# NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu imenovalo nas je za članove Komisije za pregled i ocenu master rada kandidata **Uroša Savkovića** pod naslovom „**Napredna analitika i tehnike optimizacije u 5G/NR“**. Nakon pregleda rada podnosimo sledeći

**IZVEŠTAJ**

**1. Biografski podaci**

Uroš Savković rođen je 22. jula 1998. godine u Beogradu, gde je završio osnovnu školu i srednju elektrotehničku školu Nikola Tesla, smer elektrotehničar energetike. 2017. godine upisao je Elektrotehnički fakultet u Beogradu. Diplomirao je jula 2021. godine na smeru Sistemsko inženjerstvo Odseka za telekomunikacije i informacione tehnologije, odbranom diplomskog rada „Spremnost mreže za implementaciju VoLTE servisa“. Tokom osnovnih studija postigao je prosečnu ocenu 8.85. Diplomske akademske - master studije na Elektrotehničkom fakultetu, na smeru za Informaciono komunikacione tehnologije, upisao je 2021. godine.

**2. Izveštaj o studijskom istraživačkom radu**

Kandidat Uroš Savković je kao pripremu za izradu master rada sproveo istraživanje relevantne literature koja se odnosi na oblast kojoj pripada tema master rada. Konkretno, analizirana su postojeća rešenja i problemi u oblasti napredne analitike i tehnika optimizacije u 5G/NR. Istraživanjem oblasti utvrđeno je da se funkcionisanje i performanse mreže mogu posmatrati sa nekoliko aspekata: konfiguracija, brojači i drajv test. U praksi postoji više tehnika optimizacije 5G mreža.

**3. Opis master rada**

Nova 5G tehnologija, pored potpuno novog načina funkcionisanja, novih tehnika obrade signala i korišćenih frekvencijskih opsega, donosi sa sobom i nove izazove i pogledu njene analize. Potrebno je steći jasan uvid u mnoge aspekte kako bi se mogao otkriti potencijlani problem, tj. kako bi se njeno samo funkcionisanje dodatno unapredilo.

 Ovaj rad je u svojih prvih nekoliko poglavlja opisao glavne stavke vezane za samo funkcionisanje 5G mreža, kao i njegove glavne osobine, kako bi se stekao utisak u novitete koje je doneo sa sobom.

Kako je ovaj rad nastao angažovanjem kandidata na 5G projektima širom sveta, sve analize, rezultati i dobijene vrednosti predstavljaju realno stanje u 5G mrežama sa kojim se korisnici susreću svaki dan.

Cilja rada jeste prikazivanje performansi jedne napredne 5G mreže korišćenjem modernih i naprednih softverskih alata, bez kojih bi ovakva vrsta analize bila nemoguća ili bi predugo trajala. Sagledavanje trenutnog funkcionisanja i performansi mreže izloženo je kroz nekoliko aspekata: konfiguracija, brojači i drajv test. Cilj je takođe bio i da se prikažu neke od tehnika optimizacije 5G mreža, na osnovu prethodno određenih performansi i potencijalnih problema, koje se trenutno najčešće koriste.

Master rad kandidata Uroša Savkovića „**Napredna analitika i tehnike optimizacije u 5G/NR“**, obuhvata 64 strane štampanog teksta sa 90 slika, i 6 citiranih bibliografskih referenci. Rad je organizovan tako da sadrži apstrakt, uvod, sedam poglavlja, zaključak i spisak literature.

**4. Analiza rada sa ključnim rezultatima**

U uvodnom poglavlju nalazi se kratak pregled pete generacije mobilnih mreža, novitete koje uvodi i glavne osobine koje nosi sa sobom.

U trećem poglavlju prikazana je evolucija radio pristupnih tehnologija. Od 2G-a do 5G-a, šta su glavni noviteti svake od njih, kao i zašto uopšte javni mobilni sistemi imaju potrebu za neprekidnim razvojem. Takođe, u trećem poglavlju prikazana su očekivanja koja su postavljena pred 5G-om, kao i koji su potencijalni servisi gde će se 5G najviše koristiti.

U četvrtom poglavlju prikazan je pregled osnovne arhitekture koja se koristi u 5G-u, kao i prikaz osobina samog radio-frekvencijskog interfesja. Dat je detaljan prikaz 5G resursnog grida u vremenskom i freknvencijskom domenu i detaljan prikaz glavnih 5G referentnih signala. Takođe, prikazane su moguće opcije postavljanja 5G mreža (*Standalone* i *Non-Standalone*).

Peto poglavlje opisuje radio frekvencijski dizajn 5G mreža. Bavi se frekvencijskim opsezima koji se koriste u 5G-u, njihovoj podeli i bitnim karakteristikama svake od podgrupa. Opisane su i bitnije stavke vezane za sam RF dizajn poput tipova antena koji se koriste, kao i načine planiranja 5G mreža, poput budžeta linka.

U šestom poglavlju prikazana je evaluacija perfomansi jedne od živih 5G mreža sa nekoliko aspekata: konfiguracija, mrežni brojači i drajv test. Dat je detaljan opis pomenute mreže, kao i konkurencijske mreže čije je komparativna analiza sa stanovišta drajv testa takođe urađena. Sa aspekta konfiguracije prikazan je izlaz jednog naprednog softverskog alata koji na osnovu drajv test logova određuje konfiguraciju i njenu konzistentnost. Prikazani su bitniji brojači u mreži koji su odredili prefromanse različitih frekvencijskih nosioca u mreži kao i njihovu opterećenost. Kako bi se stekao sveobuhvatan uvid u mrežu, drajv test indikatori su takođe prikazani uz korišćenje napredne analitike i specijalnih metoda.

Sedmo poglavlje izlaže neke od metoda optimizacije 5G mreža i kao i njihove praktične primere, tj. način same optmizacije, njene dobitke kao i moguće degradacije.

U poslednjem, osmom poglavlju, izložen je zaključak. Sumirani su noviteti koje 5G unosi, potreba za novi metodama analize, odnosno analitike, kao i novi izazovi koji predstoje.

**5. Zaključak i predlog**

U okviru master rada kandidata Uroša Savkovića razvijen je i verifikovan novi pristup za sagledavanje preformansi novih 5G/NR sistema, kao i načini njihove optimizacije, tj. dodatnog poboljšanja njihovih performansi. Najvažniji doprinosi master rada su sledeći:

* prikaz najbitnijih osobina pete generacije mobilnih sistema, koje je neophodno razumeti kako bi se ušlo u dublju i detaljniju analizu,
* sagledavanje performansi 5G tehologije korišćenjem napredne analitike i specijalnih softverskih alata za ovu oblast,
* analiza jedne od najnaprednijih 5G mreža na svetu sa nekoliko aspekata (PM, CM i drive test) kako bi se stekao sveobuhvatan utisak o trenutnim performansama sistema, i
* predlog i verifikacija nekoliko optimizacionih tehnika koje su sprovedene u naprednim 5G mrežama kod nekih prestižnih evropskih i svetskih operatora.

Na osnovu izloženog, članovi Komisije predlažu Komisiji II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da rad **Uroša Savkovićaa**, pod naslovom „**Napredna analitika i tehnike optimizacije u 5G/NR“** prihvati kao master tezu i da kandidatu odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 23.6.2023. Članovi komisije:

 prof. dr Aleksandar Nešković

prof. dr Nataša Nešković