

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
САОБРАЋАЈНИ ФАКУЛТЕТ
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
КОМИСИЈИ ЗА ДОКТОРСКЕ СТУДИЈЕ

ПРЕДМЕТ: Подобност теме и кандидата Бранке Микавице, мастер инжењера саобраћаја, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Саобраћајног факултета (бр. 465/4 од 21.05.2018. године) одржаног 15.05.2018. године, одређени смо за чланове Комисије за оцену подобности кандидата и теме за израду докторске дисертације кандидата Бранке Микавице, мастер инжењера саобраћаја, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме "Модел вертикалне интерконекције у мрежама будућег Интернета".

На основу материјала приложеног уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Бранка Микавица, маст. инж. саобраћаја, рођена је 21.09.1988. у Прибоју, где је завршила Основну школу „Вук Караџић“ као носилац Вукове дипломе. Гимназију "Пиво Караматијевић" (природно-математички смер) у Новој Вароши завршила је 2007. године, као носилац Вукове дипломе и ученик генерације. Саобраћајни факултет, смер: Телекомуникациони саобраћај и мреже, уписала је 2007. године, а дипломирала на основним студијама 26.09.2011. године, са просечном оценом **9,94 (девет и 94/100)** и оценом 10 на завршном раду под називом: "Примена теорије игара за тарифирање интерконекције телекомуникационих мрежа". Мастер академске студије на Саобраћајном факултету, модул Телекомуникациони саобраћај и мреже, уписала је школске 2011/2012. године. Положила је испите предвиђене наставним планом и програмом са просечном оценом **10,00**. Мастер рад под називом "Техничко-економски аспекти интерконекције телекомуникационих мрежа" одбранила је 18.03.2013. године, са оценом 10. Током основних и мастер академских студија била је добитница бројних признања, награда и стипендија.

У периоду од 15. марта 2013. године до 01. априла 2014. године била је запослена на Саобраћајном факултету као сарадник у настави на Катедри за телекомуникациони саобраћај и мреже за ужу научну област Информационо-комуникационе технологије. Од 01. априла 2014. године ради као асистент на истој Катедри и истој ужој научној области. Ангажована је у настави на вежбама на основним академским студијама из следећих предмета: "Рачунарске мреже", "Телекомуникациони системи",

"Телекомуникациони софтвер", "Основи телекомуникационих система", "Основи телекомуникационе технике", "Регулатива у електронским комуникацијама", "Експлоатација комуникационих система" и "Елементи развоја информационог друштва". На мастер академским студијама ангажована је на часовима вежби из следећих предмета: "Реинжењеринг пословних процеса у е-комуникацијама", "Оптичке мреже" и "Телекомуникациони системи у саобраћају". Од 2015. године ангажована је, као млади истраживач, на пројекту: "Развој нових метода и алата за унапређење перформанси, мрежне и економске ефикасности телекомуникационих мрежа наредне генерације" (ев. број ТР 32025), који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Од 2015. године члан је организационог одбора Симпозијума о новим технологијама у поштанском и телекомуникационом саобраћају - ПосТел.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

Бранка Микавица уписала је докторске академске студије на Универзитету у Београду - Саобраћајном факултету школске 2013/2014. године.

На докторским академским студијама Саобраћајног факултета положила је све испите предвиђене планом и програмом.

Списак положених испита на докторским академским студијама дат је у наставку:

1. Дискретна математика, са оценом 10 (7 ЕСПБ);
2. Увод у теорију хаоса, са оценом 10 (7 ЕСПБ);
3. Савремене физичке методе за контролу и детекцију загађења човекове околине за саобраћајне инжењере, са оценом 10 (7 ЕСПБ);
4. Симулационо моделирање, са оценом 10 (7 ЕСПБ);
5. Телекомуникације у Интелигентним транспортним системима, са оценом 10 (7 ЕСПБ);
6. Мултисервисне телекомуникационе мреже са технологијом Интернет протокола, са оценом 10 (7 ЕСПБ);
7. Прогнозирање и планирање у комуникационом саобраћају, са оценом 10 (7 ЕСПБ);
8. Рутирање саобраћаја у комуникационим мрежама, са оценом 10 (7 ЕСПБ);
9. Интерконекија телекомуникационих мрежа, са оценом 10 (7 ЕСПБ);
10. Тарифирање у телекомуникационим мрежама, са оценом 10 (7 ЕСПБ).

У оквиру докторских студија испунила је и следеће обавезе:

1. Годишњи рад на семинару (4 ЕСПБ);
2. Предлог истраживања у оквиру докторске дисертације (16 ЕСПБ).

На основу наведених активности, на докторским академским студијама остварила је укупно 90 ЕСПБ.

Списак објављених радова:

Поглавље у тематском зборнику (M14)

- [1]. Kostić-Ljubisavljević, A., **Mikavica, B.**, *Vertical Integration between Providers with Possible Cloud Migration*, in M. Khosrow-Pour (ed.), *Encyclopedia of Information Science and Technology*, Fourth Edition, IGI Global, 2017.

Рад у међународном часопису (M23)

- [2]. **Mikavica, B.**, Kostić-Ljubisavljević, A., *Interconnection Contracts between Service and Content Provider with Partial Cloud Migration*, *Elektronika Ir Elektrotehnika*, 2016, Vol. 22, No. 6, pp. 92-98, Kaunas University of Technology, ISSN: 1392-1215, DOI: 10.5755/j01.eie.22.6.17230. (IF₂₀₁₆=0,859).

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

- [3]. **Mikavica, B.**, Kostić-Ljubisavljević, A., Radonjić Đogatović, V., *Cost Analysis of Provider's Partial Cloud Migration*, Proc. of the 13th International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications - TELSIKS 2017, Niš, Serbia, October 2017, pp. 279-282. ISBN: 978-1-5386-1798-4 (IEEE), 978-86-6125-189-4 (FEE). DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TELSKS.2017.8246280>
- [4]. **Mikavica, B.**, Kostić-Ljubisavljević, A., Radonjić Đogatović, V., *Auction-Based Pricing Mechanisms for Cloud Spot Instances*, Proc. of the XLIV Symposium on Operational Research - SYM-OP-IS 2017, Zlatibor, Serbia, September 2017, pp. 740-745, ISBN: 978-86-7488-135-4
- [5]. **Mikavica, B.**, Kostić-Ljubisavljević, A., Radonjić Đogatović, V., *Vehicular Cloud: Challenges and Opportunities*, Proc. of the 6th International Conference Transport And Logistics - TIL 2017, Niš, Serbia, May 2017, pp. 215-218, ISBN: 978-86-6055-088-2
- [6]. Kostić-Ljubisavljević, A., Radonjić Đogatović, V., **Mikavica, B.**, *Visible Light Communication as a Segment of the Intelligent Transportation Systems*, Proc. of the 6th International Conference Transport And Logistics - TIL 2017, Niš, Serbia, May 2017, pp. 211-214, ISBN: 978-86-6055-088-2
- [7]. Radonjić Đogatović, V., Kostić-Ljubisavljević, A., **Mikavica, B.**, *User-Centric Perspective on Service Quality in Telecommunication Networks*, Proc. of the QUALITY FEST 2017, Jahorina, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina, October 2017, pp. 203-208, ISBN: 978-99976-719-1-2
- [8]. **Mikavica, B.**, Gospić, N., *New Regulatory Approach in ICT Sector*, Proc. of the 5th International Conference on Information Society and Technology - ICIST 2015, Kopaonik, Serbia, March 2015, pp. 336-341, ISBN:978-86-85525-16-2
- [9]. **Mikavica, B.**, Kostić-Ljubisavljević, A., Radonjić Đogatović, V., *Application of Revenue Sharing Contract in Telecommunications Industry Supply Chains*, Proc. of 2nd Logistics International Conference - LOGIC 2015, Belgrade, Serbia, May 2015, pp. 179-184, ISBN:978-86-7395-339-7
- [10]. **Mikavica, B.**, Kostić-Ljubisavljević, A., Radonjić Đogatović, V., *Big Data: Challenges and Opportunities in Logistics Systems*, Proc. of 2nd Logistics International Conference - LOGIC 2015, Belgrade, Serbia, May 2015, pp. 185-190, ISBN:978-86-7395-339-7
- [11]. **Mikavica, B.**, Kostić-Ljubisavljević, A., Radonjić Đogatović, V., *Content and Service Provider Interconnection Charging based on Revenue-Sharing Concept*, Proc. of L Int. Sc. Conf. on Information, Communication and Energy Systems and Technologies - ICEST 2015, Sofia, Bulgaria, June 2015, pp. 195-198, ISBN: 978-619-167-182-3

- [12]. Radonjić Đogatović, V., Stojanović, S., Kostić-Ljubisavljević, A., **Mikavica, B.**, *Quality of Service Considerations for Two DiffServ Scenarios in IP Networks*, Proc. of L Int. Sc. Conf. on Information, Communication and Energy Systems and Technologies - ICEST 2015, Sofia, Bulgaria, June 2015, pp. 14-17, ISBN: 978-619-167-182-3
- [13]. Radonjić Đogatović, V., **Mikavica, B.**, Radojičić, V., Kostić-Ljubisavljević, A., *Quality of Service Regulation Issues in Future Internet*, Proc. of the 9th International Quality Conference - IQC 2015, Kragujevac, Serbia, June 2015, pp. 468-472, ISBN: 978-86-6335-004-5
- [14]. **Mikavica, B.**, Kostić-Ljubisavljević, A., Radonjić Đogatović, V., *Revenue-Sharing Agreement for Content and Service Providers Interconnection*, Proc. Of the 2nd Int. Conf. on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN 2015, Srebrno Jezero, Serbia, June 2015, pp. TEI2.3.1-5, ISBN: 978-86-80509-71-6
- [15]. **Mikavica, B.**, Kostić-Ljubisavljević, A., Radonjić Đogatović, V., *AHP Decision Support in SLA Negotiation*, Proc. of SymOrg, Zlatibor, Serbia, June 2014, pp. 993-1000, ISBN:978-86-7680-295-1
- [16]. Radonjić Đogatović, V., Kostić-Ljubisavljević, A., Stojanović, M., **Mikavica, B.**, *Quality of Experience in Mobile Telecommunications*, Proc. of the 8th International Quality Conference - IQC 2014, Kragujevac, Serbia, May 2014, pp. 899-903, ISBN: 978-86-6335-004-5
- [17]. Radonjić Đogatović, V., Kostić-Ljubisavljević, A., Radojičić, V., **Mikavica, B.**, *Quality of Business Measurements in Telecommunication Networks*, Proc. of the 8th International Quality Conference- IQC 2014, Kragujevac, Serbia, May 2014, pp. 468-472, ISBN: 978-86-6335-004-5
- [18]. **Mikavica, B.**, Kostić-Ljubisavljević, A., Stojanović, M., Radonjić-Đogatović, V., *Benefits of Retail-Minus Concept for Access Service Price Determination*, Proc. of the 11th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite Cable and Broadcasting Services - TELSIS 2013, Niš, Serbia, October 2013, Vol. 1, pp. 137-140. ISBN: 978-86-6125-091-0, DOI: 10.1109/TELSIS.2013.6704908
- [19]. **Mikavica, B.**, Kostić-Ljubisavljević, A., Radonjić, V., *Regulation of Mobile Termination Charges*, Proc. of SymOrg, Zlatibor, Serbia, June 2012, pp. 466-474. ISBN: 978-86-7680-255-5

Рад у водећем часопису националног значаја (M51)

- [20]. **Mikavica, B.**, Kostić-Ljubisavljević, A., Radonjić-Đogatović, V., *Mogućnosti primene aukcija za tarifiranje i alokaciju resursa cloud provajdera*, Tehnika, 2017, Vol. 6, pp. 879-885, Savez inženjera i tehničara Srbije, ISSN: 2217-544X

Рад у часопису националног значаја (M52)

- [21]. **Mikavica, B.**, Radojičić, V., Kostić-Ljubisavljević, A., *Estimation of Optical Access Network Bandwidth Demand Using Monte Carlo Simulation*, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2015, Vol. 5, No. 4, pp. 384-399, City Net Scientific Research Center LTD. Belgrade, ISSN: 2217-544X
- [22]. **Mikavica, B.**, Kostić-Ljubisavljević, A., Radonjić-Đogatović, V., *Mogućnosti primene frakcionog računa u modelovanju telekomunikacionog saobraćaja*, Vojnotehnički glasnik, 2015, Vol. 63. No. 2, str. 64-86, Naučni časopis Ministarstva odbrane Republike Srbije, ISSN: 0042-8469, e-ISSN: 2417-4753

- [23]. Kostić-Ljubisavljević, A., Radonjić, V., **Mikavica, B.**, *Primena nekih modela teorije igara za određivanje tarifa interkonekcije telekomunikacionih mreža*, Info M, Vol. 43/2012, 2012, str. 18-25, Fakultet organizacionih nauka, SAVPO - Savremena poslovna obrada - grafičko knjižarsko preduzeće, ISSN: 1451-4397, UDC: 519.8:004.8, <http://www.infom.org.rs/brojevi/2012-43.html>

Предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у целини (M61)

- [24]. Kostić-Ljubisavljević, A., **Mikavica, B.**, *Komunikacija u domenu vidljive svetlosti kao deo Inteligentnih Transportnih Sistema*, Zbornik radova XXXV Simpozijuma o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – POSTEL 2017, str. 161-170, Beograd, Decembar 2017, ISBN: 978-86-7395-384-7
- [25]. **Mikavica, B.**, Radonjić Đogatović, V., Kostić-Ljubisavljević, A., *Mogućnosti primene spot pricing mehanizma u cloud okruženju*, Zbornik radova XXXIV Simpozijuma o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – POSTEL 2016, str. 305-314, Beograd, Novembar 2016, ISBN: 978-86-7395-363-2
- [26]. **Mikavica, B.**, Kostić-Ljubisavljević, A., *Primena Revenue-Sharing koncepta za tarifiranje interkonekcije provajdera sadržaja i provajdera servisa*, Zbornik radova XXXIII Simpozijuma o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – POSTEL 2015, str. 325-334, Beograd, December 2015, ISBN: 978-86-7395-342-7
- [27]. Kostić-Ljubisavljević, A., **Mikavica, B.**, *Energetska efikasnost optičkih, bežičnih i bežično/optičkih mreža za pristup*, Zbornik radova XXXII Simpozijuma o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – POSTEL 2014, str. 247-256, Beograd, December 2014, ISBN: 978-86-7395-328-1
- [28]. Kostić-Ljubisavljević, A., **Mikavica, B.**, Milovanović, M., *Tarifiranje interkonekcije u NGN okruženju primenom Retail-Minus koncepta*, Zbornik radova XXXI Simpozijuma o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – POSTEL 2013, str. 371-380, Beograd, Decembar 2013, ISBN: 978-86-7395-314-4

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

- [29]. Kostić-Ljubisavljević, A., Radonjić Đogatović, V., Stojanović, M., **Mikavica, B.**, *Multicriteria Decision Analysis of Interconnected Telecommunication Networks Performances*, Zbornik radova Sym-Op-Is 2014, Divčibare, Srbija, Septembar 2014, pp. 581-601, ISBN: 978-86-7395-325-0

1.3. Извештај са јавне усмене одбране предложене теме докторске дисертације

Јавна усмена одбрана предложене теме докторске дисертације одржана је 04.06.2018. године на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду, пред Комисијом у саставу:

1. Др Александра Костић-Љубисављевић, ванредни професор, Универзитет у Београду- Саобраћајни факултет
2. Др Мирјана Стојановић, редовни професор, Универзитет у Београду- Саобраћајни факултет
3. Др Предраг Иваниш, ванредни професор, Универзитет у Београду- Електротехнички факултет

Усмена одбрана предложене теме докторске дисертације почела је у 15:00 часова.

На почетку одбране председник Комисије, проф. др Мирјана Стојановић упознала је присутне са хронологијом пријаве теме и одлукама Наставно-научног већа. Затим је изнета кратка биографија кандидата Бранке Микавице са основним подацима о пријављеној теми докторске дисертације.

Одбрана је настављена презентацијом основних поставки предложене теме, коју је кандидат Бранка Микавица изложила у трајању од 20 минута.

По завршеној презентацији, чланови Комисије су кандидату Бранки Микавици поставили по неколико питања и дали сугестије за даљи рад на предложеној теми.

Комисија се потом повукла на већање и једногласно донела следећи закључак:

Комисија је констатовала да је излагање кандидата Бранке Микавице било јасно, концизно и квалитетно и да је кандидат Бранка Микавица успешно одговорила на сва постављена питања. Комисија је донела закључак да је Бранка Микавица успешно одбранила предложену тему и тиме стекла право да настави рад на докторској дисертацији.

Усмена одбрана предложене теме докторске дисертације завршена је у 16:00 часова. Са усмене одбране сачињен је Извештај који су потписали сви чланови Комисије од дана 05.06.2018. Извештај је заведен под бројем 465/5 од дана 05.06.2018.

1.4. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу наведених података, увидом у списак положених испита и осталих испуњених обавеза, кандидат Бранка Микавица је на докторским академским студијама остварила 90 ЕСПБ бодова. Према наставном плану и програму докторских академских студија Универзитета у Београду-Саобраћајног факултета (Члан 4. Правилника докторских академских студија Саобраћајног факултета – Студијски програм Саобраћај), кандидат Бранка Микавица, мастер инжењер саобраћаја, испунила је све предвиђене обавезе у циљу стицања права за израду докторске дисертације.

На основу увида у пријаву теме докторске дисертације, као и на основу успешно одбрањеног предлога истраживања у оквиру докторске дисертације, Комисија закључује да је тема коју кандидат Бранка Микавица предлаже у научном и стручном смислу значајна и актуелна, и пружа могућност за постизање научног доприноса који је Бранка Микавица навела и образложила у пријави.

Кандидат Бранка Микавица је у свом досадашњем раду показала да поседује смисао за научно-истраживачки рад. Увидом у претходни научно-истраживачки рад кандидата, Комисија сматра да је Бранка Микавица, маст. инж. саобраћаја, подобна за успешан рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ докторске дисертације

Промене у Интернет окружењу постављају све веће захтеве пред учеснике у вертикалној интерконекцији, нарочито на две највеће групе: провајдере садржаја и апликација и провајдере Интернет сервиса. Учесници у вертикалној интерконекцији најчешће се карактеришу различитим скупом функционалности, што зависи од тога да ли и у којој мери њихови пословни модели подразумевају вертикалну интеграцију. Инвестирање у решења која укључују вертикалну интеграцију ојачава позицију

провајдера садржаја и апликација у преговорима о интерконекцији са провајдерима Интернет сервиса. Имајући у виду динамику и промене у Интернет окружењу, од изузетног је значаја адекватно одредити преференције корисника и тражњу за приступ садржајима и апликацијама. С тим у вези, најзначајнији изазови у будућем Интернету укључују захтеве за унапређивање скалабилности, квалитета сервиса, хетерогености уређаја, мрежа и апликација, као и обезбеђивање јаче подршке интерактивним апликацијама. Познато је да обезбеђивање ресурса који задовољавају максималну тражњу представља трошковно неефикасан приступ. *Cloud computing* може имати значајну улогу у превазилажењу наведених изазова. Према ITU (*International Telecommunication Union*), *cloud computing* представља парадигму за омогућавање приступа скалабилним, еластичним и дељивим физичким или виртуелним ресурсима уз обезбеђивање и администрирање сервиса на захтев. Пре појаве *cloud* провајдера, основни начин превазилажења изазова у погледу перформанси, доступности и скалабилности био је физичка репликација постојеће инфраструктуре на друге географски дистанциране локације, а све у циљу смањивања раздаљине између крајњих корисника и сервера на којима су складиштени садржаји. Овакво решење не само да је трошковно неефикасно, већ захтева и одређивање најбоље стратегије за репликацију и лоцирање сервера. Интеграција *cloud* ресурса и сопствених ресурса провајдера садржаја и апликација може представљати свеобухватан, економски одржив систем који задовољава захтеве за приступ садржајима. Такав систем остварује бројне предности у погледу еластичне платформе за динамичну и једноставну скалабилност, поједностављује обезбеђивање инфраструктуре и омогућава управљање перформансама на основу квалитета сервиса. Узимајући у обзир значајан раст обима Интернет саобраћаја и развој нових технологија, неопходна су значајна улагања у развој нових капацитета, развој нових пословних модела и бољи увид у релације између учесника у вертикалној интерконекцији.

Предмет предложене докторске дисертације јесу проблеми одређивања оптималних релација при вертикалној интерконекцији између учесника у будућем Интернету. Имајући у виду сложеност релација између учесника у вертикалној интерконекцији, предмет ове дисертације је и оптимална искоришћеност ресурса у процесу обезбеђивања садржаја крајњим корисницима.

У складу са предметом истраживања, **научни циљ дисертације** је сагледавање техничко-економских аспеката вертикалне интерконекције провајдера будућег Интернета. Као резултат тога, биће предложени нови модели за одређивање уговора о интерконекцији, модели за одређивање оптималне искоришћености ресурса вертикално интегрисаних провајдера у процесу обезбеђивања садржаја, као и модели за дефинисање оптималне стратегије при заузимању ресурса *cloud* провајдера у случају вертикалне интерконекције провајдера садржаја и апликација са *cloud* провајдерима.

У литератури се могу наћи различити модели уговора о вертикалној интерконекцији између учесника. Неки од често примењиваних уговора су *Revenue Sharing*, *Cost Sharing* и *Wholesale Price*. Уместо експлицитног успостављања цене интерконекције, учесници често примењују *Revenue Sharing*, који дефинише фиксну поделу прихода између учесника. Ова врста уговора о вертикалној интерконекцији одликује се једноставношћу и може обезбедити повраћај средстава учеснику у случају када постоји поремећај малопродајних цена. Неки од најзначајних изазова са којима се учесници суочавају у овом случају су повећање профитабилности сервиса који се обезбеђују и остваривање фер поделе прихода. Фер *Revenue Sharing* уговор на основу критеријума тежинске фер пропорције предложен је у [21]. Овај модел показује да примена

некооперативних стратегија између учесника може довести до некоректне поделе прихода и чак имати негативне ефекте у погледу подстицаја на будућа улагања у развој мреже. Моделовање некооперативних релација између провајдера садржаја и апликација и провајдера Интернет сервиса применом *Stackelberg* игре предложено је у [60]. У овом случају аутори предлажу *Revenue Sharing* уговор између провајдера Интернет сервиса који обезбеђују конективност провајдерима садржаја и апликација и корисницима. Уведен је фактор поделе прихода у циљу максимизирања добити учесника. У раду [12] предложен је *Revenue Sharing* уговор између провајдера садржаја и апликација и два провајдера Интернет сервиса са циљем максимизације добити крајњих корисника. Анализа је вршена у контексту неутраности мрежа, при чему провајдери Интернет сервиса омогућавају приступ ка фиксном уделу садржаја које обезбеђује провајдер садржаја и апликација. *Revenue Sharing* уговор и *Cost Sharing* уговор често се моделују *Shapley value* приступом [38], [7]. Овај математички метод алоцира ресурсе у складу са доприносом сваког учесника коалицији на фер начин. Примена *Shapley value* методе у циљу постизања адекватне поделе прихода између провајдера садржаја и апликација и провајдера Интернет сервиса у условима еластичне и нееластичне тражње предложена је у [42]. У случају примене *Wholesale Price* уговора провајдер Интернет сервиса плаћа провајдеру садржаја и апликација износ који зависи од дефинисаних veleprodajних цена и обима саобраћаја. Процес дефинисања veleprodajних цена и релација између вертикално интегрисаног оператора и *downstream* учесника на основу *Wholesale Price* уговора описан је у раду [52], где је показано да veleprodajне цене могу бити доња граница малопродајних цена. За дефинисање уговора о вертикалној интерконекцији између учесника у процесу обезбеђивања садржаја директно су везана и питања оптималне искоришћености ресурса и дефинисање оптималне стратегије при заузимању ресурса *cloud* провајдера. Алокација ресурса *cloud* провајдера условљена је дефинисаним тарифним механизмима [46]. Рад [57] показује да је могуће остварити максимизацију прихода уз оптимизацију алокације ресурса у случају примене различитих тарифних механизма.

У наставку је дат списак релевантне литературе на чија истраживања се надовезује истраживање у оквиру ове докторске дисертације:

- [1]. Adhikari, V. K., Guo, Y., Hao, F., Hilt, V., Zhang, Z-L., Varvello, M., Steiner, M., *Measurement Study of Netflix, Hulu, and a Tale of Three CDNs*, IEEE/ACM Transactions on Networking, 23(6), pp. 1984–1997, 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/TNET.2014.2354262>
- [2]. Ahmed, A., Shafiq, Z., Bedi, H., Khakpour, A., *Peering vs. Transit: Performance Comparison of Peering and Transit Interconnections*, Proc. IEEE Int. Conf. Network Protocols (ICNP), Toronto, 2017, pp. 1-10. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/ICNP.2017.8117549>
- [3]. Arthur D. Little Global, *The Future of the Internet - Innovation and Investment in IP interconnection*, Liberty Global, 2014.
- [4]. BEREC Report. BoR (12) 130, 2012. [Online]. Available: http://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/reports/1130-an-assessment-of-ip-interconnection-in-the-context-of-net-neutrality
- [5]. BEREC Report. BoR (17) 184, 2017. [Online]. Available: http://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/reports/7299-berec-report-on-ip-interconnection-practices-in-the-context-of-net-neutrality

- [6]. Bermudez, I., Traverso, S., Munaf, M., Mellia, M., *A Distributed Architecture for the Monitoring of Clouds and CDNs: Applications to Amazon AWS*, IEEE Transactions on Network and Service Management, 11(4), pp. 516–529, 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/TNSM.2014.2362357>
- [7]. Bogomolnaia, A., Holzman, R., Moulin, H., *Sharing the Cost of a Capacity Network*, Mathematics of Operational Research, 35(1), pp. 173–192, 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1287/moor.1090.0435>
- [8]. Chardy, M., Ouorou, A., Van Donselaar, T., *Optimization of Internet Interconnection Policy in the Top Percentile Pricing Framework*, Optimization and Engineering, 13(1), pp. 151–168, 2012. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11081-011-9149-z>
- [9]. Choi, J. P., Jeon, D.-S., Kim, B.-C., *Net Neutrality, Business Models, and Internet Interconnection*, American Economic Journal: Microeconomics, 7(3), pp. 104–141, 2015. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1257/mic.20130162>
- [10]. Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2016-2021 White Paper. [Online]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/global-cloud-index-gci/white-paper-c11-738085.pdf>
- [11]. Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2016-2021 White Paper. [Online]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf>
- [12]. Coucheney, P., Maille, P., Tuffin, B., *Network Neutrality Debate and ISP Interrelations: Traffic Exchange, Revenue Sharing, and Disconnection Threat*, Economics Research and Electronic Networking, 15(3), pp. 155–182, 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11066-014-9090-3>
- [13]. Dally, W. J., Towles, B., Principles and Practices of Interconnection Networks, Elsevier, 2004.
- [14]. Frieden, R., *Conflict in the Network of Networks: How Internet Service Providers Have Shifted From Partners to Adversaries*, Hastings Communications and Entertainment Law Journal, 38(1), pp. 63–90, 2015. [Online]. Available: https://repository.uchastings.edu/hastings_comm_ent_law_journal/vol38/iss1/3/
- [15]. Frieden, R., *New Models and Conflicts in the Interconnection and Delivery of Internet-Mediated Content*, Telecommunications Policy, 38(11), pp. 970–978, 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2014.04.004>
- [16]. Gaivoronski, A. A., Nesse, P. J., Bendik Erdal, O., *Internet Service Provision and Content Services: Paid Peering and Competition between Internet Providers*, NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking, 18(1), pp. 43–79, 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11066-017-9114-x>
- [17]. Gerchak, Y., Wang, Y., *Revenue-sharing vs. Wholesale-price Contracts in Assembly Systems with Random Demand*, Production and Operations Management, 13(1), pp. 23–33, 2004. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2004.tb00142.x>
- [18]. Ghezzi, A., Dramitinos, M., *Towards a Future Internet infrastructure: Analyzing the Multidimensional Impacts of Assured Quality Internet Interconnection*, Telematics and Informatics, 33(2), pp. 613–630, 2016. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tele.2015.10.003>

- [19]. Gupta, A., Kumar, A., Pa'L, M., Roughgarden, T., *Approximation via Cost Sharing: Simpler and Better Approximation Algorithms for Network Design*, Journal of the ACM, 54(3), pp. 1–39, 2007. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/1236457.1236458>
- [20]. Haghighi, A. A., Shah Heydari, S., Shahbaz Panahi, S., *A Cloud-Oriented Content Delivery Network Paradigm: Modeling and Assessment*, IEEE Access, 6, pp. 2298–2309, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2782776>
- [21]. He, L., Walrand, J., *Pricing and Revenue Sharing Strategies for Internet Service Providers*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 24, no. 5, pp. 942–951, 2006. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/JSAC.2006.872875>
- [22]. Hoefer, M., *Strategic Cooperation in Cost Sharing Games*, Int. J. Game Theory, 42(1), pp. 29–53, 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s00182-011-0312-8>
- [23]. ICT Regulation Toolkit, *Pricing Interconnection*, 2018. [Online]. Available: <http://www.ictregulationtoolkit.org/toolkit/2.4.3>
- [24]. Islam, S., Gregoire, J. C., *Beyond CDN: Content Processing at the Edge of the Cloud*, in Pathan, M., Ramesh, R., Sitaraman, K., Robinson, D. (eds.), *Advanced Content Delivery, Streaming, and Cloud Services*, First Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2014, pp. 243-258.
- [25]. ITU-T Recommendation Y.3500, “Information technology – Cloud computing – Overview and vocabulary”, 2014.
- [26]. ITU-T Recommendation Y.3502, “Information technology – Cloud computing – Reference architecture”, 2014.
- [27]. ITU-T Recommendation Y.3510, “Cloud computing infrastructure requirements”, 2014.
- [28]. ITU-T Recommendation Y.3511, “Framework of inter-cloud computing”, 2014.
- [29]. ITU-T Recommendation Y.3520, “Cloud computing framework for end to end resource management”, 2015.
- [30]. ITU-T Recommendation Y.3521/M.3070, “Overview of end-to-end cloud computing management”, 2016.
- [31]. Jamashidi, P., Ahmad, A., Pahl, C., *Cloud Migration Research: A Systematic Review*, IEEE Trans. Cloud Computing, 1(2), pp. 142–157, 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/TCC.2013.10>
- [32]. Jullien, B., Sand-Zantman, W., *Internet Regulation, Two-Sided Pricing, and Sponsored Data*, International Journal of Industrial Organization, 58, pp. 31–62, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2018.02.007>
- [33]. Jun, T., Kim, J.-Y., Kim, H.-S., *Endogenous Internet Structure and Bargaining Power in Interconnection Agreements*, Review of Network Economics, 9(3), 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.2202/1446-9022.1202>
- [34]. Kostić-Ljubisavljević, A., Mikavica, B., *Vertical Integration between Providers with Possible Cloud Migration*, in Khosrow-Pour, M. (ed.), *Encyclopedia of Information Science and Technology*, Fourth Edition, IGI Global, 2017.
- [35]. Krämer, J., Wiewiorra, L., *Network Neutrality and Congestion Sensitive Content Providers: Implications for Content Variety, Broadband Investment, and Regulation*, Information Systems Research, 23(4), pp. 1303–1321, 2012. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1287/isre.1120.0420>

- [36]. Laffont, J. J., Marcus, S., Rey, P., Tirole, J., *Internet Interconnection and the Off-Net-Cost Pricing Principle*, RAND Journal of Economics, 34(2), pp. 370–390, 2003. [Online]. Available: <https://doi.org/10.2307/1593723>
- [37]. Lee, H., Jang, H., Choy, J.-W., Yi, Y., *On the Stability of ISPs' Coalition Structure: Shapley Value based Revenue Sharing*, Proc. 46th Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS), Princeton, 2012, pp. 1–6. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1109/CISS.2012.6310933>
- [38]. Lee, H., Jang, H., Yi, Y., Cho, J., *On the Interaction between Content Oriented Traffic Scheduling and Revenue Sharing among Providers*, Proc. 2013 IEEE INFOCOM, Turin, 2013, pp. 3201–3206. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/INFOCOM.2013.6567138>
- [39]. Leung, K., Lee, Y., *Content Distribution Network Interconnection (CDNI) Requirements*, RFC 7337 (Informational), IETF, 2014.
- [40]. Li, H., Liu, J., Li, B., Xu, K., *Cost-Effective Partial Migration of VoD Services To Content Clouds*, Proc. 2011 IEEE 4th Int. Conf. Cloud Computing, Washington, 2011, pp. 203–210. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/cloud.2011.41>
- [41]. L'opez-Pintado, D., *Network Formation, Cost-sharing and Anticoordination*, Int. Game Theory Review, 11(1), pp. 53–76, 2009. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1142/S02191989090002145>
- [42]. Ma, R. T. B., Chiu, D., Lui, J. C. S., Misra, V., Rubenstein, D., *Interconnecting Eyeballs to Content: A Shapley Value Perspective on ISP Peering and Settlement*, Proc. of the 3rd International Workshop on Economics of Networked Systems, Seattle, 2008, pp. 61–66. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/1403027.1403041>
- [43]. Maille, P., Tuffin, B., *Telecommunication Network Economics - From Theory to Application*, Cambridge University Press, 2014.
- [44]. Niven-Jenkins, B., Le Faucher, F., Bitar, N., *Content Distribution Network Interconnection (CDNI) Problem Statement*, RFC 6707 (Informational), IETF, 2012.
- [45]. Noam, E. M., *Interconnection Practices*, in Cave, M. E., Majumdar, S. K., Vogelsang, I. (eds.), *Handbook of Telecommunications Economics Volume 1*, Elsevier, 2002.
- [46]. Pal, R., Hui, P., *Economic Models for Cloud Service Markets: Pricing and Capacity Planning*, Theoretical Computer Science, 496, pp. 113–124, 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2012.11.001>
- [47]. Pan, K., Lai, K. K., Leung, S. C. H., Xiao, D., *Revenue-sharing versus Wholesale Price Mechanisms under Different Channel Power Structures*, European Journal of Operational Research, 203(2), pp. 532–538, 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.08.010>
- [48]. Pathan, M., *Cloud-Based Content Delivery And Streaming*, in Pathan, M., Ramesh, R., Sitaraman, K., Robinson, D. (eds.), *Advanced Content Delivery, Streaming, and Cloud Services*, First Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2014, pp. 3–31.
- [49]. Pham, T. M., Fdida, S., Antoniadis, P., *Pricing in Information-Centric Network Interconnection*, Proc. IFIP Networking Conference, New York, 2013, pp. 1–9.
- [50]. Salahuddin, M. A., Sahoo, J., Glitho, R., Elbiaze, H., Ajib, W., *A Survey on Content Placement Algorithms for Cloud-Based Content Delivery Networks*, IEEE Access, 6, pp. 91–114, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2754419>

- [51]. Shahrivar, E. M., Sundaram, S., *The Game-Theoretic Formation of Interconnections Between Networks*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 35(2), pp. 341–352, 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/JSAC.2017.2659358>
- [52]. Song, J. D., *Various Wholesale Price Equilibria for Mobile Virtual Network Operators*, Telecommunication Policy, 34(10), pp. 633–648, 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2010.07.002>
- [53]. Stocker, V., *Interconnection and Capacity Allocation for all-IP Networks: Walled Gardens or Full Integration*, Proc. 43th Research Conference on Communication, Information and Internet Policy Paper, Arlington, 2015, pp. 1–22. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2587833>
- [54]. Stocker, V., Smaragdakis, G., Lehr, W., Bauer, S., *The Growing Complexity of Content Delivery Networks: Challenges and Implications for the Internet Ecosystem*, Telecommunications Policy, 41(10), pp. 1003–1016, 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2017.02.004>
- [55]. Stojanovic, M., Kostic-Ljubisavljevic, A., Radonjic-Djogatovic, V., *SLA-controlled Interconnection Charging in Next Generation Networks*, Computer Networks, 57(11), pp. 2374–2394, 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2013.04.013>
- [56]. Tan, Y., Chiang, I. R., Mookerjee, V. S., *An Economic Analysis of Interconnection Arrangements Between Internet Backbone Providers*, Operational Research, 54(4), pp. 776–788, 2006. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1287/opre.1060.0288>
- [57]. Toosi, A. N., Vanmechelen, K., Ramamohanarao, K., Buya, R. *Revenue Maximization with Optimal Capacity Control in Infrastructure as a Service Cloud Markets*, IEEE Transactions on Cloud Computing, 3(3), pp. 261–274, 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/TCC.2014.2382119>
- [58]. Wang, M., Jayaraman, P. P., Ranjan, R., Mitra, K., Zhang, M., Li, E., Khan, S., Pathan, M., Georgeakopoulos, D., *An Overview of Cloud Based Content Delivery Networks: Research Dimensions and State-of-the-Art*, in Hameurlain, A., Kung, J., Wagner, R. (eds.), Transactions on Large-Scale Data- and Knowledge-Centered Systems XX, Special Issue on Advanced Techniques for Big Data Management, Springer, 2015, pp. 131–158. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-662-46703-9_6
- [59]. Wang, X., Wang, X., Su, Y., *Wholesale-price Contract of Supply Chain with Information Gathering*, Applied Mathematical Modelling, 37(6), pp. 3848–3860, 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2012.07.007>
- [60]. Wu, Y., Kim, H., Hande, P. H., Chiang, M., Tsang, D. H. K., *Revenue Sharing Among ISPs in Two-sided Markets*, Proc. 2011 IEEE INFOCOM, Shanghai, 2011, pp. 596–600. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/INFCOM.2011.5935234>
- [61]. Xu, Y., Bisi, A., *Wholesale-price Contracts with Postponed and Fixed Retail Prices*, Operational Research Letters, 40(4), pp. 250–257, 2012. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.orl.2012.04.001>
- [62]. Zhang, C., Gu, B., Yamori, K., Xu, S., Tanaka, Y., *A Novel Stackelberg-Bertrand Game Model for Pricing Content Provider*, EAI Endorsed Transactions on Collaborative Computing, 1(4), pp. 1–5, 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.4108/icst.mobimedia.2015.259082>

[63]. Zhang, N., Levä, T., Hämmäinen, H., *Value Networks and Two-Sided Markets of Internet Content Delivery*, Telecommunications Policy, 38(5-6), pp. 460–472, 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2013.03.004>

3. Полазне хипотезе

При изради ове докторске дисертације полази се од следећих хипотеза:

- Како би се одговорило на растуће захтеве у процесу обезбеђивања садржаја и апликација крајњим корисницима, неопходно је развити нове пословне моделе и редефинисати техничко-економске релације између учесника у вертикалној интерконекцији;
- Минимизирање удела одбачених захтева за обезбеђивање садржаја може се обезбедити укључивањем *cloud* провајдера у процес обезбеђивања садржаја и апликација;
- Да би се обезбедила минимизација трошкова провајдера и максимизирао захтевани квалитет који се обезбеђује корисницима потребно је унапредити начине приступа ресурсима *cloud* провајдера у случају вертикалне интерконекције између учесника.

4. Научне методе истраживања

Приликом израде ове докторске дисертације, поред општих метода истраживања које се примењују у научним истраживањима, као што су индукција, дедукција, анализа, синтеза, компаративна анализа и аналогича, користиће се методе и технике рачунарске симулације, теорије игара, вишекритеријумска оптимизација и математичко моделовање. За решавање одређених проблема биће примењени доступни рачунарски програми.

5. Очекивани научни допринос

Комисија сматра да је могуће да се, као резултат планираних истраживања у оквиру докторске дисертације, остваре следећи научни доприноси:

- Развој оригиналног модела за анализу утицаја примењеног уговора о интерконекцији између вертикално интегрисаног провајдера садржаја и апликација и провајдера Интернет сервиса на приходе провајдера и перформансе анализираног система за обезбеђивање садржаја;
- Развој нових модела за одређивање оптималног концепта приступа ресурсима *cloud* провајдера од стране провајдера садржаја и апликација у контексту обезбеђивања садржаја крајњим корисницима.

Поред научног доприноса, очекује се да ће докторска дисертација имати и практичан значај кроз развој и имплементацију предложених модела.

6. План истраживања и структура рада

Планирано истраживање у оквиру докторске дисертације биће спроведено у више фаза, у складу са дефинисаним предметом и циљевима истраживања, постављеним

хипотезама и очекиваним научним доприносима докторске дисертације. Фазе истраживања обухватају:

- **Фаза 1:** Преглед релевантне литературе. У овој фази извршиће се детаљан преглед и анализа најновије научне и стручне литературе из области интерконекције провајдера будућег Интернета.
- **Фаза 2:** Дефинисање основних појмова везаних за предмет и циљеве истраживања. У овој фази извршиће се детаљна анализа релација између учесника у вертикалној интерконекцији.
- **Фаза 3:** Развој и детаљан опис предложених модела за одређивање одговарајућих уговора о интерконекцији између учесника, као и развој и анализа модела за оптималан приступ ресурсима *cloud* провајдера у случају вертикалне интерконекције са провајдерима садржаја и апликација.
- **Фаза 4:** Анализа добијених резултата. На основу предложених модела даје се анализа добијених резултата.
- **Фаза 5:** Закључна разматрања. Приказ научног доприноса и дефинисање праваца даљег истраживања.

Оквирни садржај садржај предложене докторске дисертације:

- Уводна разматрања (образложење мотива за избор теме, дефинисање циљева и предмета истраживања, структура рада);
- Дефинисање проблема вертикалне интерконекције између провајдера (дефинисање појмова интерконекције, вертикалне интерконекције и интеграције);
- Детаљан приказ учесника у вертикалној интерконекцији у мрежама будућег Интернета и њихове релације;
- Преглед релевантне литературе;
- Предлог модела за одређивање одговарајућег уговора о интерконекцији између вертикално интегрисаног провајдера садржаја и апликација и провајдера Интернет сервиса уз могућност коришћења *cloud* ресурса;
- Предлог модела за одређивање одговарајућег механизма приступа ресурсима *cloud* провајдера од стране вертикално интегрисаног провајдера садржаја и апликација;
- Анализа и дискусија добијених резултата;
- Закључна разматрања (приказ научног доприноса докторске дисертације и правци даљег истраживања).

7. Закључак и предлог

На основу увида у пријаву теме докторске дисертације, као и на основу успешно одбрањеног предлога истраживања у оквиру докторске дисертације, Комисија закључује да је тема коју кандидат Бранка Микавица предлаже у научном и стручном

смислу значајна и актуелна и да пружа могућности за остваривање научних доприноса који су наведени и образложени у пријави.

Увидом у досадашњи научни и стручни рад, као и референце кандидата, Комисија сматра да Бранка Микавица испуњава формалне и суштинске услове за пријаву теме докторске дисертације, као и да је компетентна да реализује предвиђене циљеве истраживања.

Предложена тема докторске дисертације припада ужој научној области "Информационо-комуникационе технологије" за коју је матичан Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет.

Комисија има задовољство да Наставно - научном већу Саобраћајног факултета у Београду, предложи да прихвати тему докторске дисертације кандидата Бранке Микавице, под називом **"МОДЕЛИ ВЕРТИКАЛНЕ ИНТЕРКОНЕКЦИЈЕ У МРЕЖАМА БУДУЋЕГ ИНТЕРНЕТА"** као и да се за ментора одреди др Александра Костић-Љубисављевић, ванредни професор Универзитета у Београду - Саобраћајног факултета.

У Београду, 05.06.2018. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Др Александра Костић-Љубисављевић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет

Др Мирјана Стојановић, редовни професор
Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет

Др Предраг Иваниш, ванредни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет