

Računarski fakultet

Doktorske studije: Algoritmi, kombinatorika, optimizacija

Kombinatorika je grana matematike koja se u prvom redu bavi diskretnim strukturama. Iako njeno poreklo datira nekoliko vekova unazad, tek je u drugoj polovini dvadesetog veka dobila značajniji status u matematici. Oblast operacionih istraživanja razvila se 40-tih i 50-tih godina prošlog veka zbog potrebe matematičkog modelovanja problema iz realnog života, kao i njihovog algoritamskog rešavanja. Osnovna paradigma je optimizacija u prisustvu ograničenja različitog tipa. Oblast računarskih nauka dobila je na značaju 60-tih godina, ali se kao njena osnova označavaju radovi Turinga, 30-tih godina prošlog veka. Posebno treba istaći primenu algoritama, na koje su uticali radovi Knuta. Njegova proučavanja osnovnih računarskih problema, kao što su sortiranje ili pretraživanja zasnovala su modernu disciplinu dizajna i analize algoritama. Sva tri navedena polja veoma brzo su se razvijala u poslednje tri decenije, kako nezavisno, tako i ispreplitano, rezultujući značajnim napretkom ove mulidisciplinarnе oblasti.

Carnegie Mellon University, Georgia Institute of Technology, University of Leeds, poznati svetski univerziteti i jedni od retkih koji sprovode doktorski program istraživanja u oblasti algoritama, kombinatorike i optimizacije. Ova oblast privlači sve više pažnje zahvaljujući mnogobojnim primenama u računarskim naukama, operacionim istraživanjima, ekonomiji, hemiji, biologiji, elektrotehničkom i računarskom inženjerstvu, lingvistici, itd.

Zainteresovani? Da! Odlično, jer dobra vest je da više ne morate da idete u svet na doktorske studije. Svet dolazi kod vas. Ugledni profesori sa pomenutih univerziteta su nastavnici i mentori na akreditovanom doktorskom studijskom programu Algoritmi, kombinatorika i optimizacija koji se izvodi na Računarskom fakultetu.

Program studija

Napomena: Broj časova je dat kao Predavanja + Studijski istraživački rad

I godina

R br.	Oznaka	Predmet	Semestar	Časova	ESPB
1.	08.9002	Tehnički kvalifikacioni ispit	1	0+3	5
2.	08.9003	Izborni predmet iz grupe D1	1	5+3	12
3.	08.9004	Izborni predmet iz grupe D2	1	5+4	13
4.	08.9005	Prvi izborni predmet iz grupe D3	2	5+5	15
5.	08.9006	Drugi izborni predmet iz grupe D3	2	5+5	15
Ukupno ESPB:					60

II godina

R br.	Oznaka	Predmet	Semestar	Časova	ESPB
6.	08.9007	Prvi izborni predmet iz grupe D4	3	5+5	15
7.	08.9008	Drugi izborni predmet iz grupe D4	3	5+5	15
8.	08.9009	Doktorska disertacija - teorijske osnove i istraživački kvalifikacioni ispit	4	0+20	30
Ukupno ESPB:					60

III godina

R br.	Oznaka	Predmet	Semestar	Časova	ESPB
9.	08.9010	Doktorska disertacija – studijski istraživački rad	5	0+30	30
10.	08.9011	Doktorska disertacija – studijski istraživački rad	6	0+10	10
11.	08.9200	Doktorska disertacija – izrada i odbrana disertacije	6	0+0	20
Ukupno ESPB:					60

Izborni predmeti

Grupa D1		Semestar	Časova	ESPB
08.9101	Linearno i celobrojno programiranje	1	5+3	12
08.9102	Numerička linearna algebra	1	5+3	12

Grupa D2		Semestar	Časova	ESPB
08.9103	Teorija grafova	1	5+4	13
08.9104	Kombinatorika	1	5+4	13
08.9140	Analiza i sklapanje genetičkih sekvenci	1	5+4	13
08.9143	Algoritamska teorija brojeva	1	5+4	13

Grupa D3		Semestar	Časova	ESPB
08.9105	Algoritmi	2	5+5	15
08.9106	Kombinatorna optimizacija	2	5+5	15
08.9107	Slučajni procesi	2	5+5	15
08.9141	Biološke mreže	2	5+5	15
08.9144	Kriptografija i kriptoanalza	2	5+5	15

Grupa D4		Semestar	Časova	ESPB
08.9108	Teorija kompleksnosti	3	5+5	15
08.9108	Odabrana poglavlja iz algoritama	3	5+5	15
08.9110	Odabrana poglavlja iz teorije grafova	3	5+5	15
08.9111	Odabrana poglavlja iz optimizacije	3	5+5	15
08.9142	Funkcionalna genomika i genetički čipovi	3	5+5	15
08.9145	Sakrivanje informacija	3	5+5	15

Nastavni predmet:	Tehnički kvalifikacioni ispit					
Oznaka predmeta: 9002						
Broj ESPB: 5						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske (SPT) Obrada signala u telekomunikacijama, Doktorske akademske					
Nastavnik:						
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
0	0	0	3	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
<p>1. Obrazovni cilj: Studenti polažu Tehnički kvalifikacioni ispit da bi pokazali da poseduju odgovarajuće tehničko znanje koje će im omogućiti da se u nastavku doktorskih studija efikasno bave istraživačkim radom.</p>						
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Integralno tehničko obrazovanje potrebno za kvalitetan nastavak doktorskih studija.</p>						
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Svaki student pravi plan polaganja Tehničkog kvalifikacionog ispita, birajući tri predmeta u zavisnosti od oblasti koju će izučavati na doktorskim studijama. Ovaj plan odobrava Komisija za doktorske studije. Izabrani predmeti mogu da se nalaze i u nekom od kurikuluma kao obavezni predmeti osnovnih ili diplomskih studija.</p>						
<p>4. Metode izvođenja nastave: Student se priprema za ispit baveći se studijskim istraživačkim radom, uz konsultacije sa odgovarajućim predmetnim nastavnicima. Priprema obuhvata i jedan integralni domaći zadatak, koji student brani usmeno. Ispit se polaže pismeno, u trajanju od dva sata po predmetu, u toku istog dana. Rezultati ispita pojedinih predmeta se ocenjuju kao Zadovoljavajući, Marginalan ili Nezadovoljavajući. Zadovoljavajući odgovara oceni 10, Marginalan oceni 9, a Nezadovoljavajući oceni 8 ili nižim ocenama. Kada student završi sa polaganjem svih predmeta predviđenih planom Tehničkog kvalifikacionog ispita, Komisija za doktorske studije odlučuje da li je njegov ukupni uspeh zadovoljavajući. Uspeh je zadovoljavajući, ako su ocene iz svih oblasti Zadovoljavajući i eventualno samo iz jedne oblasti Marginalan..</p>						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Domaći zadatak		Da	30	Završni ispit	Da	70
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	

Nastavni predmet:	Linearno i celobrojno programiranje					
Oznaka predmeta: 9101						
Broj ESPB: 12						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske					
Nastavnik:						
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	3	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
1. Obrazovni cilj: Upoznavanje sa linearnim i celobrojnim problemima matematičkog programiranja.						
2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Sposobnost rešavanja konkretnih problema upotrebom linearnog i celobrojnog programiranja.						
3. Sadržaj/ struktura predmeta: Linearno programiranje (simpleksna metoda, teorija dualnosti, analiza osetljivosti, metode unutrašnje tačke, metode dekompozicije), teorija poliedara (definicija i dimenzija poliedara, opis poliedara upotrebom preseka, opis poliedara upotrebom tačaka i ekstremnih zraka, polarnost, poliedarne veze između linearnih i celobrojnih programa), celobrojno programiranje (teorija validnih nejednakosti, valjane nejednakosti za 0-1 knapsack politopovi, validne nejednakosti za politop simetričnog putujućeg trgovca, Lagranžova relaksacija i dualnost, grananje i organičavanje upotrebom relaksacija linearnog programiranja, generalisani algoritmi presečne ravni).						
4. Metode izvođenja nastave: Predavanja. Konsultacije. Predavanja se izvode kombinovano. Izlaganje teoretskog dela praćeno je odgovarajućim primerima koji doprinose razjašnjenju teoretskog dela gradiva. Pored predavanja redovno se održavaju i konsultacije. Kroz studijski istraživački rad student, proučavajući naučne časopise i ostalu literaturu samostalno produbljuje gradivo sa predavanja. Uz rad sa nastavnikom student se osposobljava za samostalno pisanje naučnog rada.						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	V. Chvátal	Linear Programming		Freeman	1983	
2.	A. Schrijver	Theory of Linear and Integer Programming		Wiley	1986	
3.	L. A. Wolsey	Integer Programming		Wiley	1998	
4.	G.L. Nemhauser and L.A. Wolsey	Integer and Combinatorial Optimization		Wiley	1999	

Nastavni predmet:	Numerička linearna algebra					
Oznaka predmeta: 9102						
Broj ESPB: 12						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske					
Nastavnik:						
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	3	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
1. Obrazovni cilj: Sticanje znanja iz algoritama za rešavanje problema matricnih operacija.						
2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Studenti su osposobljeni za efikasnu upotrebu matricnih operacija, kao što su direktni metodi za rešavanje linearnih sistema i matricnih inverzija, iterativnih metoda linearnih sistema, sopstvene vrednosti i sopstveni vektori, LU i QR dekompozicija, inverzne sopstvene vrednosti, pseudoinverzije, ortogonalizacija, matricne norme, retke matrice itd.						
3. Sadržaj/ struktura predmeta: Linearni potprostori. Karakteristične vrednosti i karakteristični vektori. Formule za matricnu inverziju. Matricni račun. Kronekerov proizvod i Kronekerova suma. Invarijantni potprostori. Vektorske norme i matricne norme. Singularna dekompozicija. Generalizovane inverzije. Kvadratne forme i definitne matrice. Matricne funkcije. Polinomske matrice. Matricna jednačina Ljapunova i Rikatija. Ortogonalne transformacije. Izračunavanje Šurove i Žordanove forme. Kondicioniranje i numerička stabilnost. Greške zaokruživanja. Kvadratna optimizacija.						
4. Metode izvođenja nastave: Predavanja i konsultacije. Predavanja se izvode kombinovano. Izlaganje teoretskog dela praćeno je odgovarajućim primerima koji doprinose razjašnjenju teoretskog dela gradiva. Pored predavanja redovno se održavaju i konsultacije. Kroz studijski istraživački rad student, proučavajući naučne časopise i ostalu literaturu samostalno produbljuje gradivo sa predavanja. Uz rad sa nastavnikom student se osposobljava za samostalno pisanje naučnog rada.						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Lloyd N. Trefethen, David Bau III	Numerical Linear Algebra		SIAM	1997	

Nastavni predmet:	Teorija grafova					
Oznaka predmeta: 9103						
Broj ESPB: 13						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske					
Nastavnik:						
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	4	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
<p>1. Obrazovni cilj: Osposobljavanje studenata na apstraktno mišljenje i sticanje osnovnih znanja iz oblasti teorije grafova.</p>						
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Različiti pogledi na teoriju grafova kao i njihovu primenu. Stečena znanja koriste se u daljem obrazovanju i naučno-istraživačkom radu.</p>						
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Operacija sa grafovima. Povezanost. Stabla. Ojlerovi i Hamiltonovi grafovi. Planarni grafovi. Sparivanje u grafovima. Bojenje grafova. Digrafovi i turniri. Jezgro grafa. Grafovi i igre. Matrično predstavljanje grafova. Algoritmi na grafovima. Spektar grafova. Studijski istraživački rad obuhvata izvođenje seminarskih radova iz teorije grafova, odnosno konstruisanje algoritama radi rešavanja praktičnih problema za koje je neophodno poznavanje teorije grafova.</p>						
<p>4. Metode izvođenja nastave: Nastavni proces saatoji se iz teorijskog predavanja i vežbanja koja se satoje u rešavanju raznih praktičnih problema korišćenjem naučenoga teorijskog znanja. Kroz studijski istraživački rad student, proučavajući naučne časopise i ostalu literaturu samostalno produbljuje gradivo sa predavanja. Uz rad sa nastavnikom student se osposobljava za samostalno pisanje naučnog rada.</p>						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Douglas B. West	Introduction to Graph Theory		Prentice Hall	2001	
2.	J.A. Bondy and U.S.R. Murty	Graph Theory		Springer	2008	

Nastavni predmet:	<h1>Kombinatorika</h1>					
Oznaka predmeta: 9104						
Broj ESPB: 13						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske					
Nastavnik:						
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	4	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
<p>1. Obrazovni cilj: Osposobljavanje studenata na apstraktno mišljenje i sticanje osnovnih znanja iz oblasti klasične i moderne kombinatorike.</p>						
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Studenti poseduju znanja iz prebrojavanja, elemenata kombinatornih konstrukcija, kombinatornih algoritama i elemenata diskretne optimizacije. Stečena znanja koriste se u daljem obrazovanju i naučno-istraživačkom radu.</p>						
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Osnovni kombinatorni objekti. Permutacije, kombinacije, particije, kompozicije. Napredne kombinatorne strukture. Konačne geometrije, blokovske konstrukcije. Latinski kvadrati. Kodovi. Hadamarove matrice. Algoritmi za generisanje kombinatornih objekata. Kombinatorika nabrojivih objekata. Rekurentne relacije. Generišuće funkcije. Poljeva teorema. Kombinatorika nad rečima, kombinatorni algoritmi. Načini sortiranja i pretraživanja. Diskretna optimizacija. Linearno i celobrojno programiranje. Dinamičko programiranje. Pakovanje i pokrivanje. Optimizacija mreža. Teorija matroida i pohlepni algoritmi. Bojenje i raspoređivanje. Napredne heuristike. Primena kombinatorike u elektro inženjerstvu, fizici, hemiji i biologiji. Slučajne strukture podataka i randomizirani algoritmi. Softverski alati za kombinatoriku.</p>						
<p>4. Metode izvođenja nastave: Nastavni proces sastoji se iz teorijskog predavanja i vežbanja koja se sastoje u rešavanju raznih praktičnih problema korišćenjem naučenoga teorijskog znanja. Kroz studijski istraživački rad student, proučavajući naučne časopise i ostalu literaturu, samostalno produbljuje gradivo sa predavanja. Uz rad sa nastavnikom student se osposobljava za samostalno pisanje naučnog rada.</p>						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Dragoš Cvetković i Slobodan Simić	Kombinatorika, klasična i moderna		Naučna knjiga	1984	

Nastavni predmet:	Analiza i sklapanje genetičkih sekvenci					
Oznaka predmeta: 9140						
Broj ESPB: 13						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske					
Nastavnik:	Pržulj B. Nataša					
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	4	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
<p>1. Obrazovni cilj: Razumevanje i primena osnova analize i sklapanja genetičkih sekvenci. Analiza je potrebna za proizvodnju sklopljene sekvence kao i za analizu tako sklopljene sekvence.</p>						
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Sposobnost sklapanja i analize genetičkih sekvenci.</p>						
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Predmet pokriva osnovne algoritme za poravnavanje sekvenci i osnove biologije potrebne za razumevanje genoma. Algoritmi koji će se koristiti su: Smith-Waterman, Needleman-Wunsch, BLAST familija algoritama; metode za adresiranje i korigovanje grešaka u sekvenciranju genoma; razlikovanje grešaka u sekvenciranju genoma od regiona genoma koji se ponavljaju. Osnove biologije: mutacije, polimorfizam jednog nukleotida, evoluciona distance izmeđju genoma raznih vrsta. Simuliranje genoma i evolucije.</p>						
<p>4. Metode izvođenja nastave: Predavanja, mentorski rad i projekti. Teorijski deo se izlaže na predavanjima. Praktični deo se radi u okviru projekata. Projekti podrazumeva kompletno sklapanje stvarnih genoma. U toku kursa, studenti će imati pristup ispravnoj sekvenci i uporediti je sa svojom uz kritiku.</p>						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Projekat		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Pavel A. Pevzner	Computational Molecular Biology, An Algorithmic Approach		MIT Press	2000	

Nastavni predmet:	Algoritamska teorija brojeva					
Oznaka predmeta: 9143						
Broj ESPB: 13						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske					
Nastavnik:						
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	4	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
1. Obrazovni cilj: Upoznavanje sa elementima algoritamske teorije brojeva.						
2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Sposobnost za primenu algoritamske teorije brojeva u realnim situacijama, posebno u kriptologiji.						
3. Sadržaj/ struktura predmeta: Klasični i prošireni Euklidov algoritam. Lemerov algoritam. Kineska teorema ostataka. Grupe $(\mathbb{Z}/n\mathbb{Z})^*$. Ležendr-Jakobi-Kronekerov simbol. Izračunavanje kvadratnog korena modulo p . Rešavanje polinomskih jednačina modulo p . Aloritmi za kvadratne matrice. Algoritmi za opšte matrice. \mathbb{Z} -moduli. Hermitova i Smitova normalna forma. Rešetke i kvadratne forme. Gram-Smit ortogonalizacija. Algoritmi redukcije rešetke. LLL algoritam. Algoritmi nad polinomima. Euklidov algoritam za polinome. Faktorizacija polinoma modulo p . Faktorizacija polinoma nad \mathbb{Q} ili \mathbb{Z} . Algebarski brojevi i polja brojeva. Trag, norma i karakteristični polinom. Diskrimenante i redukcija polinoma. Razlaganje prostih brojeva. Algoritmi nad kvadratnim poljima. Izračunavanje grupa Galoa. Eliptične krive. Faktorizacija. Testiranje prostih brojeva. Lehmanova, Polardova i Šanksova metoda. Jakobijev test. Metoda eliptičkih krivih. Softver za podršku teoriji brojeva.						
4. Metode izvođenja nastave: Predavanja, mentorski rad i projekti. Teorijski deo se izlaže na predavanjima. Praktični deo se radi u okviru projekata. Projekti podrazumevaju rešavanje praktičnih i teorijskih problema.						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Henry Cohen	A Course in Computational Algebraic Number Theory		Springer-Verlag	1993	
2.	Eric Bach and Jeffrey Shallit	Algorithmic Number Theory, Vol. I		MIT Press	1996	
3.	Donnald Knuth	The Art of Computer Programming, Vol 2. Seminumerical algorithms		Addison-Wesley	1997	

Nastavni predmet:	<h1>Algoritmi</h1>					
Oznaka predmeta: 9105						
Broj ESPB: 15						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske (SPT) Obrada signala u telekomunikacijama, Doktorske akademske					
Nastavnik:						
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	5	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
<p>1. Obrazovni cilj: Obrazovni cilj kursa je analiza i primena koncepata teorije algoritama. Algoritmi se pojavljuju u gotovo svakoj grani informatike, kao i inženjerskim naukama, biologiji, itd. Svaki problem koji se pojavi u naučnom procesu i treba da bude rešen zahteva algoritam koji je u stanju da na osnovu datih podataka nađe rešenje. Zbog toga navedene teme imaju i teorijski i praktičan značaj.</p>						
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Sposobnost kritičke analize postojećih rešenja i sinteze originalnih rešenja u oblasti algoritama.</p>						
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Metodi dizajniranja algoritama: pohlepni algoritam (Huffman-ovi kodovi), dinamičko programiranje (najduža zajednička podsekvencija), zavadi pa vladaj (množenje matrica, tranzitivno zatvorenje). Analiza algoritama: rekurentne metode, analiza najgoreg slučaja, analiza prosečnog slučaja (primer: quicksort), amortizovana kompleksnost. Algoritmi iz teorije brojeva: celobrojni (najveći zajednički delilac, modularna aritmetika), FFT, polinomska i celobrojna aritmetika. Ostale algoritamske paradigme: paralelni algoritmi (Pointer Jumping, prefiksne sume, rangiranje listi, sortiranje), distribuirani algoritmi (Byzantine Agreement). Deo nastave na predmetu se odvija kroz samostalni studijski istraživački rad koji obuhvata eventualno pisanje rada iz oblasti teorije algoritama.</p>						
<p>4. Metode izvođenja nastave: Predavanja i mentorski rad. Predavanja se izvode kombinovano. Izlaganje teoretskog dela praćeno je odgovarajućim primerima koji doprinose razjašnjenju teoretskog dela gradiva. Pored predavanja redovno se održavaju i konsultacije. Kroz studijski istraživački rad student, proučavajući naučne časopise i ostalu literaturu samostalno produbljuje gradivo sa predavanja. Uz rad sa nastavnikom student se osposobljava za samostalno pisanje naučnog rada.</p>						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obaveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Thomas Cormen, Charles Leiserson, Ronald Rivest, Clifford Stein	Introduction to Algorithms		MIT Press	2001	
2.	Joseph Jája	An Introduction to Parallel Algorithms		Addison Wesley	1992	
3.	Donald E. Knuth	The Art of Computer Programming: Seminumerical Algorithms		Addison Wesley	1998	
4.	Robert Sedgewick, Philippe Flajolet	Introduction to the Analysis of Algorithms		Addison Wesley	1996	

Nastavni predmet:	Kombinatorna optimizacija					
Oznaka predmeta: 9106						
Broj ESPB: 15						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske					
Nastavnik:						
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	5	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
<p>1. Obrazovni cilj: Cilj kursa je da se studenti upoznaju sa najvažnijim problemima kombinatorne optimizacije i metodama za njihovo rešavanje.</p>						
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Sposobnost karakterizacije optimalnih rešenja i nalaženje efikasnih algoritama za optimizacione probleme nad diskretnim strukturama, kao što su npr. problemi protoka kroz mrežu, optimalno poklapanje, matroidna optimizacija itd.</p>						
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Celobrojni poliedri. Metode odsecanja. Metode grananja i ograničavanja. Metode implicitne enumeracije. Optimalna stabla i putevi. Minimalna razapinjuća stabla i pohlepni algoritmi. Određivanje najkraćeg puta. Protoci u mrežama. Određivanje maksimalnog protoka. Određivanje protoka sa minimalnom cenom. Simpleks metoda na mrežama. Optimalna sparivanja. Sparivanje u bipartitnim grafovima. Sparivanje u proizvoljnim grafovima. Sparivanje u težinskim grafovima. Problem maksimalnog sparivanja. Hamiltonovi putevi i problem trgovačkog putnika. Razne relaksacije problema trgovačkog putnika: Lin-Kernighan heuristika. Problem više trgovačkih putnika.</p>						
<p>4. Metode izvođenja nastave: Nastavni proces sastoji se iz teorijskog predavanja i vežbanja koja se sastoje u rešavanju raznih praktičnih problema korišćenjem naučenoga teorijskog znanja. Kroz studijski istraživački rad student, proučavajući naučne časopise i ostalu literaturu, samostalno produbljuje gradivo sa predavanja. Uz rad sa nastavnikom student se osposobljava za samostalno pisanje naučnog rada.</p>						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Jon Lee	A First Course in Combinatorial Optimization		Cambridge University Press	2004	
2.	D. Cvetković, M. Čangalović, Đ. Dugošija, V. Kovačević-Vujčić, S. Simić, J. Vuleta	Kombinatorna optimizacija		Društvo operacionih istraživača Jugoslavije	1996	

Nastavni predmet:	Slučajni procesi				
Oznaka predmeta: 9107					
Broj ESPB: 15					
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske (SPT) Obrada signala u telekomunikacijama, Doktorske akademske				
Nastavnik:					
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)					
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:	
5	0	0	5	0	
Pedmeti preduslovi: nema					
<p>1. Obrazovni cilj: Osposobljavanje studenata za apstraktno mišljenje i sticanje znanja iz oblasti slučajnih procesa.</p>					
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Razumevanje teorije koja opisuje ponašanje slučajnih signala i procesa u realnom svetu. Student je osposobljen da u daljem obrazovanju i naučno-istraživačkom radu koristi stečena znanja iz oblasti slučajnih procesa.</p>					
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Slučajni procesi u diskretnom vremenu. Sistemi sa stohastičkim ulazom. Spektrum stepena. Slučajno kretanje. Proces kretanja tačke. Vinerovi procesi. Deterministički signali u šumu. Identifikovanje sistema. Furijeovi redovi i proširenja Karhunen-Loeva. Spektralna reprezentacija slučajnih procesa. Približno određivanje pomoću srednjih kvadrata. Filtriranje i predviđanje. Kalmanov filter. Pojam entropije. Metod maksimalne entropije. Markovljevi lanci. Čepmen-Kolmogorove jednačine. Klasifikacija stanja. Proces sa grananjem. Uvod u teoriju redova za čekanje. Deo nastave na predmetu se odvija kroz samostalni studijski istraživački rad. Studijski istraživački rad obuhvata aktivno praćenje primarnih naučnih izvora, organizaciju i izvođenje eksperimenata i statističku obradu podataka, numeričke simulacije i eventualno pisanje naučnog rada.</p>					
<p>4. Metode izvođenja nastave: Predavanja; Konsultacije. Na predavanjima se izlaže teoretski deo gradiva praćen karakterističnim primerima radi lakšeg razumevanja gradiva. Pored predavanja redovno se održavaju i konsultacije. Kroz studijski istraživački rad student, proučavajući naučne časopise i ostalu literaturu samostalno produbljuje gradivo sa predavanja. Uz rad sa nastavnikom student se osposobljava za samostalno pisanje naučnog rada.</p>					
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)					
Predispitne obeveze	Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad	Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura					
R. br.	Autor	Naziv	Izdavač	Godina	
1.	Sheldon M. Ross	Introduction to Probability Models, 9th edition	Academic Press	2006	
2.	Lonnie C. Ludeman	Random Processes: Filtering, Estimation and Detection	Wiley	2003	
3.	Athanasios Papoulis, S.Unnikrishna Pillai	Probability, Random Variables and Stochastic Processes	McGraw Hill	2002	

Nastavni predmet:	Biološke mreže					
Oznaka predmeta: 9141						
Broj ESPB: 15						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske					
Nastavnik:	Pržulj B. Nataša					
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	5	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
<p>1. Obrazovni cilj: Upoznavanje sa osnovima analize i modeliranja bioloških mreža kao novog oblika bioloških podataka koji komplementiraju podatke o genetičkim sekvencama.</p>						
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Studenti će biti u stanju da sakupe i analiziraju javno dostupne podatke o biološkim mrežama.</p>						
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Predmet pokriva osnovne biološke koncepte potrebne za razumevanje bioloških mreža. Takodje, pokriva i fundamentalne koncepte iz teorije grafova, kompleksnosti algoritama, glavnih algoritamskih izazova u analiziranju velikih mreža iz stvarnog sveta, zatim post-genomske pristupe analiziranju, modeliranju i poređenju bioloških mreža, kao i primenu ovih pristupa u razumevanju biološke funkcije, bolesti i evolucije.</p>						
<p>4. Metode izvođenja nastave: Predavanja, mentorski rad i projekti. Teorijski deo se izlaže na predavanjima. Praktični deo se radi u okviru projekata. Projekti podrazumevaju rešavanje praktičnih i teorijskih problema. Seminarski rad podrazumeva kompletnu analizu i poređenje nekoliko bioloških mreža.</p>						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Douglas Brent West	Introduction to Graph Theory		Prentice Hall	2000	
2.	Björn H. Junker and Falk Schreiber	Analysis of Biological Networks		Wiley-Interscience	2008	
3.	Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest and Clifford Stein	Introduction to Algorithms		MIT Press	2009	

Nastavni predmet:	Kriptografija i kriptanalza					
Oznaka predmeta: 9144						
Broj ESPB: 15						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske					
Nastavnik:						
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	5	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
1. Obrazovni cilj: Sticanje osnovnih teorijskih i praktičnih znanja iz kriptologije.						
2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Sposobnost za primenu šifarskih sistema u realnim situacijama. Poznavanje metoda za analizu šifarskih sistema.						
3. Sadržaj/ struktura predmeta: Entropija i teorija informacija. Složenost algoritama i klase kompleksnosti. Klasični šifarski sistemi. Moderni šifarski sistemi. Simetrični i asimetrični šifarski sistemi. Jednosmerne funkcije. Heš funkcije. Pobleem faktorizacije brojeva. Problem diskretnog logaritma. Kriptanaliza klasičnih šifarskih sistema. Kriptanaliza sekvencijalnih šifarskih algoritama. Korelacione tehnike. Tehnike raspoznavanja. Tehnike vezane za kompromis između vremena i memorije. Linearna kriptanaliza. Diferencijalna kriptanaliza.						
4. Metode izvođenja nastave: Predavanja, mentorski rad i projekti. Teorijski deo se izlaže na predavanjima. Praktični deo se radi u okviru projekata. Projekti podrazumevaju rešavanje praktičnih i teorijskih problema.						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Christof Paar, Jan Pelzl	Understanding Cryptography		Springer-Verlag	2010	
2.	Mark Stamp, Richard M. Low	Applied Cryptanalysis: Breaking Ciphers in the Real World		Wiley-Interscience	2007	

Nastavni predmet:	Teorija kompleksnosti					
Oznaka predmeta: 9108						
Broj ESPB: 15						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske					
Nastavnik:						
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	5	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
1. Obrazovni cilj: Razumevanje koncepta kompleksnosti algoritma.						
2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Poznavanje nekoliko osnovnih klasa kompleksnosti sa poznatim primerima koji ih reprezentuju. Razumevanje standardnih metoda za rešavanje kompleksnih problema, kao što je korišćenje aproksimativnih i verovatnosnih algoritama.						
3. Sadržaj/ struktura predmeta: Rekurzivne funkcije. Turingove mašine i njihovi jezici. Definicija kompleksnosti algoritma. Vremenska i prostorna kompleksnost. Klase kompleksnosti. Primeri polinomnih algoritama. Redukcije. P=NP pitanje. NP-kompletni problemi, primeri. Klasa coNP. Prostorna kompleksnost. Savičeva teorema. Klase L i NL. Klasa Pspace, pobedničke strategije. Problemi prebrajanja. Verovatnosni algoritmi. Klase BPP, RP i coRP. Derandomizacija. Mali uzorački prostori. Aproksimativni algoritmi. Klasa NPO. Deo nastave na predmetu se odvija kroz samostalni studijski istraživački rad.						
4. Metode izvođenja nastave: Predavanja i mentorski rad. Predavanja se izvode kombinovano. Izlaganje teoretskog dela praćeno je odgovarajućim primerima koji doprinose razjašnjenju teoretskog dela gradiva. Pored predavanja redovno se održavaju i konsultacije. Kroz studijski istraživački rad student, proučavajući naučne časopise i ostalu literaturu samostalno produbljuje gradivo sa predavanja. Uz rad sa nastavnikom student se osposobljava za samostalno pisanje naučnog rada.						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obaveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Christos Papadimitriou	Computational Complexity		Addison Wesley Longman	1995	
2.	L. A. Hemaspaandra, M. Ogihara	The Complexity Theory Companion		Springer	2002	
3.	Daniel P. Bovet, Pieriugi Crescenzi	Theory of Computational Complexity		Prentice Hall	1994	

Nastavni predmet:	Odabrana poglavlja iz algoritama					
Oznaka predmeta: 9109						
Broj ESPB: 15						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:						
Nastavnik:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske					
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	5	0		
Pedmeti preduslovi: 9105. Teorija algoritama, 9108. Teorija kompleksnosti						
<p>1. Obrazovni cilj: Analiza i primena kocepata teorije algoritama. Upoznavanje sa najaktuelnijom literaturom u oblasti algoritama i teorije kompleksnosti.</p>						
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Sposobnost kritičke analize postojećih rešenja i sinteze originalnih rešenja u oblasti teorije algoritama. Upoznatost sa najaktuelnijom literaturom i sposobnost započinjanja naučno-istraživačkog rada u oblasti teorije algoritama.</p>						
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Turingova mašina, primitivno rekurzivne funkcije, rekurzivne funkcije, enumeracija, univerzalne funkcije, odlučivost, neodlučivost, parcijalna odlučivost, rekurzivni i rekurzivno nabrojivi skupovi, svodljivost i stepeni, teoreme rekurzije. Izračunljivost, klase složenosti, odnos između klasa složenosti, svoćenje i kompletnost, NP-kompletni problemi, coNP-kompletni problemi, randomizovano izračunavanje, kriptografija. Algoritmi u bioinformatici. Poravnavanje nizova, skriveni Markovski lanci (HMM), skriveni Markovski modeli, poravnavanje sa (HMM), višestruko poravnavanje nizova, filogenetska stabla, transformacione gramatike, analiza strukture RNA. Sadržaj ovog predmeta će se usklađivati sa oblastima naučnih istraživanja na fakultetu i najaktuelnijim zbivanjima u oblasti algoritama.</p>						
<p>4. Metode izvođenja nastave: Predavanja i mentorski rad. Predavanja se izvode kombinovano. Izlaganje teoretskog dela praćeno je odgovarajućim primerima koji doprinose razjašnjenju teoretskog dela gradiva. Pored predavanja redovno se održavaju i konsultacije. Kroz studijski istraživački rad student, proučavajući naučne časopise i ostalu literaturu samostalno produbljuje gradivo sa predavanja. Uz rad sa nastavnikom student se osposobljava za samostalno pisanje naučnog rada.</p>						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Donald E. Knuth	The Art of Computer Programming: Seminumerical Algorithms		Addison Wesley	1998	

Nastavni predmet:	Odabrana poglavlja iz teorije grafova					
Oznaka predmeta: 9110						
Broj ESPB: 15						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske					
Nastavnik:						
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	5	0		
Pedmeti preduslovi: 9103. Teorija grafova						
<p>1. Obrazovni cilj: Analiza i primena kocepata teorije grafova. Upoznavanje sa najaktuelnijom literaturom u oblasti teorije grafova.</p>						
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Sposobnost kritičke analize postojećih rešenja i formiranje originalnih rešenja u oblasti teorije grafova. Upoznatost sa najaktuelnijom literaturom i sposobnost započinjanja naučno-istraživačkog rada u oblasti teorije grafova.</p>						
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Perfektni grafovi. Poliedarska karakterizacija perfektnih grafova. Jaki perfektni grafovi. Triangularizovani grafovi. Testiranje eliminacione šeme. Evolucionna stabla. Trougaona lema. Dekompozicija grafa. Jedinstveno delimično uređeni grafovi. Karakterizacija i algoritmi prepoznavanja. Ograničeni i neograničeni tolerantni grafovi. Intervalni grafovi. Vremensko rezonovanje i intervalna algebra. Sadržaj ovog predmeta će se usklađivati istraživanjima na Fakultetu i sa najaktuelnijim zbivanjima u oblasti teorije grafova.</p>						
<p>4. Metode izvođenja nastave: Predavanja i mentorski rad. Predavanja se izvode kombinovano. Izlaganje teoretskog dela praćeno je odgovarajućim primerima koji doprinose razjašnjenju teoretskog dela gradiva. Pored predavanja redovno se održavaju i konsultacije. Kroz studijski istraživački rad student, proučavajući naučne časopise i ostalu literaturu samostalno produbljuje gradivo sa predavanja. Uz rad sa nastavnikom student se osposobljava za samostalno pisanje naučnog rada.</p>						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Grupa autora	Časopisi				

Nastavni predmet:	Odabrana poglavlja iz optimizacije				
Oznaka predmeta: 9111					
Broj ESPB: 15					
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske (SPT) Obrada signala u telekomunikacijama, Doktorske akademske				
Nastavnik:					
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)					
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:	
5	0	0	5	0	
Pedmeti preduslovi: 9101. Linearno i celobrojni programiranje, 9106. Kombinatorna optimizacija					
<p>1. Obrazovni cilj: Analiza i primena kocepata matematičkog programiranja i kombinatorijalne optimizacije. Upoznavanje sa najaktuelnijom literaturom u oblasti matematičkog programiranja i kombinatorijalne optimizacije.</p>					
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Sposobnost kritičke analize postojećih rešenja i sinteze originalnih resenja u oblasti matematičkog programiranja i kombinatorijalne optimizacije. Upoznatost sa najaktuelnijom literaturom i sposobnost započinjanja naučno-istraživačkog rada u oblasti matematičkog programiranja i kombinatorijalne optimizacije.</p>					
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Konveksno i nekonveksno programiranje. Nelinearno programiranje (bezuslovna optimizacija; kvadratno programiranje; konveksno programiranje; separabilno programiranje; celobrojno programiranje). Dinamičko programiranje. Višekriterijumska optimizacija. Kompromisno programiranje. Apstraktno programiranje. Varijacioni račun. Sadržaj ovog predmeta će se usklađivati sa istraživanjima na Fakultetu i najaktuelnijim zbivanjima u oblasti matematičkog programiranja i kombinatorijalne optimizacije.</p>					
<p>4. Metode izvođenja nastave: Predavanja i mentorski rad. Predavanja se izvode kombinovano. Izlaganje teoretskog dela praćeno je odgovarajućim primerima koji doprinose razjašnjenju teoretskog dela gradiva. Pored predavanja redovno se održavaju i konsultacije. Kroz studijski istraživački rad student, proučavajući naučne časopise i ostalu literaturu samostalno produbljuje gradivo sa predavanja. Uz rad sa nastavnikom student se osposobljava za samostalno pisanje naučnog rada.</p>					
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)					
Predispitne obeveze	Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad	Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura					
R. br.	Autor	Naziv	Izdavač	Godina	
1.	Grupa autora	Časopisi			

Nastavni predmet:	Fukcionalna genomika i genetički čipovi					
Oznaka predmeta: 9142						
Broj ESPB: 15						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske					
Nastavnik:	Pržulj B. Nataša					
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	5	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
<p>1. Obrazovni cilj: Upoznavanje sa osnovima analize genetske aktivnosti u zdravim i bolesnim ćelijama putem genetičkih čipova (microarrays). Dobijanje pune slike genetičkih funkcija, uključujući profile ekspresije (expression profiles) na mRNK nivou i proteinskom nivou. Razumevanje funkcije gena i proteina u organizmu (genome annotation).</p>						
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Studenti će biti u stanju da sakupe i analiziraju javno dostupne podatke iz domena genetičkih čipova.</p>						
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Metode koje se koriste u integrativnoj i sistemskoj biologiji sa ciljem razumevanja zdravih i bolesnih stanja (npr. raka, dijabetesa i sl.). Analiza funkcije genoma kao važan korak ka nalaženju novih molekula (lekova) kojima bi se mogli ciljati proteini u bolesnim ćelijama. Ekspresija gena, genetički čipovi, njihove aplikacije (npr. u identifikaciji gena izraženih u raznim tipovima ćelija ili raznim ćelijskim stanjima), koraci u eksperimentima sa genetičkim čipovima, kvantitativna interpretacija rezultata, normalizacija, analiza diferencijalne ekspresije gena, osnovne statističke analize rezultata, njihova vizuelizacija i numerička interpretacija, kao i klasifikacija i klasterovanje podataka.</p>						
<p>4. Metode izvođenja nastave: Predavanja, mentorski rad i projekti. Teorijski deo se izlaže na predavanjima. Praktični deo je u okviru projekata. Projekti podrazumevaju rešavanje praktičnih i teorijskih problema. Seminarski rad je praktičan rad na korišćenju R statističkog sistema za analizu podataka dobijenih genetičkim čipovima.</p>						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Dov Stekel	Microarray Bioinformatics		Cambridge University Press	2003	
2	Isaac S. Kohane, Alvin Kho, and Atul J. Butte	Microarrays for an Integrative Genomics (Computational Molecular Biology)		MIT Press	2005	

Nastavni predmet:	Sakrivanje informacija					
Oznaka predmeta: 9145						
Broj ESPB: 15						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske (SPT) Obrada signala u telekomunikacijama, Doktorske akademske					
Nastavnik:						
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
5	0	0	5	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
1. Obrazovni cilj: Sticanje teorijskih i praktičnih znanja iz steganografije i digitalnog vodenog žiga.						
2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Sposobnost za primenu steganografskih algoritama za sakrivanje informacija, posebno u okviru digitalnih i multimedijalnih sadržaja.						
3. Sadržaj/ struktura predmeta: Razlozi za sakrivanje informacija. Upotreba steganografije. Napadi na steganografiju. Šifrovanje i beli šum. Savremeni algoritmi šifrovanja. Rekapitulacija kodova za korekciju greške. Deljena tajna. Razdvajanje tajni. Šeme za deljenje tajni. Deljenje upotrebom javnog ključa. Steganografski sistemi datoteka i deljenje tajni. Kodovi za kompresiju. GZSteg. Osnovi mimikrije. Gramatike i mimikrija. Skremblovane gramatike. Sakrivanje unutar šuma. Rad sa formatom GIF. Regukcija boja. Prazan prostor na disku. Sakrivanje u okviru JPEG. Skremblovanje. Vodeni žigovi. Obeležavanje digitalnih dokumenata. Izbor koeficijenata. Metoda usrednjavanja. Efekat distorzije. Steganografska analiza. Pronalaženje sakrivenih poruka. Vizuelni i oralni napad. Statistički napad. Zamućivanje. Preuređivanje koda. Sinhronizacija. Sakrivanje u okviru baze podataka. Upotreba jednosmernih funkcija						
4. Metode izvođenja nastave: Predavanja, mentorski rad i projekti. Teorijski deo se izlaže na predavanjima. Praktični deo se radi u okviru projekata. Projekti podrazumevaju rešavanje praktičnih i teorijskih problema.						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Peter Wayner	Disapearing Cryprography - Information Hiding: Steganography & Watermarking		Morgan Kaufmann	2008	

Nastavni predmet:	Doktorska disertacija – teorijske osnove i istraživački kvalifikacioni ispit					
Oznaka predmeta: 9009						
Broj ESPB: 30						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske (SPT) Obrada signala u telekomunikacijama, Doktorske akademske					
Nastavnik:						
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
0	0	0	20	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
<p>1. Obrazovni cilj: Primena osnovnih, teorijsko metodoloških, naučno-stručnih i stručno-aplikativnih znanja, metoda i najnovija znanja iz časopisa sa SCI liste na rešavanju konkretnih problema u okviru predmeta doktorskih studija.</p>						
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Osposobljavanje studenata da samostalno povezuju materiju iz predmeta doktorskih studija, primenjuju prethodno stečena i nova znanja, radi sagledavanja strukture zadatog problema i njegovoj sistemskoj analizi u cilju izvođenju zaključaka o mogućim pravcima njegovog rešavanja. Kroz samostalno korišćenje literature, studenti proširuju znanja i korišćenjem novih metoda samostalno i kreativno koriste nova saznanja pri rešavanju zadatih problema.</p>						
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Formira se pojedinačno u skladu sa potrebama daljeg rada. Student proučava stručnu literaturu, vrši analize u cilju iznalaženja rešenja konkretnog zadatka koji je definisan postavljenim zadatkom od strane mentora i nastavnika doktorskih studija. Studenti se pripremaju za polaganje istraživačkog kvalifikacionog ispita.</p>						
<p>4. Metode izvođenja nastave: Mentor studenta sastavlja zadatak seminarskog rada i dostavlja ga studentu. Student je obavezan da rad izradi u okviru zadate teme koja je definisana zadatkom rada, koristeći literaturu predloženu od mentora. Tokom izrade rada, mentor može davati dodatna uputstva studentu, upućivati na određenu literaturu i dodatno ga usmeravati u cilju izrade kvalitetnog rada. U okviru studijskog istraživačkog rada student obavlja konsultacije sa komentorom i sa predmetnim nastavnicima, a po potrebi i sa drugim nastavnicima koji se bave problematikom iz oblasti teme samog rada. Umesto seminarskog rada, kandidat može da brani rad koji je objavljen ili prihvaćen za objavljivanje u nekom časopisu sa SCI liste. Kandidat polaže i usmeni ispit iz oblasti položenih ispita, pred komisijom. Ako položi ispit, student se kvalifikovao za dalje studije, tj stekao je status dokorskog kandidata.</p>						
Oцена znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Grupa autora	Klasični i elektronski časopisi i zbornici radova				

Nastavni predmet:	Doktorska disertacija – studijski istraživački rad				
Oznaka predmeta: 9010					
Broj ESPB: 30					
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske (SPT) Obrada signala u telekomunikacijama, Doktorske akademske				
Nastavnik:					
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)					
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:	
0	0	0	30	0	
Pedmeti preduslovi: nema					
<p>1. Obrazovni cilj: Primena osnovnih, teorijsko metodoloških, naučno-stručnih i stručno-aplikativnih znanja i metoda na rešavanju konkretnih problema u okviru izabranog područja. U okviru ovog dela doktorske disertacije student izučava problem, njegovu strukturu i složenost i na osnovu sprovedenih analiza izvodi zaključke o mogućim načinima njegovog rešavanja. Proučavajući literaturu student se upoznaje sa metodama koje su namenjene za kreativno rešavanje novih zadataka i inženjerskom praksom u njihovom rešavanju. Cilj aktivnosti studenata u okviru ovog dela istraživanja ogleda se u sticanju neophodnih iskustava kroz rešavanja kompleksnih problema i zadataka i prepoznavanje mogućnosti za primenu prethodno stečenih znanja u praksi.</p>					
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Osposobljavanje studenata da samostalno primenjuju prethodno stečena znanja iz različitih područja koje su prethodno izučavali, radi sagledavanja strukture zadatog problema i njegovoj sistemskoj analizi u cilju izvođenja zaključaka o mogućim pravcima njegovog rešavanja. Kroz samostalno korišćenje literature, studenti proširuju znanja iz izabranog područja i proučavanju različitih metoda i radova koji se odnose na sličnu problematiku. Na taj način, kod studenata se razvija sposobnost da sprovedu analize i identifikuju probleme u okviru zadate teme. Praktičnom primenom stečenih znanja iz različitih oblasti kod studenata se razvija sposobnost da sagledaju mesto i ulogu inženjera u izabranom području, potrebu za saradnjom sa drugim strukama i timskim radom.</p>					
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Formira se pojedinačno u skladu sa potrebama izrade konkretne doktorske disertacije, njegovoj složenosti i strukturom. Student proučava stručnu literaturu, doktorske disertacije studenata koji se bave sličnom tematikom, vrši analize u cilju iznalaženja rešenja konkretnog zadatka koji je definisan zadatkom doktorske disertacije.</p>					
<p>4. Metode izvođenja nastave: Mentor doktorske disertacije sastavlja zadatak rada i dostavlja ga studentu. Student je obavezan da disertaciju izradi u okviru zadate teme koja je definisana zadatkom doktorske disertacije, koristeći literaturu predloženu od mentora. Tokom izrade doktorske disertacije, mentor može davati dodatna uputstva studentu, upućivati na određenu literaturu i dodatno ga usmeravati u cilju izrade kvalitetne doktorske disertacije. U okviru studijskog istraživačkog rada student obavlja konsultacije sa mentorom, a po potrebi i sa drugim nastavnicima koji se bave problematikom iz oblasti teme samog rada. U okviru zadate teme, student po potrebi vrši i određena merenja, ispitivanja, brojanja, ankete i druga istraživanja, statističku obradu podataka, ako je to predviđeno zadatkom rada.</p>					
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)					
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	
				Da	50
Literatura					
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina
1.	Grupa autora	Klasični i elektronski časopisi i zbornici radova			

Nastavni predmet:	Doktorska disertacija – studijski istraživački rad				
Oznaka predmeta: 9011					
Broj ESPB: 10					
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske (SPT) Obrada signala u telekomunikacijama, Doktorske akademske				
Nastavnik:					
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)					
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:	
0	0	0	10	0	
Pedmeti preduslovi: nema					
<p>1. Obrazovni cilj: Nastavak studijskog istraživačkog rada iz prethodnog semestra. Primena osnovnih, teorijsko-metodoloških, naučno-stručnih i stručno-aplikativnih znanja i metoda na rešavanju konkretnih problema u okviru izabranog područja. U okviru ovog dela doktorske disertacije student izučava problem, njegovu strukturu i složenost i na osnovu sprovedenih analiza izvodi zaključke o mogućim načinima njegovog rešavanja. Proučavajući literaturu student se upoznaje sa metodama koje su namenjene za kreativno rešavanje novih zadataka i inženjerskom praksom u njihovom rešavanju. Cilj aktivnosti studenata u okviru ovog dela istraživanja ogleda se u sticanju neophodnih iskustava kroz rešavanja kompleksnih problema i zadataka i prepoznavanje mogućnosti za primenu prethodno stečenih znanja u praksi.</p>					
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Osposobljavanje studenata da samostalno primenjuju prethodno stečena znanja iz različitih područja koje su prethodno izučavali, radi sagledavanja strukture zadatog problema i njegovoj sistemskoj analizi u cilju izvođenja zaključaka o mogućim pravcima njegovog rešavanja. Kroz samostalno korišćenje literature, studenti proširuju znanja iz izabranog područja i proučavaju različite metode i radove koji se odnose na sličnu problematiku. Na taj način, kod studenata se razvija sposobnost da sprovedu analize i identifikuju probleme u okviru zadate teme. Praktičnom primenom stečenih znanja iz različitih oblasti kod studenata se razvija sposobnost da sagledaju mesto i ulogu inženjera u izabranom području, potrebu za saradnjom sa drugim strukama i timskim radom.</p>					
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Formira se pojedinačno u skladu sa potrebama izrade konkretne doktorske disertacije, njegovoj složenosti i strukturom. Student proučava stručnu literaturu, doktorske disertacije studenata koji se bave sličnom tematikom, vrši analize u cilju iznalaženja rešenja konkretnog zadatka koji je definisan zadatkom doktorske disertacije.</p>					
<p>4. Metode izvođenja nastave: Mentor doktorske disertacije sastavlja zadatak rada i dostavlja ga studentu. Student je obavezan da disertaciju izradi u okviru zadate teme koja je definisana zadatkom doktorske disertacije, koristeći literaturu predloženu od strane mentora. Tokom izrade doktorske disertacije, mentor može davati dodatna uputstva studentu, upućivati na određenu literaturu i dodatno ga usmeravati u cilju izrade kvalitetne doktorske disertacije. U okviru studijskog istraživačkog rada student obavlja konsultacije sa mentorom, a po potrebi i sa drugim nastavnicima koji se bave problematikom iz oblasti teme samog rada. U okviru zadate teme, student po potrebi vrši i određena merenja, ispitivanja, brojanja, ankete i druga istraživanja, statističku obradu podataka, ako je to predviđeno zadatkom doktorske disertacije.</p>					
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)					
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	
Seminarski rad		Da	50	Završni ispit	Da 50
Literatura					
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina
1.	Grupa autora	Klasični i elektronski časopisi i zbornici radova			

Nastavni predmet:	Doktorska disertacija – izrada i odbrana disertacije					
Oznaka predmeta: 9200						
Broj ESPB: 20						
Studijski program u kojem se predmet izvodi:	(ACO) Algoritmi, kombinatorika, optimizacija, Doktorske akademske (SPT) Obrada signala u telekomunikacijama, Doktorske akademske					
Nastavnik:						
Btoj časova aktivne nastave (nedeljno)						
Predavanja:	Vežbe:	Drugi oblici nastave:	Studijski istraživački rad:	Ostali časovi:		
0	0	0	0	0		
Pedmeti preduslovi: nema						
<p>1. Obrazovni cilj: Sticanje znanja o načinu, strukturi i formi pisanja elaborata disertacije nakon izvršenih analiza i drugih aktivnosti koje su izvedene u okviru zadate teme doktorske disertacije. Izradom doktorske disertacije studenti stiču naučno iskustvo za kreativan rad, pisanje radova u okviru kojih je potrebno opisati problematiku, sprovedene metode i postupke i rezultate do kojih se došlo, kao i da daje nov naučni doprinos razvoju nauke i primeni svojih naučnih istraživanja u praksi. Pored toga, cilj izrade i odbrane doktorske disertacije je razvijanje sposobnosti kod studenata da rezultate samostalnog rada pripreme u pogodnoj formi javno prezentuju, kao i da odgovaraju na primedbe i pitanja u vezi zadate teme.</p>						
<p>2. Ishodi obrazovanja (stečena znanja): Osposobljavanje studentata za sistematski pristup u rešavanju zadatih problema, sprovođenje analiza, primenu stečenih i prihvatanju znanja iz drugih oblasti u cilju iznalaženja kreativnog rešenja zadatog problema. Samostalno izučavajući i rešavajući zadatke iz oblasti zadate teme, studeni stiču nova naučna znanja o kompleksnosti i složenosti problema iz oblasti njihove struke. Izradom doktorske disertacije studenti stiču određena iskustva koja mogu primeniti u praksi prilikom rešavanja problema iz oblasti njihove struke. Pripremom rezultata za javnu odbranu, javnom odbranom i odgovorima na pitanja i primedbe komisije student stiče neophodno iskustvo o načinu na koji u praksi treba prezetnovati rezultate samostalnog ili kolektivnog rada.</p>						
<p>3. Sadržaj/ struktura predmeta: Formira se pojedinačno u skladu sa potrebama i oblašću koja je obuhvaćena zadatom temom doktorske disertacije . Student u dogovoru sa mentorom sačinjava doktorsku disertaciju u pisanoj formi u skladu sa predviđeni pravilima Računarskog fakulteta. Student priprema i brani pisanu doktorsku disertaciju javno u dogovoru sa mentorom i u skladu sa predviđenim pravilima i postupcima.</p>						
<p>4. Metode izvođenja nastave: Tokom izrade doktorske disertacije, student konsultuje mentora, a po potrebi i druge profesore koji se bave oblašću koja je tema doktorske disertacije. Student sačinjava doktorsku disertaciju i nakon dobijanja saglasnosti od strane komisije za ocenu i odbranu, ukoričene primerke dostavlja komsiji. Odbrana doktorske disertacije je javna, a student je obavezan da nakon prezentacije usmeno odgovori na postavljena pitanja i primedbe.</p>						
Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)						
Predispitne obeveze		Obavezna	Poena	Završni ispit	Obavezna	Poena
Izrada doktorske disertacije		Da	50	Odbrana doktorske disertacije	Da	50
Literatura						
R. br.	Autor	Naziv		Izdavač	Godina	
1.	Grupa autora	Klasični i elektronski časopisi i zbornici radova				