

Наставно – научном већу
Факултета организационих наука
Универзитета у Београду

Предмет: Подобност теме и кандидата Јелене Шух за израду докторске дисертације

Одлуком 3/66-11 бр. од 17.06.2015. године именовани смо за чланове Комисије за оцену теме и подобности кандидата **Јелене Шух** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Инфраструктура за е-образовање заснована на софтверски дефинисаним мрежама“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Јелена Шух је рођена 14.10.1983. године у Земуну. Основну школу и гимназију завршила је у Земуну са одличним успехом, као носилац Вукове дипломе, а гимназију и као Ученик генерације. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписала је школске 2002/03. године. Дипломирала је на Одсеку за електронику, телекомуникације и аутоматику - Смер за телекомуникације у јулу 2007. године, са просечном оценом 8.86. Дипломски рад под насловом „Технике рутирања у сензорским мрежама“ одбранила је са оценом 10 (десет). Специјалистичке академске студије, студијски програм Организационе науке – модул Електронско пословање, уписала је на Факултету организационих наука у Београду 2012. године и завршила са просечном оценом 10 (десет). Завршни (Специјалистички академски) рад под насловом „Управљање мрежном инфраструктуром и сервисима у академском окружењу“ одбранила је у августу 2013. године са оценом 10 (десет). Докторске студије, студијски програм Информациони системи и менаџмент, изборно подручје Електронско пословање, уписала је на Факултету организационих наука 2013. године. Тренутно је студент друге године докторских студија. Положила је свих девет, програмом предвиђених, испита на докторским студијама са просечном оценом 10 (десет). Од фебруара 2008. године запослена је у компанији Телеком Србија а.д., где је стекла искуство у области експлоатације, одржавања и надзора IP/MPLS (*Internet Protocol/Multiprotocol Label Switching*) мреже. Тренутно је запослена у Сектору за надзор и контролу квалитета мреже (NOC) на позицији Инжењер за сервисну подршку на системима у транспортној и IP/MPLS мрежи. Од 2010. године ангажована је на локалној Cisco академији, *Telekom Educational Initiative*, као Cisco CCNA (*Cisco Certified Network Associate*) инструктор за извођење предавања и вежби. Поседује следеће стручне сертификате:

- CCNA (*Cisco Certified Network Associate*)
- CCNA Security (*Cisco Certified Network Associate Security*)
- CCNP (*Cisco Certified Network Professional*)
- CCNP SP (*Cisco Certified Network Professional Service Provider*)

- CCAI (*Cisco Certified Academy Instructor*)
- JNCIA (*Juniper Networks Certified Internet Associate*)

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

У наставку ће бити приказани научни резултати кандидата, објављених на конференцијама и у часописима, од године уписа докторских студија. Већина радова је из области рачунарских мрежа, софтверски дефинисаних мрежа, управљања рачунарским мрежама и е-образовања.

Зборници међународних научних скупова (M30):

1. **J. Šuh**, V. Vujin, Z. Bogdanović.: *Software Defined Network Infrastructure for an E-learning Cloud*, - Proceedings of the XIV International Symposium SymOrg 2014, Zlatibor, Serbia, 6-10. June 2014, pp. 357-364, ISBN 978-86-7680-295-1 (M33).
2. **J. Šuh**, Ž. Bojović, M. Radenković, A. Labus, Z. Bogdanović.: *Designing SDN Infrastructure for an E-learning Cloud*, - Proceedings of the 7th annual International Conference on Education and New Learning Technologies EDULEARN15, Barcelona, Spain, 6-8. July 2015, pp. 4352-4358, ISBN 978-84-606-8243-1 (M33).

Часописи националног значаја (M50):

1. D. Barać, A. Milić, A. Nastevski, I. Vojinović, **J. Šuh**.: *Developing Services for E-Learning Courses Adaptation*, - Management, Journal for Theory and Practice Management, Vol. 69, pp. 55-63, Beograd, 2013, ISSN 1820-0222, doi: 10.7595/management.fon.2013.0023, UDC: 37.018.43:004.738.5 ; 004.738.5:371.3 (M51).
2. **J. Šuh**, K. Simić, M. Milutinović, V. Vujin, S. Jevremović.: *Sistem za praćenje performansi mrežne infrastrukture visokoškolske ustanove*, -InfoM, Časopis za informacione tehnologije i multimedijalne sisteme, Vol. 49, pp. 28-34, Beograd, 2014, ISSN 1451-4397 (M52).
3. **J. Šuh**, V. Vujin, D. Barać, Z. Bogdanović, B. Radenković.: *Designing Cloud Infrastructure for Big Data in E-government*, - Journal of Universal Excellence, Vol. 4, No. 1, pp. A26-A38, March 2015, Faculty of Organisation Studies in Novo mesto, ISSN 2232-5204 (M50).

Зборници скупова националног значаја (M60):

1. **J. Šuh**, A. Obradović, K. Simić.: *Komparativna analiza performansi EIGRPv6 i OSPFv3 protokola*, - Zbornik radova XXXI Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel 2013, Beograd, 3. i 4. decembar 2013, pp.333-342, ISBN 978-86-7395-314-4 (M63).
2. **J. Šuh**, V. Čulum.: *Protokoli za redudansu u IP mrežama*, - Zbornik radova XIX Naučno-stručni skup Informacione tehnologije 2014, Žabljak, Crna Gora, 24-28. februar 2014, pp. 80-83, ISBN 978-86-85775-15-4 (M63).
3. **J. Šuh**, B. Sisojević.: *Informaciono-komunikacioni alati za upravljanje IP/MPLS mrežom*, - Zbornik radova XX Naučno-stručni skup Informacione tehnologije 2015, Žabljak, Crna Gora, 23-27. februar 2015, pp. 88-91, ISBN 978-86-85775-16-1 (M63).

Следи списак положених предмета на докторским студијама са оценама и ЕСПБ бодовима:

Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
Електронско пословање	10 (десет)	10
Интернет маркетинг	10 (десет)	10
Интернет технологије	10 (десет)	10
Е-образовање	10 (десет)	10
Мобилно пословање	10 (десет)	10
Интернет интелигентних уређаја	10 (десет)	10

Пословна интелигенција у електронском пословању	10 (десет)	10
Е-управа	10 (десет)	10
Методологија научно истраживачког рада у техничко-технолошким наукама	10 (десет)	10
Развој информационих система у дистрибуираном окружењу	10 (десет)	10

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Узимајући у обзир:

- резултате остварене током досадашњег образовања;
- истраживања на тему унапређења процеса пројектовања и управљања рачунарским мрежама која су публикована на научно-стручним конференцијама и у часописима,
- радно искуство у области експлоатације, одржавања и надзора рачунарских мрежа,
- педагошки рад на локалној *Cisco* академији *Telekom Educational Initiative*,
- поседовање стручних сертификата из области рачунарских мрежа

закључује се да је Јелена Шух у потпуности квалификована и припремљена да тему докторске дисертације самостално истражује и пружи научно-стручне доприносе у тој области.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања приступног рада је пројектовање и реализација модела инфраструктуре за е-образовање, заснованог на концепту софтверски дефинисаних мрежа (*Software Defined Networking* - SDN), као основи за ефикасну и ефективну реализацију пословних и образовних процеса у академском окружењу.

Академске мреже треба да обезбеде услове за квалитетну реализацију образовног процеса и да повежу факултете, истраживачке центре, наставно особље и студенте, који су ангажовани на различитим пројектима. Промене у образовном процесу и њихова динамика, као и појава нових информационо-комуникационих технологија представљају изазов и постављају нове захтеве пред систем за е-образовање. Систем за е-образовање мора да пружи могућност брзог и једноставног увођења нових образовних садржаја и студијских програма и квалитетну реализацију образовног процеса прилагођеног потребама и захтевима студената и наставног особља. Предуслов за то је постојање скалабилне и адаптивне ИТ инфраструктуре, која треба да обезбеди висок степен доступности, ефикасности и безбедности апликација и сервиса у академским мрежама (Lazowska, Lee, Elliott, & Smarr, 2008). Да би се реализовала скалабилна инфраструктура, потребно је у академске мреже унети висок степен програмабилности како би се повећала ефикасност реализације процеса у академском кампус окружењу.

Постојеће академске мреже су засноване на традиционалном, хијерархијском моделу и могу да подрже сервисе и апликације када је реч о стандардној клијент-сервер комуникацији. Оне захтевају познавање великог броја мрежних технологија и конфигурацију већег броја уређаја да би се имплементирао један сервис. Карактерише их постојање бројних нестандартних решења што систем за управљање мрежом чини комплексним и са израженим проблемом интероперабилности опреме различитих произвођача. Велики број функционалности, дефинисаних у хардверу за последицу има високу цену реализације мрежне архитектуре, дуготрајан процес стандардизације

протокола и недовољан степен флексибилности, што успорава процес увођења нових апликација и сервиса. Пројектовање и имплементација инфраструктуре за е-образовање у академском окружењу постали су комплексни узимајући у обзир пораст количине података у модерним мрежама и постојање великог броја мрежних технологија. Наведени недостаци традиционалних рачунарских мрежа представљају разлог за увођење динамичке архитектуре у академске информационе системе.

Динамичка архитектура подразумева примену техника виртуелизације мрежних ресурса и софтверски дефинисаних мрежа за централизовано управљање виртуелном и физичком инфраструктуром. Аутоматизацијом конфигурације у целој мрежи процес имплементације нових сервиса треба да буде знатно убрзан и поједностављен, а оперативни трошкови смањени (Open Networking Foundation, 2012). Да би се обезбедио континуалан рад у академској мрежи неопходно је да постоји ефикасан механизам за брзу детекцију инцидентних ситуација у мрежи и преусмеравање саобраћаја, а без утицаја на сервисе корисника. Да би постојећи ресурси били искоришћени на ефикасан начин потребно је да постоји могућност реализације оптималног рутирања и балансирања саобраћаја на апликативном нивоу. Логичка централизација и примена софтверски дефинисаних мрежа треба да омогући ефективно праћење перформанси система, уочавање нерегуларности и инцидентних ситуација, грануларну примену безбедносних политика на нивоу сервиса и апликација уз флексибилно прилагођавање пословним и образовним потребама корисника академских мрежа.

Cloud computing се показао као ефикасно решење за реализацију модела скалабилне и апстраховане инфраструктуре са виртуелизованим ресурсима, па универзитети широм света развијају приватну *cloud* инфраструктуру коју користе за изградњу система за е-образовање (Buaya, Broberg, & Goscinski, 2010) (Sultan, 2010). Међутим, комплексни захтеви, као што је виши степен сарадње, размена великих количина података и развој нових технологија, намећу потребу да се у академске мреже унесе виши степен програмабилности применом концепта софтверски дефинисаних мрежа (Furqan, Katib, & Ahmed, 2013).

Софтверски дефинисане мреже омогућавају управљање мрежама и сервисима апстраховањем нижих слојева мрежне инфраструктуре (Xia et al., 2015). Концепт је заснован на раздвајању процеса управљања мрежом од прослеђивања података чиме се смањује комплексност архитектуре рачунарских мрежа. Захваљујући принципима централизације, апстракције и програмабилности, софтверски дефинисане мреже се примењују у рачунарским мрежама предузећа, у *data* центрима, у мрежама сервис провајдера, као и у академском окружењу (Luo & Chen, 2013) (Wu et al., 2013).

Карактеристика софтверски дефинисаних мрежа је динамичка додела мрежних ресурса у складу са захтевима корисника, а без потребе да корисници познају мреже технологије и физичку топологију мреже. Креирање виртуелног мрежног окружења независно од физичке топологије (Nunes, Pontes, & Guedes, 2013) омогућава laku имплементацију и тестирање нових сервиса за подршку образовним и научно-истраживачким процесима. На овај начин се креира флексибилно мрежно окружење које се једноставно прилагођава различитим студијским програмима. Једноставно увођење нових предмета који су засновани на напредним информационо-комуникационим технологијама, као што су мобилно пословање, интернет интелигентних уређаја, *enterprise networking* и *big data*, олакшава образовни процес и студентима омогућава да на брз и ефикасан начин усвоје нова практична знања и истражу креативност у развоја нових апликација и сервиса.

Примена интерфејса отвореног стандарда и софтвера отвореног кода је значајна у процесу креирања образовних апликација и сервиса, а утиче и на смањење трошкова реализације мрежне инфраструктуре. Академско окружење карактерише онлајн сарадња и размена велике количине података, па је неопходно обезбедити ефикасну инфраструктуру, која се динамички прилагођава захтевима корисника. Појава велике количине података, односно *big data*, захтева виши степен флексибилности мрежне инфраструктуре у односу на традиционални приступ и могућност примене напредних апликација за обраду ових података. ИТ инфраструктура, која је заснована на концептима *cloud computing*-а и софтверски дефинисаних мрежа, може у великој мери одговорити на постављене комплексне захтеве уз поједностављење процеса имплементације и интеграције у оквиру система е-образовања.

Примарни циљ истраживања у докторској дисертацији је развој модела ИТ инфраструктуре за е-образовање високошколске установе, који је заснован на софтверски дефинисаним мрежама. Циљ рада се реализује кроз имплементацију софтверски дефинисаних мрежа у инфраструктуру за е-образовање базирану на *cloud computing*-у.

Циљеви које треба постићи у оквиру истраживања су:

- Пројектовање и реализација ИТ инфраструктуре засноване на софтверски дефинисаним мрежама неопходне за ефикасну реализацију пословних и образовних процеса у академском окружењу.
- Повећање ефикасности, поузданости, скалабилности и безбедности инфраструктуре за е-образовање коришћењем софтверски дефинисаних мрежа.
- Повећање степена доступности система е-образовања изградњом поуздане и скалабилне информационо-комуникационе инфраструктуре.
- Смањење комплексности реализације инфраструктурних и образовних сервиса применом ИТ инфраструктуре засноване на софтверски дефинисаним мрежама.
- Пројектовање и реализација ИТ инфраструктуре за е-образовање, која захтева мање капиталне и оперативне трошкове.
- Развој модела за евалуацију инфраструктуре за е-образовање засноване на софтверски дефинисаним мрежама.
- Развој модела инфраструктуре за е-образовање који се једноставно може мигрирати у друга академска окружења.
- Обезбеђивање инфраструктуре за е-образовање која доводи до повећања мотивисаности студената за учење и постизања бољих резултата.
- Интензивно укључивање студента у процесе везане за истраживања и примену нових техничких решења заснованих на концептима напредних информационо-комуникационих технологија коришћењем модерне *cloud* инфраструктуре за е-образовање.

За остварење постављених циљева треба реализовати следећа истраживања:

- Анализа постојећих модела мрежне инфраструктуре и утврђивање могућности примене софтверски дефинисаних мрежа у кампус мрежама.
- Моделирање инфраструктуре засноване на софтверски дефинисаним мрежама у оквиру образовне институције.
- Пројектовање, имплементација и конфигурација инфраструктуре засноване на софтверски дефинисаним мрежама.
- Моделирање кључних индикатора перформанси и мерење перформанси инфраструктуре засноване на софтверски дефинисаним мрежама након имплементације.

- Примена развијене инфраструктуре у образовном procesu и мерење rezultata primene.

Почетна листа библиографских извора која ће се користити приликом израде докторске дисертације:

1. M. Jarschel, T. Zinner, T. Hossfeld, P. Tran-Gia, and W. Kellerer, "Interfaces, attributes, and use cases: A compass for SDN," *IEEE Communications Magazine*, vol. 52, no. 6, pp. 210 – 217, 2014.
2. J. Tourrilhes, P. Sharma, S. Banerjee, and J. Pettit, "The Evolution of SDN and OpenFlow: A Standards Perspective," *IEEE Computer Magazine*, vol. 47, no. 11, pp. 22–29, 2014.
3. J. Matias, J. Garay, N. Toledo, J. Unzila, and E. Jacob, "Toward an SDN-enabled NFV architecture," *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, no. 4, pp. 187 – 193, 2015.
4. W. Cerroni, M. Gharbaoui, B. Martini, A. Campi, P. Castoldi, and F. Callegati, "Cross-layer resource orchestration for cloud service delivery: A seamless SDN approach," *Computer Networks*, vol. 87, pp. 16–32, 2015.
5. W. Ding, W. Qi, J. Wang, and B. Chen, "OpenSCaaS: an open service chain as a service platform toward the integration of SDN and NFV," *IEEE Network*, vol. 29, no. 3, pp. 30–35, 2015.
6. C. Yoon, T. Park, S. Lee, H. Kang, S. Shin, and Z. Zhang, "Enabling security functions with SDN: A feasibility study," *Computer Networks*, vol. 85, pp. 19–35, 2015.
7. K. Giotis, C. Argyropoulos, G. Androulidakis, D. Kalogeras, and V. Maglaris, "Combining OpenFlow and sFlow for an effective and scalable anomaly detection and mitigation mechanism on SDN environments," *Computer Networks*, vol. 62, pp. 122–136, 2014.
8. J. Wang, X. Chen, C. Phillips, and Y. Yan, "Energy efficiency with QoS control in dynamic optical networks with SDN enabled integrated control plane," *Computer Networks*, vol. 78, pp. 57–67, 2015.
9. Y. Jinyao, Z. Hailong, S. Qianjun, L. Bo, and G. Xiao, "HiQoS: An SDN-based multipath QoS solution," *IEEE China Communications*, vol. 12, no. 5, pp. 123 – 133, 2015.
10. R. Bolla, R. Bruschi, F. Davoli, and C. Lombardo, "Fine-Grained Energy-Efficient Consolidation in SDN Networks and Devices," *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 12, no. 2, pp. 132 – 145, 2015.
11. N. Cvijetic, A. Tanaka, P. . Ji, K. Sethuraman, S. Murakami, and T. Wang, "SDN and OpenFlow for Dynamic Flex-Grid Optical Access and Aggregation Networks," *IEEE Journal of Lightwave Technology*, vol. 32, no. 4, pp. 864 – 870, 2014.
12. W. John, A. Kern, M. Kind, P. Skoldstrom, D. Staessens, and H. Woesner, "Splitarchitecture: SDN for the carrier domain," *IEEE Communications Magazine*, vol. 52, no. 10, pp. 146 – 152, 2014.
13. A. Rodriguez-Natal, V. Portoles-Comeras, M. Ermagan, D. Lewis, D. Farinacci, F. Maino, and A. Cabellos-Aparicio, "LISP: a southbound SDN protocol?," *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, no. 7, pp. 201–207, 2015.
14. S. Lange, S. Gebert, T. Zinner, P. Tran-Gia, D. Hock, M. Jarschel, and M. Hoffmann, "Heuristic Approaches to the Controller Placement Problem in Large Scale SDN Networks," *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 12, no. 1, pp. 4–17, 2015.
15. L. M. Contreras, P. Doolan, H. Lønsethagen, and D. R. López, "Operational, organizational and business challenges for network operators in the context of SDN and NFV," *Computer Networks*, 2015, doi: 10.1016/j.comnet.2015.07.016.
16. V. Kotronis, A. Gämperli, and X. Dimitropoulos, "Routing centralization across domains via SDN: A model and emulation framework for BGP evolution," *Computer Networks*, 2015, doi: 10.1016/j.comnet.2015.07.015.
17. J. Rak, M. Pickavet, K. S. Trivedi, J. A. Lopez, A. M. C. A. Koster, J. P. G. Sterbenz, E. K. Çetinkaya, T. Gomes, M. Gunkel, K. Walkowiak, and D. Staessens, "Future research directions in design of reliable communication systems," *Telecommunication Systems*, 2015, doi: 10.1007/s11235-015-9987-7.
18. S. Lann, *IT Infrastructure Architecture - Infrastructure building blocks and concepts*. Lulu Press Inc, 2013.

19. P. Weill and M. Vitae, "What IT Infrastructure Capabilities are Needed to Implement E-Business Models?," *Mis Quarterly Executive*, vol. 1, no. 1, pp. 17–34, 2002.
20. E. Lazowska, P. Lee, C. Elliott, and L. Smarr, "Infrastructure for eScience and eLearning in Higher Education," *Computing Community Consortium*, 2008.
21. B. Pfaff, J. Pettit, T. Koponen, K. Amidon, M. Casado, and S. Shenker, "Extending Networking into the Virtualization Layer," in *8th ACM Workshop on Hot Topics in Networks*, 2009.
22. A. Clemm, *Network Management Fundamentals*. Cisco Press, 2006.
23. R. V. Srinivasa, R. N. K. Nageswara, and E. K. Kumar, "Cloud Computing: An overview," *Journal of Theoretical and applied Information Technology*, vol. 9, no. 1, 2009.
24. L. Qian, Z. Luo, Y. Du, and L. Guo, "Cloud Computing: An Overview," in *CLOUD COMPUTING, PROCEEDINGS*, vol. 5931, pp. 626–631, 2009.
25. R. Buyya, J. Broberg, and A. Goscinski, *Cloud Computing: Principles and Paradigms*. John Wiley & Sons, Inc., 2010.
26. N. Sultan, "Cloud computing for education: A new dawn?," *International Journal of Information Management*, vol. 30, no. 2, pp. 109–116, 2010.
27. D. L. Beaty, "Cloud Computing 101," *ASHRAE JOURNAL*, vol. 55, no. 10, pp. 88–93, 2013.
28. P. Mell and T. Grance, "The NIST definition of cloud computing," 2011.
29. Z. He and G. Liang, "Research and Evaluation of Network Virtualization in Cloud Computing Environment," *Third International Conference on Networking and Distributed Computing*, pp. 40–44, 2012.
30. A. di Costanzo, M. D. de Assunção, and R. Buyya, "Harnessing cloud technologies for a virtualized distributed computing infrastructure," *IEEE Internet Computing*, vol. 13, no. 5, pp. 24–33, 2009.
31. W. Tian, S. Su, and G. Lu, "A Framework for Implementing and Managing Platform as a Service in a Virtual Cloud Computing Lab," in *2010 Second International Workshop on Education Technology and Computer Science*, 2010, vol. 2, pp. 273–276.
32. H. Jin, S. Ibrahim, T. Bell, W. Gao, D. Huang, and S. Wu, "Cloud Types and Services," in *Handbook of Cloud Computing*, 2010, pp. 335–355.
33. B. Radenkovic, M. Despotovic-Zratic, Z. Bogdanovic, V. Vujin, and D. Barac, "Harnessing cloud computing infrastructure for e-learning services," *Facta universitatis - series: Electronics and Energetics*, vol. 27, no. September, pp. 339–357, 2014.
34. D. L. Watson, "Hey - Get Off My Cloud!," in *Global Security, Safety and Sustainability, 5th International Conference*, 2009, pp. 224–232.
35. M. D. De Assunção, A. Di Costanzo, and R. Buyya, "Evaluating the cost-benefit of using cloud computing to extend the capacity of clusters," in *Proceedings of the 18th ACM international symposium on High performance distributed computing*, 2009, pp. 141–150.
36. K. Yang and X. Jia, "Data storage auditing service in cloud computing: challenges, methods and opportunities," *WORLD WIDE WEB-INTERNET AND WEB INFORMATION SYSTEMS*, vol. 15, no. 4, pp. 409–428, Jul. 2012.
37. V. C. Emeakaroha, M. A. S. Netto, R. N. Calheiros, I. Brandic, R. Buyya, and C. A. F. De Rose, "Towards autonomic detection of SLA violations in Cloud infrastructures," *FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS-THE INTERNATIONAL JOURNAL OF GRID COMPUTING AND ESCIENCE*, vol. 28, no. 7, pp. 1017–1029, Jul. 2012.
38. T. Ercan, "Effective use of cloud computing in educational institutions," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 2, no. 2, pp. 938–942, 2010.
39. N. M. Rao and C. Sasidhar, "Cloud Computing Through Mobile-Learning," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 1, no. 6, 2012.
40. A. Furqan, I. Katib, and A. Ahmed, "New Networking Era: Software Defined Networking," *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, vol. 3, no. 11, pp. 349–353, 2013..
41. N. Feamster, J. Rexford, and E. Zegura, "The Road to SDN: An Intellectual History of Programmable Networks," *ACM Sigcomm Computer Communication*, vol. 44, pp. 87–98, 2014.
42. M. Casado, M. J. Freedman, J. Pettit, J. Luo, N. McKeown, and S. Shenker, "Ethere: taking control of the enterprise," *Sigcomm '07*, pp. 1–12, 2007.

43. E. C. Rothenberg, R. Chua, J. Bailey, M. Winter, C. Correa, S. C. de Lucena, M. R. Salvador, and T. Nadeau, "When Open Source Meets Network Control Planes," *IEEE Computer Magazine*, vol. 47, no. 11, pp. 46–54, 2014.
44. W. Xia, Y. Wen, S. Member, C. H. Foh, S. Member, D. Niyato, and H. Xie, "A Survey on Software-Defined Networking," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 1, pp. 27–51, 2015.
45. B. Heller, J. McCauley, K. Zarifis, P. Kazemian, C. Scott, N. McKeown, S. Shenker, A. Wundsam, H. Zeng, S. Whitlock, V. Jeyakumar, and N. Handigol, "Leveraging SDN layering to systematically troubleshoot networks," *ACM SIGCOMM Hot Topics in SDN*, p. 37, 2013.
46. R. V. Nunes, R. L. Pontes, and D. Guedes, "Virtualized network isolation using Software Defined Networks," *Proceedings - Conference on Local Computer Networks, LCN*, pp. 683–686, 2013.
47. J. Tourrilhes, P. Sharma, S. Banerjee, and J. Pettit, "The Evolution of SDN and OpenFlow: A Standards Perspective," *IEEE Computer Magazine*, vol. 47, no. 11, pp. 22–29, 2014.
48. T. Nadeau and P. Pan, "Software Driven Networks Problem Statement," *IETF Internet-Draft*, pp. 1–14, 2012.
49. D. Kreutz, F. M. V. Ramos, and P. Verissimo, "Towards secure and dependable software-defined networks," *Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Hot topics in software defined networking - HotSDN '13*, pp. 55–60, 2013.
50. H. Xie, T. Tsou, D. Lopez, R. Sidi, H. Yin, and P. A. Aranda, "Software-defined Networking Efforts Debuted at IETF 84," *IETF Journal*, vol. 8, no. October, pp. 12–16, 2012.
51. A. Dixit, F. Hao, and S. Mukherjee, "Towards an elastic distributed sdn controller," *Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Hot topics in software defined networking - HotSDN '13*, pp. 7–12, 2013.
52. A. Gelberger, N. Yemini, and R. Giladi, "Performance analysis of Software-Defined Networking (SDN)," *Proceedings - IEEE Computer Society's Annual International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunications Systems, MASCOTS*, pp. 389–393, 2013.
53. M. Jammal, T. Singh, A. Shami, R. Asal, and Y. Li, "Software defined networking: State of the art and research challenges," *Computer Networks*, vol. 72, pp. 74–98, 2014.
54. E. Haleplidis, K. Pentikousis, S. Denazis, J. Hadi Salim, D. Meyer, and O. Koufopavlou, "RFC 7426: Software-Defined Networking (SDN): Layers and Architecture Terminology," pp. 1–35, 2015.
55. J. Pettit, J. Gros, B. Pfaff, M. Casado, and S. Crosby, "Virtual Switching in an Era of Advanced Edges," in *2nd Workshop on Data Center - Converged and Virtual Ethernet Switching (DC CAVES)*, 2010, pp. 347–358.
56. Y. Li and G. Wang, "SDN-Based Switch Implementation on Network Processors," *Communications and Network*, vol. 5, no. September, pp. 434–437, 2013.
57. H. Kim and N. Feamster, "Improving network management with software defined networking," *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, no. 2, pp. 114–119, 2013.
58. N. Gude, T. Koponen, J. Pettit, B. Pfaff, M. Casado, N. McKeown, and S. Shenker, "NOX: towards an operating system for networks," *SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 38, no. 3, pp. 105–110, 2008.
59. D. Erickson, "The beacon openflow controller," in *Proceedings of the second workshop on Hot topics in software defined networks HotSDN '13*, 2013, pp. 13–18.
60. T. Koponen, M. Casado, N. Gude, J. Stribling, L. Poutievski, M. Zhu, R. Ramanathan, Y. Iwata, H. Inoue, T. Hama, and S. Shenker, "Onix: A distributed control platform for large-scale production networks," in *Proceedings of the 9th USENIX conference on Operating systems design and implementation OSDI'10*, 2010.
61. A. Tootoonchian and Y. Ganjali, "Hyperflow: a distributed control plane for openflow," in *Proceedings of the 2010 internet network management conference on Research on enterprise networking INM/WREN'10*, 2010.
62. N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, G. M. Parulkar, L. L. Peterson, J. Rexford, S. Shenker, J. S. Turner, and S. Louis, "OpenFlow: enabling innovation in campus networks," *Computer Communication Review*, vol. 38, no. 2, pp. 69–74, 2008.

63. M. Kobayashi, S. Seetharaman, G. Parulkar, G. Appenzeller, J. Little, J. Van Reijndam, P. Weissmann, and N. McKeown, "Maturing of OpenFlow and Software-defined Networking through deployments," *Computer Networks*, vol. 61, pp. 151–175, 2014.
64. M. H. Raza, S. C. Sivakumar, A. Nafarieh, and B. Robertson, "A comparison of software defined network (SDN) implementation strategies," *Procedia Computer Science*, vol. 32, pp. 1050–1055, 2014.
65. B. Pfaff and B. Davie, "RFC 7047: The Open vSwitch Database Management Protocol," pp. 1–35, 2013.
66. B. N. Astuto, M. Mendon, B. N. Astuto, M. Mendon, B. A. A. Nunes, M. Mendonca, X. Nguyen, K. Obraczka, and T. Turletti, "A Survey of Software-Defined Networking: Past, Present, and Future of Programmable Networks," 2014.
67. B. Pfaff, J. Pettit, T. Koponen, E. Jackson, A. Zhou, J. Rajahalme, J. Gross, A. Wang, J. Stringer, P. Shelar, K. Amidon, and M. Casado, "The Design and Implementation of Open vSwitch," in *12th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI '15)*, 2015, pp. 117–130.
68. D. Mattos, L. Ferraz, and O. Duarte, "AuthFlow: Authentication and Access Control Mechanism for Software Defined Networking," in *XXXII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos - SBRC'2014*, 2014.
69. W. Odom and M. J. Cavanaugh, *Cisco QOS Exam Certification Guide*. Cisco Press, 2004.
70. B. Lantz, B. Heller, and N. McKeown, "A network in a laptop: rapid prototyping for software-defined networks," in *Workshop on Hot Topics in Networks-Hotnets '10*, 2010, pp. 1–6.
71. B. Heller, "Reproducible Network Research with High-Fidelity Emulation (Ph.D Thesis)," Stanford University, 2013.
72. R. Tu, X. Wang, and Y. Yang, "Energy-saving model for SDN data centers," *The Journal of Supercomputing*, no. June, pp. 1477–1495, 2014.
73. S. Das, A. R. Sharafat, G. Parulkar, and N. McKeown, "MPLS with a Simple OPEN Control Plane," in *Optical Fiber Communication Conference and Exposition (OFC/NFOEC), 2011 and the National Fiber Optic Engineers Conference*, 2011, vol. 1, pp. 1–3.
74. F. Dürr, "Towards Cloud-assisted Software-defined Networking," *Technical Report 2012/04, Institute of Parallel and Distributed Systems, Universität Stuttgart*, p. 19, 2012.
75. M. Y. Luo and J. Y. Chen, "Software defined networking across distributed datacenters over cloud," *Proceedings of the International Conference on Cloud Computing Technology and Science, CloudCom*, vol. 1, pp. 615–622, 2013.
76. S. Baucke, R. Ben Ali, J. Kempf, R. Mishra, F. Ferioli, and A. Carossino, "Cloud Atlas: A Software Defined Networking Abstraction for Cloud to WAN Virtual Networking," 2013 *IEEE Sixth International Conference on Cloud Computing*, pp. 895–902, 2013.
77. S. M. Park, S. Ju, and J. Lee, "Efficient Routing for Traffic Offloading in Software-defined Network," *Procedia Computer Science*, vol. 34, pp. 674–679, 2014.
78. Y. J. Wu, J. X. Liang, H. Zhang, Z. W. Lin, Y. Ma, and Z. Tian, "Programmable virtual network instantiation in IaaS cloud based on SDN," *Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, vol. 20, no. August, pp. 121–125, 2013.
79. Y. Zhao, Y. Li, I. Raicu, S. Lu, W. Tian, and H. Liu, "Enabling scalable scientific workflow management in the Cloud," *Future Generation Computer Systems*, vol. 46, pp. 3–16, 2015.
80. A. M. Lund, "Measuring usability with the USE questionnaire," *STC Usability SIG Newsletter*, vol. 2, no. 8, 2001.

3. Полазне хипотезе

Главна хипотеза која ће бити тестирана у раду гласи:

Развојем и имплементацијом модела инфраструктуре за е-образовање који је заснован на примени софтверски дефинисаних мрежа, квалитативно се повећава ефикасност, поузданост, скалабилност и безбедност инфраструктуре система е-образовања. Флексибилно мрежно окружење представља основу за ефикасно увођење нових образовних садржаја и студентима омогућава да на брз и ефикасан начин усвоје нова знања чиме се побољшавају коначни резултати образовног процеса.

На основу дефинисаног предмета истраживања може се издвојити неколико посебних хипотеза:

- X0.1. Могуће је развити систем ефикасне, поуздане, скалабилне и безбедне инфраструктуре за е-образовање, који је заснован на примени софтверски дефинисаних мрежа у *cloud* инфраструктури.
- X0.2. Систем инфраструктуре за е-образовање реализован на примени концепта софтверски дефинисаних мрежа у *cloud* инфраструктури доприноси побољшању квалитета образовног процеса.

Даљим прецизирањем наведених посебних хипотеза, формулишу се поједини елементи који су предмет истраживања:

- X0.1.1. Применом концепта софтверски дефинисаних мрежа и *cloud computing*-а могуће је реализовати инфраструктуру за е-образовање, која је прилагођена потребама студената и наставног особља.
- X0.1.2. Инфраструктуру за е-образовање засновану на софтверски дефинисаним мрежама могуће је интегрисати са постојећим системима за управљање електронским учењем, као што је *Moodle*.
- X0.1.3. Применом концепта софтверски дефинисаних мрежа у *cloud* окружењу могуће је обезбедити већи квалитет образовних сервиса него у случају традиционалне инфраструктуре.
- X0.1.4. Перформансе инфраструктуре засноване на софтверски дефинисаним мрежама задовољавају захтеве у погледу поузданости, скалабилности и безбедности.
- X0.2.1. Могуће је реализовати евалуацију модела *cloud* инфраструктуре заснованог на концепту софтверски дефинисаних мрежа.
- X0.2.2. Студенти остварују боље резултате приликом евалуације савладаног градива када користе *cloud* инфраструктуру за е-образовање засновану на концепту софтверски дефинисаних мрежа.
- X0.2.3. Образовни процес у оквиру ИТ инфраструктуре за е-образовање засноване на софтверски дефинисаним мрежама позитивно утиче на мотивацију и интересовање студената за учење нових информационо-комуникационих технологија.

4. Научне методе истраживања

Теоријски део истраживања реализоваће се прикупљањем и анализирањем актуелне стране и домаће литературе еминентних стручњака из области која је предмет истраживања. За преглед научне области користиће се Кобсон сервиси, IEEE и EBSCO базе података.

Приликом израде овог рада, од општих научних метода користиће се методе прикупљања и анализе научних резултата, моделирање, аналитичко-дедуктивна и статистичка метода. Моделирање се користи приликом израде модела *cloud* инфраструктуре за е-образовање заснованог на софтверски дефинисаним мрежама. Аналитичко-дедуктивне методе користиће се за вршење анализе података о постојећим решењима, о технологијама за развој и имплементацију предложеног модела инфраструктуре, као и о учесницима у процесу е-образовања током експеримента. Мерење релевантних параметара и анализа добијених резултата ће бити обављени помоћу стандардних статистичких метода.

У експерименталном делу ће бити извршена евалуација развијеног модела инфраструктуре за е-образовање заснованог на софтверски дефинисаним мрежама у Лабораторији за електронско пословање на Факултету организационих наука у Београду. У *cloud* инфраструктуру, реализовану применом *Open Stack*-а, биће интегрисан концепт софтверски дефинисаних мрежа коришћењем *Open Daylight* решења. Евалуација ће бити извршена са техничко-технолошког и образовног аспекта. Добијени резултати експеримента треба да потврде главну хипотезу о побољшању квалитета и ефикасности система за е-образовање.

Резултати истраживања биће презентовани текстуално, описивањем и приказани кроз више табела, слика и дијаграма са упоредном анализом. Истраживање ће бити интердисциплинарно, јер укључује научне дисциплине: методологију, рачунарство, информатику, статистику, педагогију и друге.

5. Очекивани научни допринос

Најзначајнији допринос докторске дисертације је развој модела инфраструктуре за е-образовање заснованог на софтверски дефинисаним мрежама за примену у академски мрежама. Финални резултат истраживања биће имплементирана образовна инфраструктура на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду.

Кључни научни допринос овог рада огледа се у:

- Формалном опису модела инфраструктуре за е-образовање засноване на софтверски дефинисаним мрежама.
- Развоју модела архитектуре система е-образовања заснованог на софтверски дефинисаним мрежама.
- Развоју методологије пројектовања инфраструктуре за е-образовање засноване на софтверски дефинисаним мрежама.
- Развоју методологије миграције са традиционалне архитектуре на архитектуру засновану на софтверски дефинисаним мрежама у академском окружењу.
- Развоју модела интеграције инфраструктурних сервиса у *cloud* инфраструктуру засновану на софтверски дефинисаним мрежама.
- Развоју модела интеграције образовних сервиса у *cloud* инфраструктуру засновану на софтверски дефинисаним мрежама.
- Развоју метода за оцену техничких и образовних перформанси развијеног модела.

Истраживања у оквиру овог приступног рада резултоваће и низом стручних доприноса од којих су најважнији:

- Анализа примене концепта софтверски дефинисаних мрежа у е-образовању.
- Преглед и анализа технологија потребних за имплементацију модела инфраструктуре за е-образовање заснованог на софтверски дефинисаним мрежама у *cloud computing* окружењу.
- Анализа софтверске и хардверске инфраструктуре неопходне за имплементацију предложене мрежне инфраструктуре.
- Могућности интеграције инфраструктуре за е-образовање са *Moodle* системом за управљање учењем.

Истраживање проблематике увођење концепта и технологија софтверски дефинисаних мрежа у систем е-образовања, са становишта друштвене корисности може имати вишеструке импликације:

- Резултати истраживања треба да помогну у анализи могућности даљег развоја и примене модела *cloud* инфраструктуре за е-образовање заснованог на софтверски дефинисаним мрежама.
- Резултате истраживања могу користити и друге образовне институције заинтересоване за развој и прилагођавање наставних активности имплементацијом софтверски дефинисаних мрежа.
- Резултати истраживања ће допринети да се прецизније одреде потребни временски, материјални и људски ресурси за успешну имплементацију *cloud* инфраструктуре за е-образовање засноване на софтверски дефинисаним мрежама.
- Резултати истраживања помоћи ће у прилагођавању образовног процеса у области рачунарства и информационих технологија где је примена нових технологија од посебног значаја.

С обзиром на актуелност теме и чињеницу да велики број образовних институција организује образовни процес преко Интернета, могућности примене резултата истраживања су велике. Архитектура развијене инфраструктуре ће омогућити имплементацију прилагодљивих, флексибилних, интегрисаних и безбедних сервиса за е-образовање.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања докторске дисертације приказан је у следећој табели:

	ФАЗА	ЗАДАТАК	МЕТОДЕ, ТЕХНИКЕ, СТАНДАРДИ
1.	Анализа постојећег стања и досадашњих резултата истраживања	- Прикупљање информација у циљу анализе постојећег стања и досадашњих резултата имплементације софтверски дефинисаних мрежа у е-образовању - Систематизација и анализа постојећих модела који дају решење за мрежну инфраструктуру у е-образовању	- Претраживање научне литературе - Претраживање база података - Претраживање стручне литературе - Претраживање и анализа релевантних стандарда - Претраживање Интернет ресурса - Студије случаја
2.	Моделирање инфраструктуре за е-образовање засноване на софтверски дефинисаним мрежама	- Моделирање архитектуре система - Моделирање инфраструктуре - Пројектовање хардверских компонената система - Пројектовање софтверских компонената система - Моделирање интеграције инфраструктуре са сервисима за е-образовање	- Методе пројектовања процеса - Методе пројектовања инфраструктуре за е-образовање - Методе пројектовања <i>cloud computing</i> инфраструктуре - Методе пројектовања софтверски дефинисаних мрежа

3.	Постављање хардверско - софтверске инфраструктуре	- Постављање и конфигурација <i>cloud computing</i> инфраструктуре - Постављање и конфигурација инфраструктуре засноване на концепту софтверски дефинисаних мрежа - Интеграција са системом за управљање учењем - Тестирање креиране инфраструктуре	- <i>Open Stack</i> - <i>Open vSwitch</i> - <i>Open Daylight</i> - <i>Open Flow</i> - <i>Mikrotik</i> - <i>Moodle</i>
4.	Примена модела	- Тестирање и имплементација развијене методологије и модела - Анализа резултата примене и корективне мере	- Верификација и валидација - Статистичке методе - Компаративна анализа
5.	Закључак	- Анализа предложеног решења - Предлог будућег истраживања	- Анализа - Синтеза

Оквирно, структуру докторске дисертације, сачињавало би 8 (осам) следећих поглавља:

1. Увод

- Дефинисање предмета истраживања
- Циљеви истраживања
- Полазне хипотезе
- Методологија истраживања
- Структура и организација рада

2. Анализа постојећих решења

- Појам и дефиниција ИТ инфраструктуре
- *Cloud computing* инфраструктура
- Традиционалне рачунарске мреже и разлози за увођење софтверски дефинисаних мрежа

3. Софтверски дефинисане мреже

- Појам и дефиниција софтверски дефинисаних мрежа
- Архитектура софтверски дефинисаних мрежа
- Протоколи у софтверски дефинисаним мрежама
- Модели реализације софтверски дефинисаних мрежа
- Безбедност у софтверски дефинисаним мрежама
- Квалитет сервиса у софтверски дефинисаним мрежама
- Емулација софтверски дефинисаних мрежа
- Примена софтверски дефинисаних мрежа

4. Развој модела инфраструктуре за е-образовање заснованог на софтверски дефинисаним мрежама

- Анализа постојећих модела
- Моделирање инфраструктуре система за е-образовање
- Моделирање сервиса за е-образовање
- Моделирање процеса коришћења инфраструктуре за е-образовање
- Моделирање праћења перформанси и надзора инфраструктуре за е-образовање
- Интеграција компоненти инфраструктуре за е-образовање
- Моделирање евалуације инфраструктуре за е-образовање

5. Имплементација и примена развијеног модела

- Пројектни захтеви
- Пројектовање и имплементација решења
- Анализа постигнутих резултата

6. Научни и стручни доприноси
7. Будућа истраживања
8. Закључак

7. Закључак и предлог

Из изложеног се може закључити да кандидат Јелена Шух, дипл. инж. испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању за одобрење израде докторске дисертације под насловом "Инфраструктура за е-образовање заснована на софтверски дефинисаним мрежама".

Јелена Шух поседује неопходна знања из области рачунарских мрежа, софтверски дефинисаних мрежа и информационих технологија, као и капацитет да успешно ради на докторској дисертацији.

Тема припада ужој научној области Електронско пословање, мултидисциплинарна је и актуелна. Добијени резултати могу имати широку практичну примену у високошколском образовању.

На основу свега наведеног, комисија предлаже Наставно-научном већу да прихвати предложену тему и одобри израду пријављене докторске дисертације.

За ментора докторске дисертације предлаже се др Живко Бојовић, доцент Факултета организационих наука, Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

др Живко Бојовић, доцент,
Факултет организационих наука,
Универзитета у Београду,

др Божидар Раденковић, редовни професор,
Факултет организационих наука,
Универзитета у Београду,

др Милорад Станојевић, редовни професор,
Саобраћајни факултет,
Универзитета у Београду,

Београд, 23.09.2015.