

UNIVERZITET U SARAJEVU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET U SARAJEVU

NASTAVNI PLAN I PROGRAM  
TREĆEG CIKLUSA STUDIJA  
NA  
ELEKTROTEHNIČKOM FAKULTETU  
U SARAJEVU

**~ Oblast telekomunikacije ~**

<b>Oblast</b>	Telekomunikacije
<b>Ciklus</b>	Treći ciklus studija
<b>Godina</b>	Prva godina
<b>Semestar</b>	Prvi semestar

<b>Predmeti</b>							
<b>N</b>	<b>Naziv</b>	<b>Šifra</b>	<b>ECTS</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>V</b>	<b>K</b>
1.	Izborni predmet 1.1		8.0	45	15	15	15
2.	Izborni predmet 1.2		8.0	45	15	15	15
3.	Naučnoistraživački seminar 1.1	ETF TKO NIS III-1190	14.0	90			90
<b>UKUPNO:</b>			30.0	180	30	30	120

<b>Izborni predmeti 1.1 i 1.2</b>							
<b>N</b>	<b>Naziv</b>	<b>Šifra</b>	<b>ECTS</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>V</b>	<b>K</b>
1.	Aktuelni pravci zaštitnog kodiranja: entropijsko kodiranje, izvorno kodiranje, informacijska svojstva i kodiranje medija	ETF TKI APZK III -1145	8.0	45	15	15	15
2.	Napredne teorijske metode u analizi telekomunikacijskih mreža i sistema	ETF TKI NTMATMS III -1145	8.0	45	15	15	15
3.	Napredna teorija elektromagnetnih polja	ETF TKI NTEP III -1145	8.0	45	15	15	15
4.	Rutiranje u telekomunikacijskim mrežama	ETF TKI RTM III -1145	8,0	45	15	15	15
5.	Napredne tehnike u analizi informacijskih mreža	ETF TKI NTAIM III -1145	8,0	45	15	15	15
6.	Optička transmisijska mreža	ETF TKI OTM III -1145	8,0	45	15	15	15
7.	Digitalna obrada govornog signala	ETF TKI DOGS III - 1145	8,0	45	15	15	15

**Legenda:**

S	-	Sati po semestru
P	-	Predavanja po semestru
V	-	Laboratorijske vježbe
K	-	Konsultacije

<b>Oblast</b>	Telekomunikacije
<b>Ciklus</b>	Treći ciklus studija
<b>Godina</b>	Prva godina
<b>Semestar</b>	Drugi semestar

<b>Predmeti</b>							
<b>N</b>	<b>Naziv</b>	<b>Šifra</b>	<b>ECTS</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>V</b>	<b>K</b>
1.	Izborni predmet 2.1		8.0	45	15	15	15
2.	Izborni predmet 2.2		8.0	45	15	15	15
3.	Naučnoistraživački seminar 1.2	ETF TKO NIS III-1290	14.0	90			90
<b>UKUPNO:</b>			30.0	180	30	30	120

<b>Izborni predmeti 2.1 i 2.2</b>							
<b>N</b>	<b>Naziv</b>	<b>Šifra</b>	<b>ECTS</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>V</b>	<b>K</b>
1.	Napredne simulacijske metode u telekomunikacijama	ETF TKI NSMT III -1245	8.0	45	15	15	15
2.	Odabrana poglavlja MIMO sistema	ETF TKI OPMS III -1245	8,0	45	15	15	15
3.	Napredna poglavlja iz sigurnosti u savremenim mrežama	ETF TKI NPSSM III -1245	8,0	45	15	15	15
4.	Multirezolucijska analiza signala	ETF TKI MAS III -1245	8,0	45	15	15	15
5.	Signalizacioni protokoli	ETF TKI SP III - 1245	8,0	45	15	15	15
6.	Višeslojna testiranja integralne kvalitete usluge u multiservisnim mrežama	ETF TKI VTKUMM III - 1245	8,0	45	15	15	15

**Legenda:**

S	-	Sati po semestru
P	-	Predavanja po semestru
V	-	Laboratorijske vježbe
K	-	Konsultacije

**Oblast** Telekomunikacije

**Ciklus** Treći ciklus studija

**Godina** Druga godina

**Semestar** Treći semestar

Predmeti							
N	Naziv	Šifra	ECTS	S	P	V	K
1.	Naučnoistraživački seminar 2.1	ETF RIO NIS III-23105	18.0	105			105
2.	Priprema i odbrana teme doktorske disertacije (projekta)	ETF RIO POTDD II -2370	12.0	70			70
	<b>UKUPNO</b>		30.0	175			175

**Legenda:**

S - Sati po semestru  
P - Predavanja po semestru  
V - Laboratorijske vježbe  
K - Konsultacije

**Oblast** Telekomunikacije

**Ciklus** Treći ciklus studija

**Godina** Druga godina

**Semestar** Četvrti semestar

Predmeti							
N	Naziv	Šifra	ECTS	S	P	V	K
1.	NIR	ETF RIO PRVDD -III 24180	30.0	180			180
	Priprema radne verzije doktorske disertacije						
<b>UKUPNO:</b>			<b>30.0</b>	<b>180</b>			<b>180</b>

**Legenda:**

S - Sati po semestru

P - Predavanja po semestru

V - Laboratorijske vježbe

K - Konsultacije

**Oblast** Telekomunikacije

**Ciklus** Treći ciklus studija

**Godina** Treća godina

**Semestar** Peti semestar

Predmeti							
N	Naziv	Šifra	ECTS	S	P	V	K
1.	NIR	ETF RIO PRVDD - III-35180	30.0	180			180
	Prezentacija radne verzije doktorske disertacije						
			<b>30.0</b>	<b>180</b>			<b>180</b>

**Legenda:**

- S - Sati po semestru
- P - Predavanja po semestru
- V - Laboratorijske vježbe
- K - Konsultacije

<b>Oblast</b>	Telekomunikacije
<b>Ciklus</b>	Treći ciklus studija
<b>Godina</b>	Treća godina
<b>Semestar</b>	Šesti semestar

Predmeti							
N	Naziv	Šifra	ECTS	S	P	V	K
1.	NIR	ETF RIO ODD III-36180	30,0	180			180
	Obrana doktorske disertacije						
<b>UKUPNO:</b>			<b>30,0</b>	<b>180</b>			<b>180</b>

**Legenda:**

S	-	Sati po semestru
P	-	Predavanja po semestru
V	-	Laboratorijske vježbe
K	-	Konsultacije

**Uvjeti za upis u drugu i treću godinu studija**

Uvjet za upis u drugu godinu doktorskog studija su položena četiri ispita iz predmeta prve godine studija. Uvjet za upis u treću godinu doktorskog studija su ispunjene sve obaveze iz prve godine studija (položena četiri ispita i odbranjeni seminari “Naučnoistraživački seminar 1.1” i “Naučnoistraživački seminar 1.2”) i odbranjena prijava prijedloga teme doktorske disertacije (projekta).

<b>Naziv</b>	Naučnoistraživački seminar 1.1
<b>Šifra</b>	ETF RII NRA III -1145
<b>Godina</b>	Prva
<b>Semestar</b>	Prvi
<b>Tip</b>	Obavezni
<b>Broj ECTS bodova</b>	14
<b>Ukupno sati konsultacija</b>	45
<b>Broj sati individualnog naučnoistraživačkog rada</b>	305

## Cilj modula

### Znanja, kompetencije, vještine

U okviru ovog modula studenti će usvojiti osnovna znanja vezana uz naučnoistraživački rad općenito, te ovladati osnovnim pojmovima vezanim uz naučnoistraživački rad. Studenti će usvojiti znanja o strukturi, sadržaju i ključnim elementima naučnoistraživačkog stila pisanja tekstova. Osim toga, u okviru ovog modula studenti će ovladati vještinama prikupljanja, pretraživanja i vrednovanja naučnoistraživačke literature, te pripremom i izradom naučnoistraživačkog pisanog teksta prema uobičajenim normama i standardima naučne oblasti kojoj pripada studijski program, a prema preporuci akademskog savjetnika. Student će u okviru ovog modula steći sljedeće kompetencije:

- Produbiti znanje iz naučne oblasti kojoj pripada studijski program;
- Razviti sposobnost analiziranja i korištenja različitih bibliografskih izvora;
- Steći znanje o strukturi, sadržaju i stilu pisanja naučnoistraživačkih tekstova iz naučne oblasti kojoj pripada studijski program;
- Razviti vještine u pretraživanju, sumiranju, vrednovanju i pisanju naučnoistraživačkih tekstova;
- Razviti sposobnost za analizu i kritičku evaluaciju naučnoistraživačkih tekstova.

## Program

### Konsultacije

Akademski savjetnici na početku semestra održavaju uvodne konsultacije radi upoznavanja studenata sa mogućim temama naučnoistraživačkog seminarškog rada. Nakon što sa akademskim savjetnikom dogovori temu seminarškog rada, student predaje plan rada na odobrenje akademskom savjetniku. U toku izrade seminarškog rada student se konsultira sa akademskim savjetnikom o ciljevima, strukturi seminarškog rada, potrebnoj literaturi, kao i o svim ostalim pitanjima vezanim uz korištenje metodologije i standarda naučnoistraživačkog rada iz naučne oblasti kojoj pripada studijski program.

### Individualni

Nakon odobrenja teme seminarškog rada od strane akademskog savjetnika, studenti



## naučnoistraživački rad

realiziraju individualni naučnoistraživački rad. Fokus naučnoistraživačkog rada u okviru ovog modula je na razvoju sposobnosti analiziranja i korištenja različitih bibliografskih izvora, te stjecanju znanja o strukturi, sadržaju i stilu pisanja naučnoistraživačkih tekstova iz naučne oblasti kojoj pripada studijski program.

## Vrednovanje rezultata

Nakon realiziranog istraživanja i nakon pisanog odobrenja od strane akademskog savjetnika, student u koordinaciji sa akademskim savjetnikom pokreće proces vrednovanje istraživanja u okviru modula "Naučnoistraživački seminar 1.1". Akademski savjetnik u dogovoru sa studentom utvrđuje termin održavanja seminara. Termin održavanja naučnoistraživačkog seminara zajedno sa kratkim opisom sadržaja seminara se objavljuje na web stranici fakulteta. U pravilu, obavijest o održavanju seminara sadrži poziv nastavno-naučnom osoblju da prisustvuje naučnoistraživačkom seminaru, te da u međusobnoj interakciji i diskusiji ostvarenih rezultata cjelokupno naučnoistraživačko osoblje dodatno doprinese usmjeravanju studenta s ciljem što uspješnijeg nastavka doktorskog istraživanja. Akademski savjetnik na temelju kvalitete pisanog teksta seminarskog rada, te uspješnosti javne prezentacije rezultata naučnoistraživačkog seminara kreira izvještaj o održanom naučnoistraživačkom seminaru koji obavezno sadrži ocjenu o prihvatanju ili odbijanju seminarskog rada.

**Naziv** Naučnoistraživački seminar 1.2

**Šifra** ETF RII NIS12 III -1145

**Godina** Prva

**Semestar** Drugi

**Tip** Obavezni

**Broj ECTS bodova** 14

**Broj sati konsultacija** 45

**Broj sati individualnog naučnoistraživačkog rada** 305

## Cilj modula

### Znanja, vještine i kompetencije

U okviru ovog modula studenti doktorskog studija stiču znanja o ukupnom procesu publiciranja naučnoistraživačkih radova, prema uobičajenim izdavačkim standardima i normama naučnoistraživačkih publikacija iz područja naučne oblasti kojoj pripada studijski program, a prema preporuci akademskog savjetnika. Osim toga, student će unaprijediti komunikacijske vještine potrebne za prezentaciju naučnoistraživačkih rezultata, što između ostalog uključuje vještine pisanja naučnoistraživačkih radova, te vještine potrebne za argumentiranu diskusiju o izabranoj tematici sa ostalim istraživačima iz oblasti istraživanja. Kroz ovaj modul student će steći sljedeće kompetencije:

- Sposobnost za identificiranje relevantnih naučnoistraživačkih problema;
- Moći izraditi plan vlastitog istraživanja;
- Sposobnost realizacije istraživanje iz naučne oblasti kojoj pripada studijski program, u skladu sa odgovarajućom metodologijom naučnoistraživačkog rada;
- Produbiti znanja i vještine za javnu prezentaciju rezultata vlastitih istraživanja na međunarodnim konferencijama.

## Program

### Konsultacije

Akademski savjetnici na početku semestra održavaju uvodne konsultacije radi upoznavanja studenata s ukupnim procesom objavljivanja radova, te uobičajenim standardima i normama koje se primjenjuju pri publiciranju naučnoistraživačkih radova. Student na temelju preporuka akademskog savjetnika priprema plan vlastitog istraživanja koje će biti realizirano u okviru modula "Naučnoistraživački seminar 1.2".

### Individualni naučnoistraživački rad

Nakon odobrenog plana istraživanja od strane akademskog savjetnika, student realizira istraživanje i priprema naučnoistraživački rad za objavljivanje na relevantnoj međunarodnoj konferenciji. U toku rada na pripremi konferencijskog rada student se konsultira sa akademskim savjetnikom o ciljevima, sadržaju, strukturi rada, kao i o metodama i tehnikama koje će student koristiti u okviru vlastitog istraživanja.

## **Vrednovanje rezultata**

Student doktorskog studija je obavezan u okviru modula “Naučnoistraživački seminar 1.2” kao prvi autor prezentirati i objaviti najmanje jedan rad u zborniku radova međunarodne konferencije koji je indeksiran u relevantnim bazama podataka koje su usvojene na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu. Student u koordinaciji sa akademskim savjetnikom pokreće proces vrednovanje istraživanja u okviru ovog modula nakon prihvatanja rezultata istraživanja na relevantnoj međunarodnoj konferenciji. Akademski savjetnik u dogovoru sa studentom utvrđuje termin održavanja naučnoistraživačkog seminara. Termin održavanja seminara zajedno sa kratkim opisom sadržaja publiciranog konferencijskog rada se objavljuje na web stranici fakulteta. U pravilu, obavijest o održavanju seminara sadrži poziv nastavno-naučnom osoblju da prisustvuje naučnoistraživačkom seminaru, kako bi se u međusobnoj interakciji i diskusiji ostvarenih rezultata dodatno unaprijedila kvaliteta ukupnog doktorskog istraživanja. Akademski savjetnik Vijeću doktorskog studija podnosi izvještaj o održanom naučnoistraživačkom seminaru, u kome predlaže prihvatanje ili odbijanje prezentiranih rezultata. Konačnu odluku o uspješno održanom naučnoistraživačkom seminaru donosi Vijeće fakulteta na prijedlog Vijeća doktorskog studija.

<b>Naziv</b>	Naučnoistraživački seminar 2.1
<b>Šifra</b>	ETF RII NIS12 III -1145
<b>Godina</b>	Druga
<b>Semestar</b>	Prvi
<b>Tip</b>	Obavezni
<b>Broj ECTS bodova</b>	18
<b>Broj sati konsultacija</b>	45
<b>Broj sati individualnog naučnoistraživačkog rada</b>	405

## Cilj modula

### Znanja, vještine i kompetencije

Cilj ovog modula je dodatno unaprijediti znanja studentata doktorskog studija o procesu publiciranja naučnoistraživačkih radova temeljenog na vlastitim naučnoistraživačkim rezultatima ostvarenim u okviru istraživanja na doktorskome studiju. U okviru ovog modula student će ovladati specifičnostima objavljivanja rezultata naučnoistraživačkog rada u međunarodnim časopisima. Osim toga, student će dodatno unaprijediti vještine potrebne za prezentaciju naučnoistraživačkih rezultata, što između ostalog uključuje vještine pisanja radova u međunarodnim časopisima u skladu sa standardima i normama iz naučne oblasti kojoj pripada studijski program. U okviru ovog modula student će steći sljedeće kompetencije:

- Sposobnost realizacije istraživanja koje demonstrira sposobnost studenta za postizanje originalnih naučnoistraživačkih rezultata iz naučne oblasti kojoj pripada studijski program;
- Znanja i vještine za pisanje i prezentaciju naučnoistraživačkih tekstova u međunarodnim naučnim časopisima;
- Unarijediti sposobnosti pisanja naučnoistraživačkim stilom u skladu sa standardima uobičajenim za naučnu oblast kojoj pripada studijski program;
- Upoznavanje sa metodologijom prikazivanja naučnoistraživačkih rezultata u časopisima;
- Upoznanje sa tehničkim detaljima vezanim uz pisanje naučnoistraživačkih radova u časopisima.

## Program

### Konsultacije

Akademski savjetnici na početku semestra održavaju uvodne konsultacije radi upoznavanja studenata sa specifičnostima u procesu objavljivanja naučnoistraživačkih radova u časopisima, te uobičajenim standardima i normama pri objavljivanju radova u časopisima iz naučne oblasti kojoj pripada studijski program. Student na temelju preporuka akademskog savjetnika priprema plan vlastitih istraživanja.

### Individualni naučnoistraživački

Nakon odobrenog plana istraživanja od strane akademskog savjetnika, student realizira istraživanje i priprema naučnoistraživački rad za objavljivanje u relevantnom međunarodnom časopisu. Akademski savjetnik pomaže studentu pri

rad izboru metoda naučnoistraživačkog rada, izboru literature, kao i pri realizaciji individualnog naučnoistraživačkog rada. U toku rada na pripremi publiciranja rada u časopisu student se konsultira sa akademskim savjetnikom o ciljevima, sadržaju i strukturi rada.

**Vrednovanje rezultata**

Student doktorskog studija je obavezan u okviru modula “Naučnoistraživački seminar 2.1“ imati kao prvi autor objavljen ili prihvaćen za objavljivanje najmanje jedan rad u časopisu indeksiranom u CC (Current Contents), SCI (Science Citation Index) ili SCI Expanded, tematski vezan za doktorsko istraživanje. Objavljivanjem najmanje jednog rada u časopisu koji je indeksiran u prethodno navedenim bazama podataka potvrđuje se naučni doprinos doktorske disertacije. Student u koordinaciji sa akademskim savjetnikom pokreće proces vrednovanje istraživanja u okviru modula “Naučnoistraživački seminar 2.1” nakon prihvaćanja rada u časopisu. Akademski savjetnik u dogovoru sa studentom utvrđuje termin održavanja naučnoistraživačkog seminara. Termin održavanja naučnoistraživačkog seminara zajedno sa kratkim opisom sadržaja publiciranog rada se objavljuje na web stranici fakulteta. U pravilu, obavijest o održavanju naučnoistraživačkog seminara sadrži poziv nastavno-naučno osoblju da prisustvuje javnoj prezentaciji ostvarenih naučnoistraživačkih rezultata, kako bi se u međusobnoj interakciji i diskusiji dodatno unaprijedila kvaliteta ukupnog doktorskog istraživanja. Akademski savjetnik podnosi Vijeću doktorskog studija izvještaj o održanom naučnoistraživačkom seminaru, u kome se predlaže prihvatanje ili odbijanje ostvarenih rezultata. Konačnu odluku o uspješno održanom seminaru donosi Vijeće fakulteta na prijedlog Vijeća doktorskog studija.

<b>Naziv</b>	Aktuelni pravci zaštitnog kodiranja: entropijsko kodiranje, izvorno kodiranje, informacijska svojstva i kodiranje medija
<b>Šifra</b>	ETF TKI APZK III-1145
<b>Godina</b>	Prva
<b>Semestar</b>	Prvi
<b>Tip</b>	Izborni
<b>Broj ECTS bodova</b>	8
<b>Ukupno sati nastave</b>	45
<b>Broj sati predavanja</b>	15
<b>Broj sati vježbi</b>	15
<b>Broj sati konsultacija</b>	15

## Cilj kursa

Kurs ima za cilj studentima prezentirati nove pravce razvoja u okviru teorije informacija, s posebnim aspektom na zaštitno kodiranje

Znanja

Vještine

Kompetencije

## Program

Predavanja	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Aktuelni pravci zastitnog kodiranja (principi tvrdog i mekog odlucivanja u zastitnom kodiranju, Turbo kodovi, LDPC kodovi, Tornado kodovi).</li> <li>2) Entropijsko kodiranje (podjela metoda kompresije, uvod u entropijsko kodiranje, karakteristike izvora informacija, nesingularni, jednoznacni i prefiks kodovi, optimalno kodiranje, metode entropijskog kodiranja).</li> <li>3) Izvorno kodiranje (analogni mediji u diskretnim komunikacijskim sistemima, princip kompresije pri izvornom kodiranju, osnovne metode izvornog kodiranja).</li> <li>4) Informacijska svojstva i kodiranje medija (jezik zvuk, slika, video).</li> </ol>
Vježbe	U okviru predmeta radiće se teme iz domena testiranja osobina pojedinih postupaka kodiranja. Osnovna softverska platforma za rad je MATLAB, mada se mogu koristiti i drugi oblici softverske podrške.

Seminarski

## Literatura

Preporučena 1. Tomas M. Cover, Joy A. Thomas: "Elements of Information Theory". John

Wiley & Sons, 1991, New York

2.T Richardson: "Modern Coding Theory", Cambridge University Press. 2007

#### Dopunska

1.N Merhav and M Feder: "A strong version of the redundancy-capacity theory of universal coding", IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 41, pp. 714-722, May, 1995.

2.Q.Xie and A. R. Barron: "Asymptotic minimax regret for data compression, gambling and prediction", IEEE Trans. Inform. Theory, vol.42, June, 1996.

3.D Haussler and M Opper: "Mutual information, metric entropy and cumulative relative entropy risk", Ann. Statistic., vol. 25.no. 6, 1997.

#### Didaktičke metode

Minimum aktivnosti u okviru pojedinih oblika izvođenja nastave su:

15 sati predavanja;

15 sati kontroliranog rada u laboratoriji

15 sati aktivnosti u okviru organiziranih radionica (prezentacija i razmatranje seminarskih radova studenata)

Predavanja su praćena i prezentacijom zadataka od strane nastavnika, s ciljem da studenti ovladaju matematičkim alatima i metodama uvedenim tokom predavanja.

Aktivnostima u okviru organiziranih radionica studenti rješavaju praktične probleme tipa projekta i studije.

#### Način provjere znanja

Tokom trajanja kursa student prikuplja bodove prema slijedećem sistemu: rješavanje problema u laboratorijskom okruženju, donosi 30 bodova, pismenim ispitom, donosi do 40 bodova.

usmeni završni ispit, može donijeti maksimalno 30 bodova.

Da bi student postigao pozitivnu zvršnu ocjenu, on treba ostvariti minimalno pola bodova na svakom od nabrojanih testova.

Student koji objavi rad na konferenciji (ili u časopisu) koji se vode u referentnoj bazi za ETF u Sarajevu ostvaruje maksimalnih 100 poena.

#### Oprema

<b>Naziv</b>	Napredne teorijske metode u analizi telekomunikacijskih mreža i sistema
<b>Šifra</b>	ETF TKI NTMATMS III-1145
<b>Godina</b>	Prva
<b>Semestar</b>	Prvi
<b>Tip</b>	Izborni
<b>Broj ECTS bodova</b>	8
<b>Ukupno sati nastave</b>	45
<b>Broj sati predavanja</b>	15
<b>Broj sati vježbi</b>	15
<b>Broj sati konsultacija</b>	15

### Cilj kursa

Kurs ima za cilj da omogući studentima ovladavanje potrebnim teorijskim i praktičnim znanjima iz naprednih teorijskih metoda u analizi telekomunikacijskih mreža i sistema, a na osnovama koje su bazirane na naprednim poglavljima iz matematike.

Znanja

Vještine

Kompetencije

### Program

**Predavanja**

Konačno dimenzionalni vektorski prostori, direktna suma prostora, linearni operatori i matrice, nilpotentne matrice, Jordanova forma, matrične norme, konvergencija matrica, matrične funkcije, teorem o preslikavanju spektra, spektralni radijus, Neumannov red, stabilne matrice, Geršgorinov teorem, Bauerov teorem, matrična analiza za diferencijske i diferencijalne jednačbe, varijacijska karakterizacija vlastitih vrijednosti simetričnih matrica, dekompozicije matrica.

Osnovni topološki pojmovi. Kompaktnost. Neprekinuta preslikavanja. Metrika i udaljenost. Metrički prostori. Konvergencija u metričkom prostoru. Potpunost. Norma i skalarni produkt u linearnim prostorima. Unitarni vektorski prostori, Banachovi i Hilbertovi prostori. Ortonormirani skupovi vektora. Baza vektorskog prostora i razvoj u Fourierov red. Funkcionalni na vektorskim prostorima, linearni, bilinearni i kvadratni funkcional.

Linearni operatori, jezgro, defekt i rang operatora, inverzni operator.

Invarijantni potprostori, sopstveni vektori i sopstvene vrijednosti linearnog operatora. Linearni operatori na unitarnim prostorima, adjungovani, normalni, specijalni normalni operatori, razlaganje operatora. Prostori funkcija. Sturm-



Liouvilleov problem, specijalne funkcije.  
Operatori konačnog ranga. Hilbert-Schmidtovi i integralni operatori. Primjeri i primjene.  
Napredna poglavlja statističke teorije detekcije: Neyman-Pearson detektori, Bayesovi detektori, neparametarska detekcija, lokalna optimalna detekcija, robustna detekcija.  
Korelaciona i spektralna analiza stacionarnih i nestacionarnih slučajnih procesa, Markovski i polu-Markovski procesi, primjene u teoriji redova čekanja.  
Relacije, opšti pojam, ekvivalencija i parcijalno uređenje, minimalnost i indukcija, aksioma izbora. Mreže i Bulove algebre, mreža kao relacijska i algebarska struktura, razni tipovi mreža. Grupe, razni tipovi grupa, normalne podgrupe i faktorske grupe. Semigrupe, reprezentacija pomoću transformacija. Prsten i polje, konačna polja. Univerzalne algebre, homomorfizam i izomorfizam, kongruencija. Kodovi.

Vježbe

Seminarski

## Literatura

Preporučena  
1.Ole Christensen, Functions, Spaces, and Expansions, Mathematical Tools in Physics and Engineering; Springer Science+Business Media, LLC 2010.  
2.Edvard P.C. Kao, An Introduction to Stochastic Processes.

Dopunska  
1.S. Kurepa, Funkcionalna analiza, Elementi teorije operatora, Školska knjiga, Zagreb 1981.  
2.S. Mardešić, Matematička analiza u n-dimenzionalnom realnom prostoru Školska knjiga, Zagreb, 1974.  
3.W. Rudin, Functional Analysis, Tata McGraw-Hill Publ., New Delhi, 1978  
4.K.Horvatić: Linearna algebra I, II, III, PMF, Mat. odjel, Zagreb, 1995.  
5.D. Žubrinić, Linearna algebra, poslijediplomski studij FER-a, Element, 2003.  
6.Edwin Kreyszig, Advanced Engineering Mathematics, Wiley, 2006.  
7.W. K. Nicholson, 1999. Abstract Algebra. Wiley  
8.Douglas C. Montgomery, George C. Runger, Applied statistics and probability for engineers, Wiley, 2003

## Didaktičke metode

Minimum aktivnosti u okviru pojedinih oblika izvođenja nastave su:  
15 sati predavanja;  
15 sati kontroliranog rada u laboratoriji  
15 sati aktivnosti u okviru organiziranih radionica (prezentacija i razmatranje seminarskih radova studenata)  
Predavanja su praćena i izradom zadataka od strane nastavnika, s ciljem da studenti ovladaju matematičkim alatima i metodama uvedenim tokom predavanja.  
U okviru laboratorijskih vježbi studenti rješavaju probleme numeričkim metodama odgovarajućim programskim i SW alatima. U toku izvođenja kursa studenti pristupaju i samostalnoj izradi aplikacija iz razmatranog područja.

## Način provjere znanja

Tokom trajanja kursa student prikuplja bodove prema slijedećem sistemu:  
rješavanje problema u laboratorijskom okruženju, donosi 30 bodova,  
pismenim ispitom, donosi do 40 bodova.  
usmeni završni ispit, može donijeti maksimalno 30 bodova.  
Da bi student postigao pozitivnu zvršnu ocjenu, on treba ostvariti minimalno  
pola bodova na svakom od nabrojanih testova.  
Student koji objavi rad na konferenciji (ili u časopisu) koji se vode u  
referentnoj bazi za ETF u Sarajevu ostvaruje maksimalnih 100 poena.

## **Oprema**

<b>Naziv</b>	Napredna teorija elektromagnetnih polja
<b>Šifra</b>	ETF TKI NTEP III-1145
<b>Godina</b>	Prva
<b>Semestar</b>	Prvi
<b>Tip</b>	Izborni
<b>Broj ECTS bodova</b>	8
<b>Ukupno sati nastave</b>	45
<b>Broj sati predavanja</b>	15
<b>Broj sati vježbi</b>	15
<b>Broj sati konsultacija</b>	15

### Cilj kursa

Kroz ovaj kurs će biti predstavljena potpuna makroskopska teorija elektromagnetskih talasa u skladu sa principom specijalnog relativiteta i invarijantnim formama Maxwellovih jednačina i konstitutivnih relacija. Studenti će imati priliku da iz jedne sasvim druge, nekonvencionalne perspektive, sagledaju osnovne principe na kojima je bazirana teorija elektromagnetnih polja. Kroz usvojene koncepte studenti će usvojiti vještine za rješavanje najkompleksnijih problema elektromagnetike, a što će stvoriti jaku osnovu za naučno-istraživački rad u ovoj oblasti.

Znanja

Vještine

Kompetencije

### Program

**Predavanja** Vremenski promjenjiva elektromagnetna polja. kDB sistem i njegova primjena u bianizotropnim medijima. Greenove funkcije. Teoreme talasa i medija: princip ekvivalencije, reakcija i reciprocitet, kvazistatički limiti. Raspršivanje elektromagnetnih talasa od raznih vrsta objekata. Relativnost u elektromagnetici: teorija Maxwella i Minkovskog, Lorentzove transformacije. Elektromagnetni talasi u pokretnim materijalima. Maxwelllove jednačine u tenzorskoj formi. Hamiltonov princip i Noether-ov teorem. Planarne, cilindrične i sferične talasne funkcije. Perturbacione i varijacione tehnike.

Vježbe

Seminarski

### Literatura

## Preporučena

1.R. F. Harrington, Time-Harmonic Electromagnetic Fields, Wiley-IEEE Press, 2nd Edition (2001) , ISBN: 047120806X  
2.J. A. Kong, Electromagnetic Wave Theory, John Wiley & Sons, ISBN: 0471633895

## Dopunska

## Didaktičke metode

Teoretski koncepti izloženi u konvencionalnom tipu predavanja uz utvrđivanje znanja kroz pažljivo izabrani set problema koji se obrađuju na tutorijalima. Određeni dijelovi materijala će biti obrađeni kroz neovisni, kao i grupni rad u vidu seminara i praktičnih vježbi u MATLAB-u i drugim softverskim alatima.

Kurs se izvodi kroz direktna predavanja u auli. Predavanja su praćena i izradom zadataka od strane nastavnika, s ciljem da studenti ovladaju matematičkim alatima i metodama uvedenim tokom predavanja. Kroz tutorijal u okviru kojega su studenti praćeni i vođeni od strane tutora, rješavaju se i drugi primjeri i ispitni zadaci, te daju ideje za rješavanje problema postavljenih u okviru vježbi. Tako se već tokom izvođenja nastavnog programa može kontinualno provjeravati dostignuti stupanj pripremljenosti studenta za polaganje završnog ispita. U okviru laboratorijskih vježbi na MATLAB simulatoru studenti će imati priliku da u praksi primijene neke od koncepata napredne teorije elektromagnetnih polja obrađene na predavanjima.

## Način provjere znanja

Kvizovi, domaće zadaće, seminarski radovi, grupni projekat, revizija naučnog rada, završni pismeni i usmeni ispit

Tokom trajanja kursa student prikuplja bodove prema slijedećem sistemu: rješavanje problema u laboratorijskom okruženju, donosi 20 bodova, revizija (review) naučnog rada po izboru nastavnika donosi 10 bodova, seminarski rad ili grupni projekat donosi 20 bodova pismenim ispitom, donosi do 30 bodova. usmeni završni ispit, može donijeti maksimalno 20 bodova.

Da bi student postigao pozitivnu završnu ocjenu, on treba ostvariti minimalno pola bodova na svakom od nabrojanih testova. Student koji objavi rad na konferenciji (ili u časopisu) koji se vode u referentnoj bazi za ETF u Sarajevu ostvaruje maksimalnih 100 poena.

## Oprema

<b>Naziv</b>	Rutiranje u telekomunikacijskim mrežama
<b>Šifra</b>	ETF TKI RTM III-1145
<b>Godina</b>	Prva
<b>Semestar</b>	Prvi
<b>Tip</b>	Izborni
<b>Broj ECTS bodova</b>	8
<b>Ukupno sati nastave</b>	45
<b>Broj sati predavanja</b>	15
<b>Broj sati vježbi</b>	15
<b>Broj sati konsultacija</b>	15

### Cilj kursa

Kurs ima za cilj studentima prezentirati osnovne koncepte rutiranja, uloge rutera u telekomunikacionoj mreži te osnove projektovanja algoritama rutiranja, protokola rutiranja i pretraživanja tabela rutiranja.

Znanja

Vještine

Kompetencije

### Program

**Predavanja** Uvod u rutiranje: Funkcije rutera i komutatora u telekomunikacijskoj mreži. Arhitekture rutera. Primjeri systemske arhitekture. Mrežni sloj IP mreže. Opšti problemi rutiranja. Algoritmi najkraćeg puta, kao osnova za rutiranje. Protokoli rutiranja na bazi vektora distance. Protokoli rutiranja na bazi linijskih stanja. Multicast rutiranje. Rutiranje na bazi kontenta. Rutiranje u wireless i mobilnim mrežama.

**Vježbe** U okviru predmeta radiće se teme iz domena performansi protokola rutiranja na IMS NGN servisnim platformama u okviru transporta na bazi MPLS. Pri tom se planira koristiti Open IMS i Open SER platforme Fraunhofer instituta, radne grupe FOKUS, kao i drugi harverski i softverski alati (Hyata ruteri) koje ETF uspije obezbjediti.

Seminarski

### Literatura

**Preporučena** 1.Škrbić, Čvorišta u telekomunikacionoj mreži, Bhtel, Sarajevo 2008  
2.Girard, Routing and dimensioning in circuit switched networks

**Didaktičke metode**

Minimum aktivnosti u okviru pojedinih oblika izvođenja nastave su:

15 sati predavanja;

15 sati kontroliranog rada u laboratoriji

15 sati aktivnosti u okviru organiziranih radionica (prezentacija i razmatranje seminarskih radova studenata).

Predavanja su praćena i prezentacijom zadataka od strane nastavnika, s ciljem da studenti ovladaju matematičkim alatima i metodama uvedenim tokom predavanja.

Aktivnostima u okviru organiziranih radionica studenti rješavaju praktične probleme tipa projekta i studije.

**Način provjere znanja**

Tokom trajanja kursa student prikuplja bodove prema slijedećem sistemu:

rješavanje problema u laboratorijskom okruženju, donosi 30 bodova,

pismenim ispitom, donosi do 40 bodova.

usmeni završni ispit, može donijeti maksimalno 30 bodova.

Da bi student postigao pozitivnu zvršnu ocjenu, on treba ostvariti minimalno pola bodova na svakom od nabrojanih testova.

Student koji objavi rad na konferenciji (ili u časopisu) koji se vode u referentnoj bazi za ETF u Sarajevu ostvaruje maksimalnih 100 poena.

**Oprema**

<b>Naziv</b>	Napredne tehnike u analizi informacijskih mreža
<b>Šifra</b>	ETF TKI NTAIM III-1145
<b>Godina</b>	Prva
<b>Semestar</b>	Prvi
<b>Tip</b>	Izborni
<b>Broj ECTS bodova</b>	8
<b>Ukupno sati nastave</b>	45
<b>Broj sati predavanja</b>	15
<b>Broj sati vježbi</b>	15
<b>Broj sati konsultacija</b>	15

## Cilj kursa

Kurs ima za cilj da omogući studentima ovladavanje potrebnim teorijskim i praktičnim (laboratorijskim) znanjima savremenih tehnika u analizi informacijskih mreža. Poseban aspekt je analiza pouzdanosti i raspoloživosti mreža i prometa u mrežama.

Znanja

Vještine

Kompetencije

## Program

Predavanja	<p>Multidimenzionalni modeli rađanja i umiranja u sistemima čekanja. Rješenja (miješani promet, tandemska čekanje). Beskonačna grupa poslužitelja sa dva tipa korisnika. Konačna grupa poslužitelja sa dva tipa korisnika. Funkcije generisanja (preplavljeni promet), makrostanja (prioritetne rezervacije). Indirektno rješenje relacija (opterećenje raspoređeno na svakom poslužitelju određene grupe). Ugrađeni Markovljevi lanci u sistemima čekanja. Relacija <math>L=\lambda W</math> (Little-ov teorem). Jednakost raspodjela stanja u fazama dolazaka i napuštanja. Riemann-Stieltjes integrali. Laplace-Stieltjes transformacije. Neki rezultati teorije obnavljanja. M/G/1 red. Optimalni dizajn i kontrola redova: N-policy i T-Policy. M/G/1 red sa posluživanjem po slučajnom odabiru. Posluživanje redova cikličkim redosljedom. GI/M/s red. GI/M/s red sa posluživanjem po slučajnom odabiru. Modeli informacijskih mreža. Sistemske performanse mreža. Analiza kašnjenja u informacijskim mrežama. Napredne metode optimizacije mreža. Modeli prometnog inženjeringa u IP/MPLS mrežama.</p> <p>Topološki parametri i pouzdanost mreža. Osjetljivost pouzdanosti i kritične grane u mreži.</p>
------------	---

**Vježbe** Numeričko rješenje relacija stanja iterativnim metodama (Gauss-Seidel i Overrelaxation metod). Ekvivalentni slučajni metod. Metod faza. Simulacija modela čekanja. Simulacijski programski jezici. Statistička pitanja. Primjeri: vrijeme čekanja u redovima sa kvazislučajnim dolascima i konstantnim vremenima posluživanja. Simulacija informacijskih mreža. Praćenje ponašanja sistemskih parametara mreža. Modeli prometnog inženjeringa u IP/MPLS mrežama

**Seminarski**

## **Literatura**

**Preporučena** 1.Cooper Robert B., Introduction to Queuing Theory, Second Edition, Elsevier North Holland , 1981  
2.M. Guizani, A. Rayes, B. Khan, A.Al-Fuqaha, Modeling and Analysis of Telecommunications Networks. John Wiley and Sons, 2010; New York USA.

**Dopunska** 1.K.Park, W. WillingerSelf-Similar Network Traffic and Performance Evaluation. John Wiley and Sons, 2000; New York USA.

Primjeri i zadaci:

1.Borge Tilt, Solutions Manual for Robert B. Cooper's Introduction to Queuing Theory, Second Edition

## **Didaktičke metode**

Minimum aktivnosti u okviru pojedinih oblika izvođenja nastave su:

15 sati predavanja;

15 sati kontroliranog rada u laboratoriji

15 sati aktivnosti u okviru organiziranih radionica (prezentacija i razmatranje seminarskih radova studenata)

Predavanja su praćena i prezentacijom zadataka od strane nastavnika, s ciljem da studenti ovladaju matematičkim alatima i metodama uvedenim tokom predavanja.

U okviru laboratorijskih vježbi studenti rješavaju probleme korištenjem simulacijskih alata:

1.Simulink i MatLab , za rješavanje problema modeliranje;

2.Ns-2 i Opnet, za rješavanje problema simulacije, modeliranje i evaluacije performansi informacijskih mreža.

Aktivnostima u okviru organiziranih radionica studenti rješavaju praktične probleme tipa projekta i studije.

## **Način provjere znanja**

Tokom trajanja kursa student prikuplja bodove prema slijedećem sistemu: rješavanje problema u laboratorijskom okruženju, donosi 30 bodova, pismenim ispitom, donosi do 40 bodova.

usmeni završni ispit, može donijeti maksimalno 30 bodova.

Da bi student postigao pozitivnu zvršnu ocjenu, on treba ostvariti minimalno pola bodova na svakom od nabrojanih testova.

Student koji objavi rad na konferenciji (ili u časopisu) koji se vode u referentnoj bazi za ETF u Sarajevu ostvaruje maksimalnih 100 poena.

## **Oprema**



<b>Naziv</b>	Optička transmisijska mreža
<b>Šifra</b>	ETF TKI OTM III-1145
<b>Godina</b>	Prva
<b>Semestar</b>	Prvi
<b>Tip</b>	Izborni
<b>Broj ECTS bodova</b>	8
<b>Ukupno sati nastave</b>	45
<b>Broj sati predavanja</b>	15
<b>Broj sati vježbi</b>	15
<b>Broj sati konsultacija</b>	15

## Cilj kursa

Kurs ima za cilj da omogući studentima ovladavanje potrebnim teorijskim i praktičnim (laboratorijskim) znanjima iz oblasti fiber-optičkih komunikacija: topologije i arhitekture mreža, upravljanje optičkim mrežama i održavanje optičke mreže za IP/MPLS arhitekture.

Znanja

Vještine

Kompetencije

## Program

Predavanja

Uvod u fiber-optičke komunikacije: arhitektura telekomunikacijske mreže, pregled zahtjeva za uslugama i aplikacijama, poređenje prenosnih medija, osnove propagacije preko vlakana. Modulacija i demodulacija: modulacija, demodulacija, spektralna efikasnost, detekcija i korekcija grešaka. Osnove fiber-optičke arhitekture: multitalasne operacije, optički izvor/predajnik, optički prijemnik, optički pojačavači, optički filtri. Projektne osobenosti prenosnog sistema: modeli sistema, ograničenja snage, , stabilizacija talasne dužine. SDH mreže (Synchronous digital hierarchy), SDH slojevi, struktura okvira i mrežni elementi. Multiservisne optičke mreže: optičke IP mreže, MPLS/GMPLS, optički Ethernet, OTN standardi, multiservisne platforme. Dizajn optičkih mreža: optička vlakna i pojačavači, optički Add/Drop multiplekseri, kroskonektori i konvertori talasnih dužina, dimenzionisanje mreža rutiranih na osnovu talasnih dužina. Upravljanje optičkim mrežama i održavanje: funkcije mrežnog upravljanja, usluge optičkih slojeva, upravljanje performansama i greškama, mehanizmi održavanja.

Buduća razmatranja za optičke mreže: optičke-paketski bazirane mreže, alternativne tehnike multipleksiranja, napredne tehnike kodiranja, nove tehnologije uređaja (npr. nano-optički uređaji).

#### Vježbe

Kontrolirani rad u laboratoriji  
Testiranje sistema, mjerenje i simulacija: karakteristike linka, T&M oprema, integracija sistema, T&M kolo, simulacija sistema.  
Implementacijska razmatranja: izbor arhitekture, metro i pristupne mreže, FTTH, optičke bežične mreže, radio preko vlakana.  
Simulacija topološki složenih telekomunikacijskih mreža. Evaluacija performansi mreža. Upravljanje QoS: mehanizmi i modeli. Statistička evaluacija: kvantitativne karakteristike optičkih mreža - mjere performansi i mjere pouzdanosti

#### Seminarski

### Literatura

#### Preporučena

1.R. Ramaswami, K. N. Sivarajan, Optical Networks, A Practical Perspective, 2nd edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2002.

#### Dopunska

1. D. M. Spirit, M. J. Mahony, High Capacity Optical Transmission Explained, John Wiley, 1995.
- 2.R. Inkret, A. Kuchar, B. Mikac (editors), Advanced Infrastructure for Photonic Networks, Extended Final Report of COST Action 266, Faculty of Electrical Engineering and Computing, University of Zagreb, Zagreb, 2003
- 3.G.P. Agrawal, Fiber-Optic Communication Systems, John Wiley, 2002.
- 4.J.M. Lopez-Higuera (Editor), Optical Fibre Sensing Technology, John Wiley & Sons, N.Y., 2002.
- 5.B. Mukherjee, Optical WDM Networks, Springer, New York, 2005.
- 6.T. E. Stern, K. Bala, Multiwavelength Optical Networks A Layered Approach, Addison-Wesley, Reading, 1999.
- 7.G. Keiser, Optical Communications, McGraw-Hill, New York, 2000/2003.
- 8.S. Shepard, Optical Networking Crash Course, New York, McGraw-Hill, 2001.
- 9.R. J. Bates, The Future of Optical Networking, New York, McGraw-Hill, 2001.
- 10.K. A. Dutta, N. K. Dutta, M. Fujiwara, WDM Technologies: Passive Optical Components, Academic Press, Amsterdam, 2003.
- 11.S. V. Kartalopoulos, Next Generation SONET/SDH: Voice and Data, IEEE Press, Piscataway, 2004.

### Didaktičke metode

Minimum aktivnosti u okviru pojedinih oblika izvođenja nastave su:

15 sati predavanja;

15 sati kontroliranog rada u laboratoriji

15 sati aktivnosti u okviru organiziranih radionica (prezentacija i razmatranje seminarskih radova studenata)

Predavanja su praćena i prezentacijom zadataka od strane nastavnika, s ciljem da studenti ovladaju matematičkim alatima i metodama uvedenim tokom predavanja.

U okviru laboratorijskih vježbi studenti rješavaju probleme korištenjem simulacijskih alata:

1. Simulink i MatLab, za rješavanje problema modeliranja i simulacija na

fizičkom sloju;

2.Ns-2 i Opnet, za rješavanje problema simulacije, modeliranje i evaluacije performansi optičkih mreže.

Aktivnostima u okviru organiziranih radionica studenti rješavaju praktične probleme tipa projekta i studije.

### **Način provjere znanja**

Tokom trajanja kursa student prikuplja bodove prema slijedećem sistemu: rješavanje problema u laboratorijskom okruženju, donosi 30 bodova, pismenim ispitom, donosi do 40 bodova.

usmeni završni ispit, može donijeti maksimalno 30 bodova.

Da bi student postigao pozitivnu zvršnu ocjenu, on treba ostvariti minimalno pola bodova na svakom od nabrojanih testova.

Student koji objavi rad na konferenciji (ili u časopisu) koji se vode u referentnoj bazi za ETF u Sarajevu ostvaruje maksimalnih 100 poena.

### **Oprema**

<b>Naziv</b>	Digitalna obrada govornog signala
<b>Šifra</b>	ETF TKI DOGS III-1145
<b>Godina</b>	Prva
<b>Semestar</b>	Prvi
<b>Tip</b>	Izborni
<b>Broj ECTS bodova</b>	8
<b>Ukupno sati nastave</b>	45
<b>Broj sati predavanja</b>	15
<b>Broj sati vježbi</b>	15
<b>Broj sati konsultacija</b>	15

### Cilj kursa

Kurs ima za cilj da omogući studentima ovladavanje područjem digitalne obrade govornog signala, prenosa, kodiranja, korekcije greške. Tokom kursa studenti trebaju steći znanje iz ove oblasti koje će im omogućiti samostalno rješavanje problema i istraživanja u oblasti digitalne obrade govornog signala.

Znanja

Vještine

Kompetencije

### Program

Predavanja	Modeliranje govornog signala i slušnog sistema; spektralne transformacije, banke filtera i spektralna analiza i sinteza, stohastički signali i estimacija, linearna predikcija, kvantizacija, kodiranje govornog signala, proširenje opsega govornog signala, redukcija šuma (sa jednim, dva kanala ili više kanala); kontrola akustičnog eha, standardi kodeka, procjena kvaliteta govornog signala, auditivne metode mjerenja kvaliteta govornog signala, instrumentalne metode mjerenja kvaliteta govornog signala.
Vježbe	Laboratorijske vježbe se izvode korištenjem MATLAB simulatora i C programskog jezika. Teme laboratorijskih vježbi: modeliranje govornog signala i slušnog sistema; spektralne transformacije, banke filtera i spektralna analiza i sinteza, stohastički signali i estimacija, linearna predikcija, kvantizacija, kodiranje govornog signala, proširenje opsega govornog signala, redukcija šuma (sa jednim, dva kanala ili više kanala); kontrola akustičnog eha, standardi kodeka, procjena kvaliteta govornog signala, auditivne metode mjerenja kvaliteta govornog signala.

Seminarski

## Literatura

Preporučena

1. Peter Vary, Rainer Martin, Digital Speech Transmission: Enhancement, Coding and Error Concealment
2. Rainer Martin, Ulrich Heute, Christiane Antweiler, Advances in Digital Speech Transmission

Dopunska

1. Havelock, D., Kuwano, S., Vorländer, M. (Eds.), Handbook of Signal Processing in Acoustics, Springer, New York 2009.

## Didaktičke metode

Minimum aktivnosti u okviru pojedinih oblika izvođenja nastave su:

- 15 sati predavanja;
- 15 sati kontroliranog rada u laboratoriji
- 15 sati aktivnosti u okviru organiziranih radionica (prezentacija i razmatranje seminarskih radova studenata)

Predavanja su praćena i prezentacijom zadataka od strane nastavnika, s ciljem da studenti ovladaju matematičkim alatima i metodama uvedenim tokom predavanja.

U okviru laboratorijskih vježbi studenti rješavaju probleme korištenjem simulacijskih alata:

1. MATLAB simulatora i C programskog jezika za rješavanje problema koji su prethodno obrađeni u okviru predavanja.

Aktivnostima u okviru organiziranih radionica studenti rješavaju praktične probleme tipa projekta i studije.

## Način provjere znanja

Tokom trajanja kursa student prikuplja bodove prema slijedećem sistemu: rješavanje problema u laboratorijskom okruženju, donosi 30 bodova, pismenim ispitom, donosi do 40 bodova.

usmeni završni ispit, može donijeti maksimalno 30 bodova.

Da bi student postigao pozitivnu završnu ocjenu, on treba ostvariti minimalno pola bodova na svakom od nabrojanih testova.

Student koji objavi rad na konferenciji (ili u časopisu) koji se vode u referentnoj bazi za ETF u Sarajevu ostvaruje maksimalnih 100 poena

## Oprema

<b>Naziv</b>	Napredne simulacijske metode u telekomunikacijama
<b>Šifra</b>	ETF TKO NSMT III-1245
<b>Godina</b>	Prva
<b>Semestar</b>	Drugi
<b>Tip</b>	Izborni
<b>Broj ECTS bodova</b>	8
<b>Ukupno sati nastave</b>	45
<b>Broj sati predavanja</b>	15
<b>Broj sati vježbi</b>	15
<b>Broj sati konsultacija</b>	15

### Cilj kursa

Kurs ima za cilj da omogući studentima ovladavanje potrebnim teorijskim i praktičnim (laboratorijskim) znanjima u primjeni simulacija u procesima dizajniranja telekomunikacijskih sistema. Za osnovu je uzeta Monte Karlo metoda simulacije. Tretiraju su aspekti simulacija i modeliranja telekomunikacijskih sistema: na fizičkom sloju, predajni i prijemni trakt za različite telekomunikacijske kanale, te simulacije, modeliranje i evaluacije performansi telekomunikacijskih mreža.

Znanja

Vještine

Kompetencije

### Program

**Predavanja**

Modeliranje i simulacija na fizičkom sloju: Postupci i softverski alati za modeliranje radio-interfejsa prema različitim telekomunikacijskim kanalima. Baze podataka neophodne za modeliranje. Simulacija realnih radio-sistema. Optimizacija radio-segmenta.

Simulacije, modeliranje i evaluacije performansi telekomunikacijskih mreža: Osnove teorije redova: Kendallova notacija, Littleov zakon, sistemi s jednim redom, jednostavne mreže redova, operaciona pravila. Planiranje simulacijskih eksperimenata: 2k, 2kr i 2k-p faktorski dizajn. Analiza izlaznih podataka: interval pouzdanosti, terminirajuće i stacionarne simulacije, višestruke mjere performansi. Poređenje sistema: poređenje dva sistema, poređenje više sistema. Tehnike smanjivanja varijanse: zajednički slučajni brojevi, antitetske i kontrolne varijable, uvjetovanje. Modeliranje, simulacija i optimizacija saobraćajnih procedura u multiservisnom sistemu. Modeliranje i simulacija funkcija jezgra mreže. Interakcija i korelisanost simulacijskih i realnih mreža.

## Vježbe

M-QAM komunikacijski sistemi: dizajn prilagođenih filtera, računanje SNRa sa različitim interpolacijskim metodama, analiza out-bandspektra, simulacija dijagrama oka, računanje bitske greške, računanje simbolske greške (teorija i simulacije).

Komunikacijski sistemi sa faznom petljom (PLL): uticaj fazne greške na komunikacijske sisteme (BER, konstelacija signala), osnovna simulacija PLL-a, uticaj šuma na PLL. Sinhronizacija vremena uzorkovanja: uticaj greške uzorkovanja na komunikacijske sisteme, principi sinhronizacije vremena uzorkovanja, uticaj šuma na mogućnost sinhronizacije, sinhronizacija nosioca.

Ekvalizacija komunikacijskih sistema: simulacija kanala sa multipathkašnjenjima, uticaj multipath kašnjenja na bežične komunikacijske sisteme, adaptivni ekvalizacijski algoritmi.

Simulacija OFDM komunikacijskih sistema: osnovne simulacije za OFDM, analiza odnosa vršne i prosječne snage, sinhronizacija OFDM simbola. Uticaj frekvencijske greške na OFDM sisteme, simulacija algoritama estimacije frekvencijskog ofseta, uticaj multipathkašnjenja na OFDM sisteme, estimacija kanala za OFDM sisteme.

MIMO komunikacijski sistemi, protokoli MAC sloja, algoritmi sinhronizacije okvira, automatska kontrola pojačanja (Automatic Gain control-AGC), oporavak OFDM sistema od frekvencijske greške.

Simulacija topološki složenih telekomunikacijskih mreža. Evaluacija performansi mreža. Upravljanje QoS-om: mehanizmi i modeli. Statistička evaluacija: kvantitativne karakteristike komunikacijskih mreža - mjere performansi i mjere pouzdanosti, ciljevi statističke evaluacije, greške simulacije i interval pouzdanosti, ograničena relativna greška.

## Seminarski

## Literatura

### Preporučena

1. Michel C. Jeruchim, Philip Balaban, K. Sam Shanmugan, Simulation of Communication Systems, Second Edition, Kluwer, 2000.
2. J. Evans, C. Filsfils, Deploying IP and MPLS QOS for Multiservice Networks, Theory and Practice, Morgan Kaufmann Publishers, 2007.
3. M. Guizani, A. Rayes, B. Khan: Network Modeling and Simulation, a Practical Perspective, 2010 John Wiley & Sons Ltd.
4. Matthias Pätzold, Mobile Fading Channels, Wiley, 2002
5. F. Perez Fontan and P. Marino Espineira, Modeling the Wireless Propagation Channel, Wiley, 2008
6. William H. Tranter, K. Sam Shanmugan, Theodore S. Rappaport, Kurt L. Kosbar, Principles of Communication Systems Simulation with Wireless Applications, Prentice Hall, 2004

### Dopunska

1. A.M. Law, W.D. Kelton: Simulation Modeling and Analysis (3. izdanje), McGraw-Hill, 2000.
2. R. Jain, The Art of Computer Performance Analysis - Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation and Modeling, John Wiley & Sons, 1991
3. J. Laiho, A. Wacker, T. Novosad, Radio Network Planning and Optimisation for UMTS, John Wiley & Sons Ltd, 2006.

Primjeri i zadaci

1. William H. Tranter, K. Sam Shanmugan, Theodore S. Rappaport, Kurt L. Kosbar, Principles of communication system simulation with wireless

## Didaktičke metode

Minimum aktivnosti u okviru pojedinih oblika izvođenja nastave su:

15 sati predavanja;

15 sati kontroliranog rada u laboratoriji

15 sati aktivnosti u okviru organiziranih radionica (prezentacija i razmatranje seminarskih radova studenata)

Predavanja su praćena i prezentacijom zadataka od strane nastavnika, s ciljem da studenti ovladaju matematičkim alatima i metodama uvedenim tokom predavanja.

U okviru laboratorijskih vježbi studenti rješavaju probleme korištenjem simulacijskih alata:

1. Simulink i MatLab, za rješavanje problema modeliranje i simulacija na fizičkom sloju;

2. Ns-2 i Opnet, za rješavanje problema simulacije, modeliranje i evaluacije performansi telekomunikacijskih mreže.

Aktivnostima u okviru organiziranih radionica studenti rješavaju praktične probleme tipa projekta i studije.

## Način provjere znanja

Tokom trajanja kursa student prikuplja bodove prema slijedećem sistemu: rješavanje problema u laboratorijskom okruženju, donosi 30 bodova, pismenim ispitom, donosi do 40 bodova.

usmeni završni ispit, može donijeti maksimalno 30 bodova.

Da bi student postigao pozitivnu zvršnu ocjenu, on treba ostvariti minimalno pola bodova na svakom od nabrojanih testova.

Student koji objavi rad na konferenciji (ili u časopisu) koji se vode u referentnoj bazi za ETF u Sarajevu ostvaruje maksimalnih 100 poena.

## Oprema



<b>Naziv</b>	Odabrana poglavlja MIMO sistema
<b>Šifra</b>	ETF TKI OPMS III-1245
<b>Godina</b>	Prva
<b>Semestar</b>	Drugi
<b>Tip</b>	Izborni
<b>Broj ECTS bodova</b>	8
<b>Ukupno sati nastave</b>	45
<b>Broj sati predavanja</b>	15
<b>Broj sati vježbi</b>	15
<b>Broj sati konsultacija</b>	15

### Cilj kursa

Kurs ima za cilj da omogući studentima ovladavanje potrebnim teorijskim i praktičnim (laboratorijskim) znanjima o savremenim radio-tehnologijama i multivarijabilnim sistemima upravljanja sa posebnim osvrtom na MIMO sisteme.

Znanja

Vještine

Kompetencije

### Program

Predavanja	<p>Savremene radio-tehnologije: Adaptivne modulacione tehnike. Adaptivno kodiranje. Sistemsko projektovanje u uslovima adaptivne promjene modulacije i kodiranja. Interferencija kod digitalnih prijemnika. Tehnike ekvalizacije. MIMO sistemi. Implementacioni aspekti MIMO sistema. Prostorno i vremensko kodiranje u MIMO sistemima, višekorisnička detekcija. Skriveni Markovljevi lanci. MLSE i Viterbi algoritam. Iterativno procesiranje za kodiranje i ekvalizaciju. Turbo principi, turbo kodovi. Turbo algoritmi dekodiranja.</p> <p>Multivarijabilni sistemi upravljanja: Matematički opis MIMO sistema. Stabilnost MIMO sistema. Frekvencijski kriterij stabilnosti. Pokazatelji kvalitete, svojstva i robusnost MIMO sistema upravljanja. Projektiranje frekvencijskim postupcima (kvantitativna teorija povratne veze - QFT). Estimatori stanja multivarijabilnog sistema. Projektiranje regulatora po varijablama stanja. Projektiranje regulatora u vremenskom području (LQG optimalni regulator, Hinf regulator). Projektiranje regulatora- LAM metoda. Simultano stabilizirajući regulator.</p>
Vježbe	Smart antene. Projektovanje radio-mreže sa smart antenama. Softverski

definisano radio - SDR (Software Defined Radio). IDMA (Interleave-Division Multiple Access).

Upoznavanje sa aplikacijama i performansama Viterbi algoritma kao mogućeg ekvalizatora kanala u radio kanalima sa disperzivnim kašnjenjima.

Osnovno upoznavanje sa suboptimalnim kanalskim ekvalajzerima i njihovim performansama u radio kanalima sa disperzivnim kašnjenjima.

Iterativni prijemni algoritmi za kanalno dekodiranje i ekvalizaciju. Principi turbo procesiranja.

Antenski sistemi sa višestrukim ulazima i višestrukim izlazima (MIMO).

Kanalno kodiranje i dekodiranje u MIMO sistemima.

## Seminarski

## Literatura

### Preporučena

1. David Tse, Pramod Viswanath, Fundamentals of Wireless Communication, Cambridge Univ. Press, 2005

### Dopunska

1. Maciejowski, Multivariable Feedback Design. Addison-Wesley: Wokingham, 1994

2. T. Chen, Linear Systems Theory and Design. Holt, Rinehart & Winston: New York, 1984

3. J. Grimble, Robust Industrial Control. Prentice Hall, New York, 1994

4. S. Glisic, Advanced Wireless Communications 4G Technologies, John Wiley & Sons.

5. J. Ibrahim, 4G Features

6. K. J. Hole, G. E. Øien, Adaptive Coding and Modulation: A Key to Bandwidth-Efficient Multimedia Communications in Future Wireless Systems

7. S. Haykin, M. Moher, Modern Wireless Communications, Prentice Hall 2004, 560p.

8. J.G. Proakis, Digital Communications, 4th ed. Mc Graw-Hill, 2001, 1002p.

9. S. Benedetto, E. Biglieri, Principles of digital transmission with wireless applications, Kluwer Academic/Plenum Publishers 1999, 855p.

10. L. Hanzo, T.H. Liew, B.L. Yeap, Turbo Coding, Turbo Equalisation and Space-Time Coding for transmission over Fading Channels, Wiley, 2002, 748 pp.

11. X. Wang, H. V. Poor, Wireless Communication Systems, 2004, Prentice Hall, 682 pp.

### Primjeri i zadaci

1. Decision making, multipath channel

2. Equalizers performance. Design of a ZF equalizer

3. MLSE in ISI channel

4. Viterbi algorithm performance estimation

5. MAP algorithm

## Didaktičke metode

Minimum aktivnosti u okviru pojedinih oblika izvođenja nastave su:

15 sati predavanja;

15 sati kontroliranog rada u laboratoriji

15 sati aktivnosti u okviru organiziranih radionica (prezentacija i razmatranje seminarskih radova studenata)

Predavanja su praćena i prezentacijom zadataka od strane nastavnika, s ciljem da studenti ovladaju matematičkim alatima i metodama uvedenim tokom

predavanja.

U okviru laboratorijskih vježbi studenti rješavaju probleme korištenjem simulacijskih alata:

1. Simulink i MatLab, za rješavanje problema modeliranje i simulacija na fizičkom sloju;

2. Simulink (Opnet), za rješavanje problema simulacije, modeliranje i evaluacije performansi MIMO sistema

Aktivnostima u okviru organiziranih radionica studenti rješavaju praktične probleme tipa projekta i studije.

## **Način provjere znanja**

Tokom trajanja kursa student prikuplja bodove prema slijedećem sistemu: rješavanje problema u laboratorijskom okruženju, donosi 30 bodova, pismenim ispitom, donosi do 40 bodova.

usmeni završni ispit, može donijeti maksimalno 30 bodova.

Da bi student postigao pozitivnu zvršnu ocjenu, on treba ostvariti minimalno pola bodova na svakom od nabrojanih testova.

Student koji objavi rad na konferenciji (ili u časopisu) koji se vode u referentnoj bazi za ETF u Sarajevu ostvaruje maksimalnih 100 poena.

## **Oprema**

<b>Naziv</b>	Napredna poglavlja iz sigurnosti u savremenim mrežama
<b>Šifra</b>	ETF TKI NPSSM III-1245
<b>Godina</b>	Prva
<b>Semestar</b>	Drugi
<b>Tip</b>	Izborni
<b>Broj ECTS bodova</b>	8
<b>Ukupno sati nastave</b>	45
<b>Broj sati predavanja</b>	15
<b>Broj sati vježbi</b>	15
<b>Broj sati konsultacija</b>	15

## Cilj kursa

<b>Znanja</b>	Studenti će se upoznati sa aktuelnim otvorenim pitanjima iz oblasti sigurnosti savremenih mreža. Studenti treba da nauče teoriju, mehanizme, tehnike i alate koji se mogu koristiti za pronalaženje odgovora na ova pitanja. Rješavanjem aktuelnih problema studenti stiču i dublje teoretsko razumijevanje koje treba da im omogući razumijevanje i rješavanje budućih problema i uočavanje novih pravaca istraživanja.
<b>Vještine</b>	Studenti će savladati korištenje i konfigurisanje savremene opreme za mrežnu žičanu i bežičnu komunikaciju sa posebnim naglaskom na sigurnost. Studenti će naučiti koristiti alate za provjeru sigurnosti mreža. Studenti će usavršiti znanje korištenja alata za snimanje i analizu mrežnog saobraćaja. Studenti će se upoznati sa alatima za forenzičku analizu mreža.
<b>Kompetencije</b>	Sposobnost kritičke analize sigurnosti mrežnih protokola, kako postojećih tako i onih u razvoju. Sposobnost samostalnog dizajniranja sigurnih komunikacionih protokola.

## Program

<b>Predavanja</b>	<p>Sigurnost bežičnih mreža: Posebna pitanja sigurnosti vezana za bežične mreže. Način provjere identiteta korisnika i uređaja. Kontrola pristupa. Načini zaštite privatnosti i integriteta podataka u prenosu. WEP, WPA, WPA2-Enterprise, 802.11i.</p> <p>Sigurnost mobilnih ad-hoc mreža: Mobilne ad-hoc mreže (MANET) predstavljaju poseban izazov zbog otvorenosti prenosnog medija, dinamičkih promjena topologije, kooperativnih algoritama, nepostojanja centralizovanog nadzora i upravljanja i često nejasne linije na kojoj treba postaviti odbranu. Tradicionalni načini zaštite mreža pomoću firewall i šifriranja ovdje nisu dovoljni i efektivni. Predavanje će ukazati na potencijalna rješenja.</p>
-------------------	---

Sigurnost mobilnih uređaja: Izazovi koje donose mobilni uređaji sa funkcijama personalnih računara. Digitalno potpisivanje pomoću mobilnih uređaja. Bluetooth sigurnost. Upotreba pametnih kartica u mobilnim uređajima. Primjer za proučavanje: Google Android.

VoIP sigurnost: Sigurnosni izazovi uvođenja IP telefonije. Potencijalne sigurnosne slabosti VoIP rješenja. Spam-over-IP-telefonij (SPIT). VoIP phishing. Moguća rješenja.

Sigurnost peer-to-peer mreža: Slično kao i ad-hoc mreže, peer-to-peer mreže nemaju centraliziran nadzor i upravljanje i jasne granice kraja mreže zbog dinamički promjenljive topologije i članstva. Otvaraju se nova pitanja vezana za sigurnosti od sigurnosti rutiranja, preko pouzdanosti izvora informacija do kontrole upotrebe i tokova informacija. Ova pitanja i moguća rješenja će biti razmatrana.

Sigurnost mrežnih igara: Mrežne računarske igre predstavljaju značajan dio mrežnog prometa kao i tržišta. Tako veliki i distribuirani sistemi donose nove sigurnosne izazove. Posebno će biti obrađena odbrana od varanja, otkrivanje mašina koje igraju umjesto ljudi i zaštita od neovlaštenog igranja.

Forenzika savremenih mreža: Ogromna količina saobraćaja i sve veći broj protokola predstavljaju izazov prilikom analize događaja u računarskim mrežama. Analiza sigurnosnih incidenata na osnovu mrežnog saobraćaja biće obrađena kroz potencijalne poteškoće i moguća rješenja.

#### Vježbe

Sigurnost bežičnih mreža: Upotreba bežičnih pristupnih tačaka (AP) i rutera za pravljenje zadanih konfiguracija i rješavanje postavljenih zadataka sa predavanja.

Sigurnost mobilnih ad-hoc mreža: Upotreba prenosnih računara za pravljenje ad-hoc mreže i proba nekih napada i metode zaštite.

Sigurnost mobilnih uređaja: Upotreba mobilnih uređaja i/ili simulatora za pravljenje konfiguracije i rješavanje problema postavljenih na predavanjima.

VoIP sigurnost: Uspostavljanje VoIP centrale sa povezanim uređajima i provjera sigurnosti komunikacije i mogućnosti filtriranja saobraćaja.

Sigurnost peer-to-peer mreža: Pravljenje peer-to-peer mreže i testiranje njene sigurnosti.

Sigurnost mrežnih igara: Provjera mogućnosti varanja i otkrivanja varanja u mrežnim igrama.

Forenzika savremenih mreža: Upotreba alata za analizu mrežnog saobraćaja i forenziku za rješavanje postavljenih zadataka na predavanjima.

#### Seminarski

#### Literatura

##### Preporučena

- 1.M. Bishop, Introduction to Computer Security, Addison-Wesley, 2005
- 2.R. Anderson, Security Engineering, 2nd edition, Wiley, 2008.
- 3.A.J. Menezes, et al., Handbook of Applied Cryptography, CRC Press, 1997.
- 4.B. Schneier, Applied Cryptography, John Wiley, 1996.
- 5.IEEE Security & Privacy magazin

##### Dopunska

- 1.Relevantni žurnali i konferencije

#### Didaktičke metode

Minimum aktivnosti u okviru pojedinih oblika izvođenja nastave su:

- 15 sati predavanja;
- 15 sati kontroliranog rada u laboratoriji

- 15 sati aktivnosti u okviru organiziranih radionica (prezentacija i razmatranje seminarskih radova studenata)

Osnovni način upoznavanja sa teorijom su direktna predavanja u učionici.

Svako od predavanja posvećeno je jednoj od tema iz programa kursa. Teme se osvježavaju svake godine.

## Način provjere znanja

Tokom trajanja kursa student prikuplja bodove prema slijedećem sistemu: rješenja četiri laboratorijskih zadataka i seminarske radove koji opisuju ova rješenja, ukupno do 60 bodova,

usmeni završni ispit, može donijeti maksimalno 40 bodova.

Da bi student postigao pozitivnu zvršnu ocjenu, on treba ostvariti minimalno pola bodova na svakom od nabrojanih tipova bodovanja.

Četiri laboratorijska zadatka i seminarska rada treba da zajedno predstavljaju jednu zaokruženu cjelinu – istraživanje. Pri ocjenjivanju se vodi računa o kreativnosti rješenja i kvalitetu njihove prezentacije na naučno prihvaćen način (forma rada, teza, drugi rezultati, prijedlog rješenja, rezultati testiranja).

Tokom usmenog završnog ispita provjerava se koliko su studenti ovladali načinom apstraktnog razmišljanja i primjene teorije obrađene na predavanjima za rješavanje stvarnih problema. Posebno se vrednuje uočavanje novih ideja i pravaca istraživanja.

Student koji objavi rad na konferenciji (ili u časopisu) koji se vode u referentnoj bazi za ETF u Sarajevu ostvaruje maksimalnih 100 poena.

## Oprema

Rad u laboratoriji prati predavanja. Studentima se zadaje praktičan zadatak iz oblasti obrađene na predavanjima da riješe u laboratoriji. Laboratorija je opremljena sa opremom namijenjenom za realizaciju zadataka:

PC računari

Ruteri

Bežične pristupne tačke (AP)

Switchevi

Kablovi

Bluetooth uređaji

Softverski alati za provjeru sigurnosti

Softver za snimanje i analizu mrežnog saobraćaja

Softver za emulaciju mrežnih uređaja

Softver za IP telefoniju

Softver za simulaciju rada mreže

Na radionicama studenti prezentiraju svoja rješenja laboratorijskih zadataka.

Rješenja se prezentiraju verbalno pred ostalim studentima, pri čemu je neophodno priložiti i seminarski sa teoretskom obradom i načinom izvedbe rješenja.

<b>Naziv</b>	Multirezolucijska analiza signala
<b>Šifra</b>	ETF TKI MAS III-1245
<b>Godina</b>	Prva
<b>Semestar</b>	Drugi
<b>Tip</b>	Izborni
<b>Broj ECTS bodova</b>	8
<b>Ukupno sati nastave</b>	45
<b>Broj sati predavanja</b>	15
<b>Broj sati vježbi</b>	15
<b>Broj sati konsultacija</b>	15

### Cilj kursa

Kurs ima za cilj da omogući studentima ovladavanje područjem multirezolucijske analize signala. Tokom kursa studenti trebaju steći znanje iz ove oblasti koje će im omogućiti samostalno rješavanje problema i uočavanje novih pravaca istraživanja. Kurs tretira sve aspekte multirezolucijske analize signala počev od promjene brzine uzorkovanja, preko banki filtera, do wavelet teorije.

Znanja

Vještine

Kompetencije

### Program

**Predavanja** Filteri, decimiranje i interpolacija, banke filtera, ortogonalne banke filtera, multirezolucijska wavelet teorija, signali konačne dužine, banke filtera sa  $M$  kanala, metode dizajna, primjena.

**Vježbe** Laboratorijske vježbe se izvode korištenjem MATLAB simulatora (Signal Processing Toolbox, Image processing toolbox, Wavelet Toolbox). Teme laboratorijskih vježbi će biti iz slijedećih podoblasti: banke filtera, ortogonalne banke filtera, multirezolucijska wavelet teorija, signali konačne dužine, banke filtera sa  $M$  kanala, metode dizajna, primjena.

Seminarski

### Literatura

**Preporučena** I.P. P. Vaidyanathan, Multirate systems and filter banks, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1993,

- 2.Ten Lectures on Wavelets (1992), I Daubechies
- 3.Akansu, Ali N. and Richard A. Haddad. Multiresolution Signal Decomposition: Transforms, Subbands, and Wavelets; Academic Press, Incorporated, 1992
- 4.Gilbert Strang, Truong Nguyen, Wavelets and Filter Banks (1996)

#### Dopunska

- 1.S.K. Mitra, Digital Signal Processing, McGrawHill, 3rd edition, 2006.
- 2.J. G. Proakis and D. G. Manolakis, Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications, Prentice Hall, 4th edition, 2007

#### Didaktičke metode

Minimum aktivnosti u okviru pojedinih oblika izvođenja nastave su:

- 15 sati predavanja;
- 15 sati kontroliranog rada u laboratoriji
- 15 sati aktivnosti u okviru organiziranih radionica (prezentacija i razmatranje seminarskih radova studenata)

Predavanja su praćena i prezentacijom zadataka od strane nastavnika, s ciljem da studenti ovladaju matematičkim alatima i metodama uvedenim tokom predavanja.

#### Način provjere znanja

Tokom trajanja kursa student prikuplja bodove prema slijedećem sistemu: rješavanje problema u laboratorijskom okruženju, donosi 30 bodova, pismenim ispitom, donosi do 40 bodova.

usmeni završni ispit, može donijeti maksimalno 30 bodova.

Da bi student postigao pozitivnu zvršnu ocjenu, on treba ostvariti minimalno pola bodova na svakom od nabrojanih testova.

Student koji objavi rad na konferenciji (ili u časopisu) koji se vode u referentnoj bazi za ETF u Sarajevu ostvaruje maksimalnih 100 poena

#### Oprema

U okviru laboratorijskih vježbi studenti rješavaju probleme korištenjem simulacijskih alata:

- 1.MATLAB simulatora (Signal Processing Toolbox, Image processing toolbox, Wavelet Toolbox) rješavanje problema koji su prethodno obrađeni u okviru predavanja.



<b>Naziv</b>	Signalizacioni protokoli
<b>Šifra</b>	ETF TKI SP III-1245
<b>Godina</b>	Prva
<b>Semestar</b>	Drugi
<b>Tip</b>	Izborni
<b>Broj ECTS bodova</b>	8
<b>Ukupno sati nastave</b>	45
<b>Broj sati predavanja</b>	15
<b>Broj sati vježbi</b>	15
<b>Broj sati konsultacija</b>	15

### Cilj kursa

Kurs ima za cilj studentima prezentirati osnovne koncepte signalizacija, uloge signalizacionih procedura u telekomunikacionoj mreži te osnove projektovanja signalizacionih protokola.

Znanja

Vještine

Kompetencije

### Program

**Predavanja** Uvod u signalizacije: Signalizacija u PSTN mreži. SS7 signalizacije u fiksnoj i mobilnoj mreži. Signalizacije u inteligentnoj mreži, IN i CAMEL okruženje. Signalizacije u ATM mreži. SIGTRAN u IP mreži. Voice over IP signalizacije, H.323 i SIP protokoli. Signalizacije na bazi kontenta. Internet multimedijски podsystem IMS signalizacione procedure.

**Vježbe** U okviru predmeta radiće se teme iz domena performansi protokola, i, na njima baziranih, aplikacija na IMS NGN servisnim platformama. Pri tom se planira koristiti Open IMS i Open SER platforme Fraunhofer instituta, radne grupe FOKUS, IN SDP i CAMEL platforme BH telecom kao i drugi harverski i softverski alati (analizatori) koje ETF uspije obezbjediti.

Seminarski

### Literatura

**Preporučena** 1. Škrbić, Čvorišta u telekomunikacionoj mreži, Bhtel, Sarajevo 2008  
2. <http://www.techabulary.com/h/h248.html>, IMS

**Didaktičke metode**

Minimum aktivnosti u okviru pojedinih oblika izvođenja nastave su:

15 sati predavanja;

15 sati kontroliranog rada u laboratoriji

15 sati aktivnosti u okviru organiziranih radionica (prezentacija i razmatranje seminarskih radova studenata)

Predavanja su praćena i prezentacijom zadataka od strane nastavnika, s ciljem da studenti ovladaju matematičkim alatima i metodama uvedenim tokom predavanja.

Aktivnostima u okviru organiziranih radionica studenti rješavaju praktične probleme tipa projekta i studije.

**Način provjere znanja**

Tokom trajanja kursa student prikuplja bodove prema slijedećem sistemu:

rješavanje problema u laboratorijskom okruženju, donosi 30 bodova, pismenim ispitom, donosi do 40 bodova.

usmeni završni ispit, može donijeti maksimalno 30 bodova.

Da bi student postigao pozitivnu zvršnu ocjenu, on treba ostvariti minimalno pola bodova na svakom od nabrojanih testova.

Student koji objavi rad na konferenciji (ili u časopisu) koji se vode u referentnoj bazi za ETF u Sarajevu ostvaruje maksimalnih 100 poena.

**Oprema**

<b>Naziv</b>	Višeslojna testiranja integralne kvalitete usluge u multiservisnim mrežama
<b>Šifra</b>	ETF TKI VTKUMM III-1245
<b>Godina</b>	Prva
<b>Semestar</b>	Drugi
<b>Tip</b>	Izborni
<b>Broj ECTS bodova</b>	8
<b>Ukupno sati nastave</b>	45
<b>Broj sati predavanja</b>	15
<b>Broj sati vježbi</b>	15
<b>Broj sati konsultacija</b>	15

## Cilj kursa

Kurs ima za cilj omogućiti studentu ovladavanje analizom, mjerenjima i testiranjima performansi i kvalitete usluge multitehnologijskih i multiservisnih mreža, pri čemu se primjenjuje korelirana višeslojna (cross-layer) analiza; što kažu signali, biti, okviri/ćelije, paketi i protokoli?

Znanja

Vještine

Kompetencije

## Program

Predavanja

I. Model kvalitete servisa i performansi

QoS kao upravljanje dijeljenim resursima pod zagušenjem. Kvaliteta servisa na aplikacijskoj razini. Kvaliteta servisa i performanse nižih slojeva. QoS tehnike u podatkovnim mrežama. IP QoS arhitektura. Ovisnost kvalitete servisa viših od performansi i kvalitete servisa nižih slojeva. "Odozgo-nadolje" verifikacija kvalitete servisa. "Odozdo-nagore" princip instalacije i verifikacije performansi i kvalitete servisa po OSI-ISO slojevima. Hibridni metod verifikacije performansi.

Životni ciklus mreža. Održavanje QoS podatkovne mreže; izolacija i rješavanje problema. Proaktivni i reaktivni pristup. Strategijski i/ili taktički pristup; distribuirani i/ili lokalni testni sistemi.

II. Performanse digitalnog prijenosnog sistema

Teorijska i praktična performansa digitalnog prijenosnog sistema i potreba za definiranjem dodatnih mjerila performanse (pored BER-a). Implementacijski margin i rezidualna vjerojatnost bitske greške. Primjer analitičkog modela za procjenu rezidualnog BER-a mobilnog radiofrekvencijskog kanala, male

vremenske disperzije (indoor kanal). Poređenje rezultata proračuna rezidualnog BER-a po izvedenom izrazu i rezultata Monte-Carlo programske simulacije. Primjer procjene rezidualnog BER-a praktičnog mikrovalnog kanala sa ekstremno dugom dionicom.

Out-of-service i in-service metode testiranja performansi. Izolacija i lokalizacija dionica sa slabijom performansom. Evolucija standarda. prema blokovski orjentiranim. Primjeri in-service metoda testiranja kod pleziokronih i sinkronih digitalnih prijenosnih mreža. Povećanje upravljivosti inteligentnom prijenosnom mrežom i njenih potencijala za in-service testiranje. Primarni i sekundarni podaci o performansama prijenosne mreže. Tipične problemske situacije i mogućnosti detekcije, te lokalizacije problema na temelju primarnih i sekundarnih podataka za mrežne elemente. Potreba za mjerenjima i testiranjima na taktičkoj razini. Tipični testovi mrežnih operatora prilikom instalacije mrežnih elemenata i održavanja klasičnih i prijenosnih mreža nove generacije.

III. Odabrana poglavlja iz analize i testiranja performansi fizičkog medija  
Testiranje performansi mikrovalnih radijskih prijenosnih sistema. Primjeri aktivnih testova na sistemskoj razini (hardwareska simulacija multipath fadinga) i razini sklopova i komponenti (skalarna i vektorska analiza mikrovalne mreže). Primjeri pasivnih testova na sistemskoj razini; analiza konstelacije i spektra. Kompromisi pri izboru parametara (za optimalnu analizu).

Odabrani primjeri iz analize i testiranja performansi optičkih prijenosnih sistema.

Standardi i mjerenja kod mobilnih mreža. Modeli mjerenja u vremenskom, frekvencijskom i modulacijskom domenu. CCDF krivulje. Mjerenje kvalitete modulacije određivanjem EVM vektora. Procedure za detekciju i izolaciju problema.

IV. Analiza i testiranje performansi i QoS podatkovnih mreža

Klasična analiza protokola. Pasivni nadzor i simulacija. Dekodiranje i statistička analiza. Testiranje sukladnosti standardnim i privatnim protokolima. Koncept filtriranja u realnom vremenu.

Primjeri testiranja različitih WAN mreža. Testiranje po slojevima. In-service praćenje stanja slojeva. Znaci vitalnosti fizičkog sloja. BER testiranje. Nadzor signalizacijskih sekvencija. Statistička analiza aktivnih virtualnih krugova.

Testiranja QoS. Klasifikacija okvira. Nadzor enkapsuliranih protokola.

Praćenje funkcija upravljanja mrežom. Aktivni testovi.

Podatkovne performanse mobilnih mreža. Opća arhitektura testnog hardwarea i softwarea. Podatkovne performanse radijske mreže s gledišta krajnjeg korisnika. Strategija proaktivnog upravljanja i testiranja kod LAN mreža.

Klasična i ekspertna analiza protokola. Prilagođavanje vrijednosti pragova parametara baseline postupcima. Tipični problemi TCP/IP mreža i postupci njihove identifikacije, izolacije i verifikacije. Primjeri ekspertne analize i verifikacija problema aktivnim testiranjem performanse. Distribuirani sistemi praćenja performanse i QoS komunikacijskih mreža. Ekstenzije standarda. Hibridni distribuirani sistemi za centraliziranu ekspertnu analizu problema u mreži.

Segmentacija mreže aktivnim i pasivnim testiranjem radi izolacije izobličenja i identifikacije problema.

V. Performanse i QoS aplikacijskog sloja

Parametri performanse krajnjeg korisnika. Primjer VoIP-a. Definicija kvaliteta signala govora; subjektivni i objektivni kriteriji.

Ključni faktori i pitanja isporuke govornih paketa u realnom vremenu. Izobličenja IP mreže i njihov utjecaj na performansu VoIP servisa kod krajnjeg korisnika. RTP i QoS. Jitter IP paketa i jitter RTP paketa. Utjecaj jittera na gubitak paketa. Gubitak paketa i njegov utjecaj na kvalitetu govora. Kašnjenje paketa i njegov utjecaj na gubitak paketa, kašnjenje govora i odjek. Preliminarne metode procjene podobnosti mreže za VoIP i IP podatkovne servise. Postavljanje ciljnih performansi za IP mrežu i kvalitetu govora. Testiranje prilikom uvođenja VoIP servisa. Ravnina signalizacije: interoperabilnost. Ravnina medija. QoS. Ekspertna analiza signalizacijskih protokola i identifikacija problema interoperabilnosti. Mjerenje performansi krajnjeg korisnika i/ili performansi same IP mreže? Pasivna mjerenja. Ekspertna RTP analiza. ITU-T E-model. Pasivna prediktivna mjerenja. MOS kvaliteta. Aktivna mjerenja perceptualnog kvaliteta govora (VQT). Perceptualni i kognitivni model. PSQM, PSQM+, PESQ, PAMS; poređenje metrika vjernosti. Centralizirano i distribuirano VQT testiranje. Korelacija IP/RTP - QoS testiranja sa VQT mjerenjima kao integralni konačni metod procjene VoIP QoS.

Vježbe

Seminarski

## Literatura

Preporučena

- 1.V. Lipovac, Testing QoS of Multiservice Networks, CRC Press New York (u pripremi; studentima su na raspolaganju autorizirani prezentacijski materijali)
- 2.V. Lipovac, Reziđualna performansa MSK baziranih mobilnih sistema sa malom vremenskom disperzijom, ETF Sarajevo, 2005.
- 3.V. Lipovac, Osnove mikrovalnih komunikacija; komponente i aplikacije, Sveučilište u Dubrovniku, 2005.
- 4.V. Lipovac, autorizirani materijali s predavanja (u elektroničkoj formi)
- 5.V. Lipovac, dodatni materijali: objavljeni karakteristični radovi (u vezi s odabranim primjerima), autorizirani seminari, tutorijali tehnologija, snapshotovi mjerenja

Dopunska

- 1.Ostala literatura, dostupna kao hard copy i elektronički, aplikacijski izvještaji proizvođača.

## Didaktičke metode

Sinergija analitičkog modela, rezultata programskih simulacija, te eksperimentalnih rezultata, kao metodički okvir znanstveno-istraživačke nadgradnje inženjerskog pristupa u oblasti analize performansi komunikacijskih mreža.

## Način provjere znanja

Tokom trajanja kursa student prikuplja bodove prema slijedećem sistemu: rješavanje problema u laboratorijskom okruženju, donosi 30 bodova, pismenim ispitom, donosi do 40 bodova. usmeni završni ispit, može donijeti maksimalno 30 bodova. Da bi student postigao pozitivnu zvršnu ocjenu, on treba ostvariti minimalno pola bodova na svakom od nabrojanih testova.

Student koji objavi rad na konferenciji (ili u časopisu) koji se vode u referentnoj bazi za ETF u Sarajevu ostvaruje maksimalnih 100 poena.

## **Oprema**