација слике, особине слике, екстракција и репрезентација, ивице и линије, регионална сегментација и репрезентација, морфолошка обрада слике, компресије слика и видео записа, препознавање објеката			
<i>Практична настава</i>			
Примери апликација у медицини, сателитским системима итд.			
У израду пројектних задатака биће укључен експерт из привреде у својству предавача ван радног односа.			
Литература			
Одабрана поглавља из књига:			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Gonzalez and Woods, Digital Image Processing, 2nd edition, Prentice Hall, 2001. 2. Vaclav Hlavac, Roger Boyle, Milan Sonka, Image Processing, Analysis, and Machine Vision: 3rd (Third) edition Hardcover – March 19, 2007 3. Matlab is the recommended tool for the class. Software examples will be shown in class. 			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:2	Практична настава:2	
Методe извођења наставе			
Предавања; понављање; активно учешће студената у решавању проблема; тестови знања – колоквијум; домаћи.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијум	30	писмени испит	40
пројекти	30		

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Обрада акустичких и говорних сигнала			
Наставник/наставници: Марко Панић			
Статус предмета:изборни			
Број ЕСПБ:5			
Услов: нема			
Циљ предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Разумевање основа аудио, говорних и природних језичких процеса и њихова примена у анализи великих података. 			
Исход предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Стечено знање из основа аудио, говорних и природних језичких процеса и њихова примена у анализи великих података. - Способност комуникације и колаборације са инжењерима по питању практичних и истраживачких проблема. - Способност имплементације алгоритама уз помоћ релевантних софтверских алата. - Способност решавања реалних проблема из дате области. 			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
<p>Физика звука, основи аудио перцепције, модели говора и синтетика говора, компресија (MPEG/Audio compression), препознавање говора, скривени Марковљеви модели, претварачи коначних стања у препознавању говора, статистички модели говора, POS tagging, синтакса и граматика, статистичко и зависно расчлањивање Word Sense Disambiguation, Мешавине звука и сепарација, анализа музике и препознавање, садржајно вађење архива великих димензија.</p>			
<i>Практична настава</i>			
Практични примери из области аудио и говорног кодирања, препознавање говора, моделирање језика и осталих релевантних домена.			
Литература			
Одабрана поглавља из књига:			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ben Gold and Nelson Morgan: Speech and Audio Signal Processing: Processing and perception of speech and music, Wiley, 2000. 2. Daniel Jurafsky and James H. Martin: Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition, 2nd edition, Prentice Hall, 2009. 			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:2		Практична настава:2
Методе извођења наставе			
Предавања; понављање; активно учешће студената у решавању проблема; тестови знања – колоквијуми; домаћи.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијум	20	писмени испит	70
домаћи	10		

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Обрада великих количина података у медицини и биологији			
Наставник/наставници: Сања Брдар, Оскар Марко			
Статус предмета:изборни			
Број ЕСПБ:5			
Услов: нема			
Циљ предмета			
<ul style="list-style-type: none"> ● Разумевање основних принципа и употребе рачунарског вида и обраде слике за припрему података (реконструкција слике, уклањање шума из слике и сегментација слике). ● Разумевање основних рачунарских метода за анализу и интерпретацију хетерогених података у биоинформатици. ● Разумевање анализе одлука, вештачке интелигенције и конструкције и процене модела предвиђања у контексту различитих вишедимензионалних модалитета података (хиперспектралне и мултиспектралне слике, сателитске радарске слике (САР), слике са магнетне резонанце (МРИ), слике компјутерске томографије (ЦТ), дигиталне холографске слике (ДХ) и подаци о биоинформатици (секвенце, графикони и табеларни подаци) ● Практични рад на подацима из биолошких сфера (биологија, екологија, пољопривреда, медицина) 			
Исход предмета			
<ul style="list-style-type: none"> ● Искуство у анализи и обради различитих модалитета слике, користећи напредне алгоритме за обраду слике, реконструкцију и сегментацију. ● Искуство у анализи и обради података из биоинформатике. ● Искуство у коришћењу система за подршку одлукама и системима заснованим на знању, системима учења у рачунарском планирању и праћењу тренутног стања уочених појава у биосистемима. 			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
Репрезентација вишедимензионалних сигнала коришћењем хармонијске анализе (<i>wavelet and wavelet-like</i> декомпозиције) и теорије ретке репрезентације. Увод у рачунарско добијање слика: модалитети (МРИ, ЦТ, САР, ДХ), методе реконструкције и уклањања шума. Моделирање структуре слике помоћу просторне статистике (модел засновани на Марковљевом моделу случајног поља МРФ) примењени на различитим ретким репрезентацијама слика у сврху сегментације слике.			
<i>Практична настава</i>			
Примена напредних алгоритама за реконструкцију слике, уклањање шума и сегментацију региона од интереса (РОИ) у поменутих модалитетима слике.			
Увод у генетичке податке (низови, експресије, интеракције), проналажење података у биолошким базама података . Интеграција хетерогених података.			
У израду пројектних задатака биће укључен експерт из привреде у својству предавача ван радног односа.			
Литература			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Kutyniok, G. and Labate, D. eds., 2012. <i>Shearlets: Multiscale analysis for multivariate data</i>. Springer Science & Business Media. 2. Eldar, Y.C. and Kutyniok, G. eds., 2012. <i>Compressed sensing: theory and applications</i>. Cambridge university press. 3. Li, S.Z., 2012. <i>Markov random field modeling in computer vision</i>. Springer Science & Business Media 4. http://www.shearlab.org/ 5. Phillip Compeau, Pavel Pevzner, <i>Bioinformatics Algorithms: An Active Learning Approach</i>, Active Learning Publishers, 2014. 			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:2	Практична настава:2	
Методe извођења наставе			
Предавања; понављање; активно учешће студената у решавању проблема; Лабораторијске вежбе, примена на реалне примере.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
Лабораторијске вежбе	10	Завршни пројекат	90

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Графички модели и пробабилистичко закључивање			
Наставник/наставници:Милош Савић, Милош Радовановић			
Статус предмета: изборни			
Број ЕСПБ:5			
Услов: нема			
Циљ предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Разумевање теорије и практичних имплементација графичких модела и Belief-Propagation (BP) алгоритама за пробабилистичко закључивање. - Разумевање предности и мана разноврсних графичких модела. - Способност примене графичких модела и BP алгоритама у MATLAB-у на реалне проблеме. 			
Исход предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Искуство у моделирању, графичкој репрезентацији, дизајну и анализи BP алгоритама. - Способност примене пробабилистичког концепта на истраживачке проблеме из разних области. 			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
Графички модели пробабилистичких система: модели усмерених графова – Бајесове мреже; модели неусмерених графова – Маркова случајна поља; Factor графови. Егзактно закључивање: ефикасна маргинализација кроз алгоритме за обраду података (Belief-Propagation); Алгоритам суме и производа; Max-product (Min-Sum) алгоритам. Апроксимативно закључивање: Loopy Belief-Propagation, Monte Carlo методи. Учење у графичким моделима: ML оцене, Expectation-Maximization алгоритми.			
<i>Практична настава</i>			
Примена у комуникационим системима, обради слика, статистичкој физици итд. Имплементација у MATLAB-у; Примена изабраних метода на реалне проблеме. У израду пројектних задатака биће укључен експерт из привреде у својству предавача ван радног односа.			
Литература			
D. Koller and N. Friedman: Probabilistic Graphical Models, MIT Press, 2009			
M. J. Wainwright and M. I. Jordan, Graphical models, exponential families, and variational inference, Foundations and Trends in Machine Learning, 2008.			
C. Bishop: Препознавање облика и машинско учење, Springer, 2006			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:2	Практична настава:2	
Методe извођења наставе			
Предавања; понављање; активно учешће студената у решавању проблема. Тестови знања– колоквијум, домаћи. Примена на реалне податке.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијум	30	писмени испит	30
пројекат	40		

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Алгоритми над графовима и стаблима			
Наставник/наставници:Милош Радовановић, Дони Працнер			
Статус предмета:изборни			
Број ЕСПБ:5			
Услов: нема			
Циљ предмета			
Оспособљавање студената за разумевање и коришћење структура података граф и стабло, и одговарајућих алгоритама.			
Исход предмета			
<i>Минимални:</i> На крају курса, очекује се да успешан студент буде способен да имплементира различите врсте типова података и алгоритама за рад са графовима и стаблима.			
<i>Пожељни:</i> На крају курса, очекује се да успешан студент буде способен да имплементира различите врсте типова података и алгоритама за рад са графовима и стаблима, и да препозна погодну структуру података за решавање проблема. Такође, очекује се и да студент може успешно да креира модификације ових структура и прилагоди их потребама практичне примене.			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
Апстрактни тип података граф и његове варијанте: неусмерен, усмерен, тежински. Основни начини имплементације графова. Обиласци графова у дубину и ширину. Повезане компоненте. Тополошко сортирање. Минимална простирућа стабла: грамзиви, Крускалов и Примов алгоритама. Најкраћи путеви: Дијкстрин алгоритама, алгоритама помоћу тополошког сортирања, Белман-Фордов алгоритама. Примене. Апстрактни тип података табела симбола и основне имплементације. Апстрактни тип података стабло и његове имплементације. Стабло претраживања. Балансирано стабло претраживања и његова анализа. Разне врсте балансираног стабла (2-3-стабло, црвено-црно стабло, Б-стабло и сл.). Остале врсте стабла. Примене.			
<i>Практична настава</i>			
Реализација структура података и алгоритама за рад са графовима и стаблима, као и разни начини њихове практичне примене и модификације.			
Литература			
<i>Препоручена</i>			
1. Robert Sedgewick and Kevin Wayne. Algorithms, Fourth edition. Addison-Wesley. 2011.			
2. Ђура Паунић. Структуре података и алгоритми, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Нови Сад, 1997, Универзитетски уџбеник.			
3. Michael T. Goodrich, Roberto Tamassia and Michael H. Goldwasser. Data structures & algorithms in Java, Sixth edition. Wiley. 2014.			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:2		Практична настава:2
Методe извођења наставе			
На предавањима се користе класичне методе наставе уз употребу пројектора. Објашњава се имплементација структура података граф и стабло који се илуструју одговарајућим примерима. На вежбама се користи програмски језик Јава за имплементацију структура података граф и стабло, и практичних примера њиховог коришћења. У току вежби се знање студената тестира кроз израду два колоквијума који покривају разне начине примене савладаних структура података. Такође, знање студената се проверава кроз реализацију мањег пројекта. На усменом делу испита студент показује разумевање структура података и алгоритама над њима.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијуми	25	усмени испит	50
пројекат	25		

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: <i>NoSQL</i> базе података			
Наставник/наставници:Данијела Боберић Крстићев			
Статус предмета:изборни			
Број ЕСПБ:5			
Услов:нема			
Циљ предмета Упознавање студената са принципима, елементима и начином рада савремених не-релационих база података.			
Исход предмета Након овог курса студенти су у стању да развијају системе који користе савремене не-релационе базе података.			
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> Упознавање студената са принципима, елементима и начином рада савремених не-релационих база података. Проблеми великих складишта података и скалабилност. Кључ/вредност складишта података. Колонски оријентисана складишта података. Документ-оријентисане базе података. Граф-оријентисане базе података. Операције над подацима. Упити над базама података. Индексирање. Управљање трансакцијама и интегритетом података. <i>NoSQL</i> базе података и <i>cloud computing</i> . Перформансе <i>NoSQL</i> база података. <i>Практична настава</i> На практичним вежбама студенти ће се упознати са конкретним имплементацијама различитих типова <i>NoSQL</i> база као што су <i>MongoDB</i> (Документ-оријентисана база података), <i>HBase</i> (Колонски оријентисана база података) и <i>Neo4J</i> (Граф-оријентисана базе података).			
Литература Pramod J. Sadalage, Martin Fowler, “NoSQL Distilled: A Brief Guide to the Emerging World of Polyglot Persistence”, Addison-Wesley Professional, 2012 Eric Redmond, Jim R. Wilson, “Seven Databases in Seven Weeks: A Guide to Modern Databases and the NoSQL Movement”, Pragmatic Bookshelf, 2012			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:2	Практична настава:2	
Методе извођења наставе Предавања су аудиторна уз коришћење рачунарске опреме. Вежбе се изводе у рачунарској учионици где се студенти кроз практичан рад на рачунарима упознају са алатима и кроз практичне примере илуструју теоријске концепте обрађене на предавањима.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
пројекат	70	усмени испит	30

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Базе просторних података			
Наставник/наставници:Данијела Д. Тешендић			
Статус предмета:Изборни			
Број ЕСПБ:5			
Услов:нема			
Циљ предмета			
Упознавање студената са појмом базе просторних података, као и начинима складиштења и претраживања просторних података.			
Исход предмета			
<i>Минимални:</i>			
По успешном завршетку овог курса студенти могу да објасне специфичности база просторних података, начине складиштења података у њима, као и начине претраживања података.			
<i>Пожељни:</i>			
По успешном завршетку овог курса студенти могу да објасне специфичности база просторних података, начине складиштења података у њима, као и начине претраживања података. Такође, студенти су способни да користе базу просторних података из различитих алата и апликација за визуализацију података.			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
Студенти се током курса упознају са разичитим врстама просторних податка, начинима за њихово складиштење и визуализацију, као и са изворима просторних података и могућностима за њихову обраду, процесирање и припремање за даљу употребу.			
У првом делу курса студенти се упознају са проширењима база података која омогућавају смештање просторних података. Ту спадају геометријски типови података који омогућавају смештање просторних компоненти, као и проширења <i>SQL</i> језика која омогућавају претраживање просторних података, односно креирање просторних упита. Након тога студенти се упознају са начинима приступа просторним подацима из различитих алата и апликација за манипулацију и визуализацију просторних података.			
У другом делу курса студенти се упознају са начинима складиштења осталих типова просторних података, као што су растерски подаци, начинима за манипулацију њима и њихову визуализацију.			
<i>Практична настава</i>			
На практичним вежбама студенти као сервер базе података користе <i>PostgreSQL</i> са <i>PostGIS</i> проширењем за смештање просторних података. Кроз <i>PostgreSQL</i> алате приступа се бази података, уносе се и претражују подаци. Поред тога користе се и различити алати за визуализацију просторних података као што су <i>QGIS</i> софвер и <i>GeoServer</i> , као и различити алати за процесирање и припрему података.			
Литература			
<i>Препоручена</i>			
1. Shekhar, Shashi, Sanjay Chawla. <i>Spatial databases: a tour</i> . Prentice Hall, 2003.			
2. Obe, Regina O., Leo S. Hsu. <i>PostGIS in action, Second Edition</i> . Manning Publications Co., 2015.			
3. Rigaux, Philippe, Michel Scholl, and Agnes Voisard. <i>Spatial databases: with application to GIS</i> . Morgan Kaufmann, 2001.			
4. Westra, Eric, <i>Python Geospatial Development - Third Edition</i> , Packt Publishing Limited., 2016.			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:2	Практична настава:2	
Методe извођења наставе			
Предавања су аудиторна уз коришћење рачунарске опреме. Вежбе се изводе у рачунаској учионици где се студенти кроз практичан рад на рачунарима упознају са алатима и кроз практичне примере илуструју теоријске концепте обрађене на предавањима.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
колоквијуми	30	усмени испит	40
пројекат	30		

Студијски програм :Вештачка интелигенција			
Назив предмета: Анализа података у великим скалама			
Наставник/наставници:Сања Брдар			
Статус предмета: изборни			
Број ЕСПБ:5			
Услов: нема			
Циљ предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Увођење метода за рачунарску анализу података великих скала. - Савладавање програмирања и начина чувања података великих димензија као и њихова анализа, селекција модела и примена у пракси - Способност комбиновања вештина из области као што су чување података, дизајнирање дистрибуираних система , статистичка анализа података, машинско учење, теорија графова итд. у циљу издвајања вредности које произилазе из великих података. 			
Исход предмета			
<ul style="list-style-type: none"> - Искуство у анализи и обради великих скупова података. - Способност дизајнирања и имплементације аналитичких решења: избор прикладног складиштења и алгорита, интерпретација и визуализација резултата. - Способност решавања проблема из разних области. 			
Садржај предмета			
<i>Теоријска настава</i>			
<ul style="list-style-type: none"> - Складиштење података и припрема; селекција обележја ; Интеграција података/знања/метода : Евалуација модела, Оптимизација параметара и селекција модела:Трансфер модела; риказ података. - Студије случаја и примене на хетерогене податке (текстови, просторно-временски подаци, социјални графови итд.) из реалних извора (smart phones, telecom operators, social media, satellite imagery, sensors, genomics) 			
<i>Практична настава</i>			
<ul style="list-style-type: none"> - Имплементација решења у програму Python са додатним пакетима: Numpy, SciPy, Networkx, Matplotlib, Scikit-learn, Pandas, PySpark, Keras, PyTorch <p>У израду пројектних задатака биће укључен експерт из привреде у својству предавача ван радног односа.</p>			
Литература			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Alice Zheng, Evaluating Machine Learning Models, O'Reilly Media, 2015 2. Jason Brownlee, Better Deep Learning: Train. Faster, Reduce Overfitting and Make Better Predictions; Machine Learning Mastery, 2019 3. George Kyriakides, Konstantinos G. Margaritis, Hands-On Ensemble Learning with Python: Build highly optimized ensemble machine learning models using scikit-learn and Keras, Packt Publishing, 2019 4. Mohamed Elgendy, Deep Learning for Vision Systems, Manning Publications 2020 5. Tomasz Drabas, Denny Lee, Learning PySpark, Packt Publish, 2017. 			
Број часова активне наставе	Теоријска настава:2		Практична настава:2
Методe извођења наставе			
Предавања; понављање; активно учешће студената у решавању проблема; тестови знања – колоквијум; домаћи; стварни подаци.			
Оцена знања (максимални број поена 100)			
Предиспитне обавезе	поена	Завршни испит	поена
		усмени испит	30
пројекат	70		

