

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Љубинка Кевца, дипломираног инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5078/11-1 од 11.07.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Љубинка Кевца, дипломираног инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Моделовање и управљање кабловски вођеним роботским системима“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Љубинко Кевац, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, рођен је 26.05.1987. године у Кључу, Босна и Херцеговина, од оца Бранка и мајке Љубице. Основну школу је започео у Кључу, али ју је завршио у Бијељини. У Бијељини је завршио и средњу техничку школу. У току школовања је учествовао на неколико такмичења из разних области природних и друштвених наука.

Електротехнички факултет у Београду уписао је школске 2006/2007 године. Дипломирао је 2010. године са просечном оценом 8,68 током студија и оценом 10 на дипломском раду под насловом „Моделирање и симулација МЕМС сензора притиска“ и менторством проф. др Србијанке Турајлић. Дипломски рад је био резултат истраживачких активности током тромесечне праксе у Индији, у Институту за технологије у Манипалу. Школске 2010/2011 године уписао је мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду и завршио их 2011. године са просечном оценом 9,67 и оценом 10 на мастер раду „Анализа метода за вођење мобилних возила и избегавање препрека“, под менторством проф. др Жељка Ђуровића.

Исте 2011. године почео је да сарађује са колегама из Центра за роботiku Института Михајло Пупин у Београду. Почетком априла 2012. године заснива радни однос са Иновационим центром Електротехничког факултета у Београду, где је запослен и данас.

Област научног истраживања кандидата обухвата анализу, синтезу и моделирање кабловски вођених роботских система (енг. Cable-suspended Parallel Robots – CPR systems). Кандидат је објавио 30 радова у научним часописима и на научним скуповима из области роботике и управљања, од којих је 18 везано за тему докторске дисертације.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Љубинко Кевац је школске 2011/2012. године уписао докторске студије на Електротехничком факултету у Београду на изборном подручју Управљање системима и обрада сигнала. Током докторских студија положио је све планом предвиђене испите и испунио обавезе и то:

Рд. бр.	Назив испита	Оцена	ЕСПБ
1	Класификација и естимација сигнала	10	9
2	Теорија роботских система	10	9
3	Наменске сензорске мреже	10	9
4	Аутоматско вођење објеката у простору	10	9
5	Аутономни роботски системи без људске посаде	10	9
6	Линеарне и нелинеарне методе анализе сигнала	10	9
7	Оптимални и адаптивни стохастички системи	10	9
8	Технике обраде и препознавања говорног сигнала	10	9
9	Енглески језик	10	6
10	Специјални роботски системи	8	9
	Назив обавезе		
1	Студијски истраживачки рад I		15
2	Студијски истраживачки рад II		15
3	Научно стручни рад		3

Кандидат је објавио већи број радова и они су, у складу са нормативима Министарства просвете и науке Србије, наведени у следећим групама:

Категорија M21

- M21.1. M. Filipović, A. Djurić, **Lj. Kevac**, „The significance of adopted Lagrange principle of virtual work used for modeling aerial robots“, *Applied Mathematical Modelling*, ISSN 0307-904X, vol. 39, no. 7, pp. 1804-1822, Apr. 2015, doi: 10.1016/j.apm.2014.09.019, IF=2.158

Категорија M23

- M23.1. M. Filipović, A. Djurić, **Lj. Kevac**, „The rigid S-type cable-suspended parallel robot design, modelling and analysis“, *Robotica*, ISSN 0263-5747, vol. 34, no. 9, pp. 1948-1960, Sep. 2016, doi:10.1017/S0263574714002677, IF=0.824

Категорија M33

- M33.1. **Lj. Kevac**, M. Filipović, "Trajectory tracking algorithm for elastic robotic mechanism," *2012 IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*, Subotica, Sep. 2012, pp. 221-225, doi: 10.1109/SISY.2012.6339519
- M33.2. M. Filipović, **Lj. Kevac**, B. Reljin, "Comparative analysis of two configurations of aerial robot," *2012 IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*, Subotica, 2012, pp. 211-216, doi: 10.1109/SISY.2012.6339516
- M33.3. M. Filipović, A. Djurić, **Lj. Kevac**, "Contribution to the modeling of cable-suspended parallel robot hanged on the four points," *2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Vilamoura, 2012, pp. 3526-3531, doi: 10.1109/IROS.2012.6385507
- M33.4. M. Filipović, **Lj. Kevac**, A. Djurić, "Future directions for implementation of aerial robot," *Electronics and Telecommunications (ISETC)*, *2012 10th International Symposium on*, Timisoara, Nov. 2012, pp. 91-94, doi: 10.1109/ISETC.2012.6408108

- M33.5. **Lj. Kevac**, S. Mitrović, Ž Đurović, A. Rodić, "Mobile robot control based on principles of Electrostatics," *Electronics and Telecommunications (ISETC)*, 2012 10th International Symposium on, Timisoara, Nov. 2012, pp. 87-90, doi: 10.1109/ISETC.2012.6408105
- M33.6. M. Filipović, A. Djurić, **Lj. Kevac**, "The mathematical model of aerial robot in purpose increasing of its autonomy," *Telecommunications Forum (TELFOR)*, 2012 20th, Belgrade, Nov. 2012, pp. 1575-1578, doi: 10.1109/TELFOR.2012.6419523
- M33.7. M. D. Strbac, **Lj. B. Kevac**, I. T. Popović, N. S. Jovičić, "Wireless camera network system: Test of concept," *Telecommunications Forum (TELFOR)*, 2012 20th, Belgrade, Nov. 2012, pp. 1001-1004, doi: 10.1109/TELFOR.2012.6419379
- M33.8. M. Filipovic, **Lj. Kevac**, A. Djuric, M. Vujovic, „The importance of the development and application areas of different structures of Cable-suspended Parallel Robot – CPR systems,“ Proceedings of 2st International Conference IcETRAN Conference, Silver Lake, Serbia, June 8 – 11, 2015, ROI3.6.
- M33.9. **Lj. Kevac**, S. Ćirić, M. Jovanović, A. Rodić, „REMOTE CONTROL AND DATA ACQUISITION OF ROBOTIC MECHANISMS,“ Proceedings of 2nd International Conference IcETRAN Conference, Silver Lake, Serbia, June 8 – 11, 2015, ROI1.6.
- M33.10. **Lj. Kevac**, M. Filipovic, „ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF CPR SYSTEM WITH CHANGEABLE MASSES OF WINCHES AND ROPES,“ Proceedings of 5th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Arandjelovac, Serbia, June 15-17, 2015, M2b
- M33.11. **Lj. Kevac**, A. Đurić, M. Filipović, „Relation between Cable-suspended Parallel Robot and classic robotic structure“, 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, 4-7th June, 2013, Vrnjačka Banja, Serbia, pp. 955-960. ISBN 978-86-909973-5-0. online: <http://www.ssm.org.rs>
- M33.12. Đurić, M. Filipović, **Lj. Kevac**, „Graphical Representation of the Significant 6R KUKA Robots Spaces,“ SISY 2013, IEEE 11th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, September 26-28, 2013, Subotica, Serbia, pp. 221-226, ISBN 978-1-4799-0305-4/13/\$31, online: <http://conf.uni-obuda.hu/sisy2013>
- M33.13. **Lj. Kevac**, A. Rodic, M. Filipovic, „Control of two-axis solar tracker for increasing the autonomy of mobile robot“, Second International Conference on Renewable Electrical Power Sources, Oct 16-18, 2013, Belgrade, Serbia. ISBN 978-86-81505-68-7.
- M33.14. A. Djuric, J. Urbanic, M. Filipovic, **Lj. Kevac**, „Effective Work Region Visualization for Serial 6 DOF Robots“, CARV 2013 – 5th International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production, Oct 6-9, 2013, Munich, Germany, pp. 207-212, doi: 10.1007/978-3-319-02054-9_36.
- M33.15. A. Djuric, M. Filipovic, **Lj. Kevac**, J. Urbanic, „Singularity Analysis for a 6 DOF Family of Robots“, CARV 2013 – 5th International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production, Oct 6-9, 2013, Munich, Germany, pp. 201-206, doi: 10.1007/978-3-319-02054-9_36.
- M33.16. M. Filipovic, A. Djuric, **Lj. Kevac**, „Complexity of the elastic S-type Cable-suspended Parallel Robot,“ Proceedings of 1st International Conference IcETRAN Conference, Vrnjacka Banja, Serbia, June 2 – 5, 2014, ROI3.3, ISBN 978-86-80509-70-9, online: <http://etran.etf.rs/>
- M33.17. **Lj. Kevac**, M. Filipovic, A. Djuric, „The comparison between the real and the scaled model of the CPR system,“ Proceedings of 1st International Conference IcETRAN Conference, Vrnjacka Banja, Serbia, June 2 – 5, 2014, ROI3.3, ISBN 978-86-80509-70-9, online: <http://etran.etf.rs/>

- M33.18. **Lj. Kevac**, M. Filipovic, A. Djuric, "The dynamic response analysis of a 2-DOF robotic mechanism for a complex trajectory" International Symposium on Stability, Vibration, and Control of Machines and Structures, SVCS2014, July 3–5, 2014, pp. 270-284, Belgrade, Serbia, ISBN 978-80-8075-655-0
- M33.19. M. Filipovic, A. Djuric, **Lj. Kevac**, "The choice of generalized coordinates for elastic robotic systems (industrial, humanoid and CPR)," International Symposium on Stability, Vibration, and Control of Machines and Structures, SVCS2014, July 3–5, 2014, pp. 249-269, Belgrade, Serbia, ISBN 978-80-8075-655-0
- M33.20. **Lj. Kevac**, M. Filipovic, A. Djuric, "The complex motion of Cable-suspended parallel robot under the influence of the disturbance", ENOC 2014, July 6 – 11, 2014, Vienna, Austria, ISBN 978-3-200-03433-4
- M33.21. M. Filipović, A. Djuric, **Lj. Kevac**, Željko Despotović, "The elastic F-type Cable-suspended Parallel Robot in the service of parents", International Workshop and Summer School on Medical and Service Robotics, July 10 – 12, 2014, EPFL Lausanne, Switzerland

Katerepnja M34

- M34.1. **Lj. Kevac**, M. Filipović, "Precise trajectory tracking of robotic mechanism", Symposium Non-linear Dynamics with Multi and Interdisciplinary Applications (SNDMIA 2012), Belgrade, Serbian Scientific Society, 01-05 October 2012. Booklet of Abstracts, Symposium Venue at Mathematical Institute SANU (Eight Serbian Symposium in area of Non-linear Sciences). online: <http://afrodita.rcub.bg.ac.rs/~nds/209-Booklet%20of%20Abstracts%20%20Nonlinear%20Dynamics%20PR%20ON144002.pdf>

Katerepnja M51

- M51.1. M. Filipovic, A. Djuric, **Lj. Kevac**, "The methodology for developing the kinematic model of selected CPR-A system as a necessity for the development of a dynamic model", *Journal of Applied Engineering Science*, ISSN 1451-4117, vol. 53, no. 4, pp. 191-200, 2013, doi: 10.5937/jaes11-4581

Katerepnja M53

- M53.1. A. Djuric, V. Jovanovic, M. Filipovic, **Lj. Kevac**, „The reconfigurable machinery efficient workspace analysis based on the twist angles," *Int. J. Comput. Appl. Technol.*, ISSN 0952-8091, vol. 53, no. 2, pp. 201-211, Jan. 2016, doi: 10.1504/IJCAT.2016.074460

Katerepnja M63

- M63.1. **Lj. Kevac**, M. Filipovic, "Application of FUZZY logic controller to the control of robotic mechanism", Proceedings of 56th ETRAN Conference, Zlatibor, June 11-14, 2012, RO1.7, ISBN 978-86-80509-67-9, online: <http://etran.etf.rs/>
- M63.2. M. Filipović, **L. Kevac**, „The Importance of procedure of form a mathematical model of aerial robot," HIPNEM 2012, KGH, Belgrade, October 18 2012. ISBN 978-86-81505-64-9, online: <http://www.smeits.rs>
- M63.3. **Lj. Kevac**, M. Filipović, „Aplication of fuzzy logic controller to the control of robotic mechanism with 6 DOF," HIPNEM 2012, KGH, Belgrade, October 18 2012. ISBN 978-86-81505-64-9, online: <http://www.smeits.rs>
- M63.4. **Lj. Kevac**, M. Filipović, A. Đurić, I. Kršenković, "Analysis of influence of the motor choice on trajectory tracking of Cable-suspended Parallel Robot", Proceedings of 56th ETRAN Conference, Zlatibor, June 03-06, 2013, RO2.5, ISBN 978-86-80509-68-6, online: <http://etran.etf.rs/>.
- M63.5. M. Filipović, **Lj. Kevac**, A. Đurić, "Synthesis and analysis of two configurations of Cable suspended Parallel Robot", Proceedings of 56th ETRAN Conference, Zlatibor, June 03-06, 2013, RO2.4, ISBN 978-86-80509-68-6, online: <http://etran.etf.rs/>

Љубинко Кевац учествује и у реализацији једног пројекта:

1. Dinamika hibridnih sistema složenih struktura, Ministarstvo nauke, prosvete i tehnološkog razvoja Republike Srbije, OI-174001, 2012-2015.

Кандидат је 15.07.2016. године на Електротехничком факултету у Београду јавно усмено бранио предложену тему докторске дисертације пред комисијом у саставу:

1. др Жељко Ђуровић, ред. проф., Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
2. др Мирјана Филиповић, виши научни сарадник, Институт Михајло Пупин,
3. др Предраг Маринковић, ред. проф., Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,

где је комисија закључила да је кандидат добио оцену **задовољно** и да испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу свих претходно приказаних резултата кандидата, комисија констатује да је Љубинко Кевац:

- положио све планом предвиђене испите и извршио све обавезе, чиме је сакупио 120 ЕСП бодова,
- јавно 15.07.2016. год. одбранио тему докторске дисертације, пред комисијом формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду,
- публиковао 30 радова у научним часописима и научним конференцијама, од чега 18 припада области истраживања предложене теме, чиме је приказао квалifikације за научни рад и афинитет према теми.

Стога Комисија сматра да Љубинко Кевац задовољава све услове за рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Кабловски вођени роботски системи, CPR системи (енг. Cable-suspended Parallel Robots), су сложени сервисни роботски системи. Први концепти CPR система су се појавили током осамдесетих година прошлог века у САД и Јапану и то у виду кранова и паралелних манипулатора [2.1], [2.2]. Постоји велики број научно-истраживачких радова и извештаја из области анализе и примене CPR система. Могуће области примене CPR система су:

- надгледање и снимање радног простора за различите намене: обезбеђење и надгледање радног простора,
- снимање и праћење масовних спортских (фудбалских, хокејашких, тениских ...) и културних манифестација,
- надзор и помоћ старим и хендикепираним особама,
- безбедносне, полицијске и војне намене, итд.

Постоји низ лабораторијских реализација CPR система које тек треба да нађу своју комерцијалну употребу. Једна од примена оваквих система је снимање и надгледање спортских догађаја. Овакви системи за сада нису тржишно доступни, већ се могу изнајмљивати за време трајања манифестације. То указује на чињеницу да CPR системи нису развијену на нивоу комерцијалне употребе. Разлог томе је чињеница да многи подсистеми и феномени који карактеришу CPR системе нису анализирани и моделовани кроз научно-

истраживачке радове. Ови проблеми и данас представљају велики изазов за истраживаче и научнике широм света.

CPR систем је сложен мехатронички систем и заснива се на развоју, а и подстиче развој свих ужих техничких области, и као изразито мултидисциплинарни систем интегрише области: механике, машинских конструкција, роботике, актуаторских система различитих типова, мерења и сензора, електронике, рачунара, алгоритама управљања и њихових софтверских реализација, итд.

Због сложености сваког појединачног CPR система до сада није развијена процедура за дефинисање генералне форме софтверског пакета која би могла аутоматски да формира математички модел било ког типа CPR система. С обзиром на ту чињеницу било који нови тип CPR система мора да се моделује ручно. Исто тако, ручно се формира и синтетизује софтверски пакет.

Први задатак истраживања је да се изврши детаљна анализа постојеће литературе која се бави CPR системима. Анализираће се радови [2.1]-[2.10] који се односе на: процедуре дефинисања кинематичког и динамичког модела различитих CPR система; расподеле сила у ужадима; управљање; анализа радног простора; планирање трајекторије кретања носача терета CPR система; дефинисање радног (сингуларног) простора итд.

Циљеви истраживања су:

- постављање методолошких принципа за развој кинематичког и динамичког модела различитих CPR система;
- моделовање различитих нових варијанти решења подсистема CPR система, као што су: подсистем за ношење терета (алата), подсистем за намотавање (одмотавање) каблова и сл., и анализа њиховог утицаја на кинематички и динамички модел сложеног CPR система;
- генерисање сложених трајекторија кретања носача терета (алата) у радном простору CPR система;
- генерисање процедуре за избор адекватних подсистема мотор-редуктор-чекрк;
- анализа радног простора CPR система;
- укључивање и развој различитих управљачких структура на локалном и глобалном нивоу.

- [2.1] J. Albus, R. Bostelman, N. Dagalakakis, „The NIST robocrane”, *J. Robot. Syst.* 10(5), 709–724, 1993.
- [2.2] S. Kawamura, W.S. Tanaka, S.R. Pandian, “Development of an ultrahigh speed robot falcon using wire drive system”, *In: IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 1764–1850, 1995.
- [2.3] B.Y.Duan, “A new design project of the line feed structure for large spherical radio telescope and its nonlinear dynamic analysis”, *Mechatronics*, vol. 9, pp. 53-64, 1998.
- [2.4] W-J. Shiang, D. Cannon, J. Gorman, “Optimal Force Distribution Applied to a Robotic Crane with Flexible Cables”, *Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Robotics & Automation, San Francisco, Ca*, pp. 1948-1954, April 2000.
- [2.5] X. Y. Su, B. Y. Duan, “The Application of the Stewart Platform in Large Spherical Radio Telescopes”, *Journal of Robotic Systems by John Wiley & Sons*, 17(7), pp. 375-383, 2000.
- [2.6] X. Y. Su, B. Y. Duan, “The mathematical design and kinematics accuracy analysis of a fine tuning stable platform for the large spherical radio telescope”, *Mechatronics*, vol. 10, pp. 819-834, 2000.
- [2.7] K. Kozak, Q. Zhou, J. Wang, “Static Analysis of Cable-Driven Manipulators With Non-Negligible Cable Mass”, *IEEE Transaction on Robotics*, Vol. 22, No 2, pp. 425-433, June 2006.

- [2.8] M. Hiller and S. Q. Fang, "Design, analysis and realization of tendon-base parallel manipulators", *Mech. Mach. Theory*, Vol. 40, pp. 429-445, 2005.
- [2.9] R. Yao, X. Tang, J. Wang, P. Huang, "Dimensional Optimization Design of the Four-Cable Driven Parallel Manipulator in FAST", *IEEE/ASME Transaction on Mechatronics*, vol. 15, No 6, pp. 932-941, 2010.
- [2.10] T. Bruckmann, A. Pott, *Cable-Driven Parallel Robots, Mechanisms and Machine Science Volume 12*, Springer, 2013.

3. Полазне хипотезе

У истраживању се полази од хипотезе да је могуће анализирати, пројектовати и реализовати CPR системе високе аутономије применом признатих научно-технолошких процедура. У складу са наведеним циљевима истраживања, потребно је проверити појединачне претпоставке:

- могу се развити кинематички и динамички модели различитих CPR система и њихових подсистема на основу [3.1]-[3.5], који су довољне комплексности за пројектовање адекватних система управљања и симулациону верификацију резултата;
 - могу се развити системи управљања на локалном и глобалном нивоу, који задовољавају високе перформансе у позиционирању и кретања система базирано на радовима [3.6]-[3.9];
 - могу се развити ефикасни алгоритми за аутоматско генерисање сложених трајекторија кретања носача терета (алата) у радном простору CPR система засновано на радовима [3.10]-[3.16].
- [3.1] Q. Duan, V. Vashista, S. K. Agrawal, „Effect on wrench-feasible workspace of cable-driven parallel robots by adding springs“, *Mechanism and Machine Theory* 86, pp. 201–210, 2015.
 - [3.2] L. Gagliardini, S. Caro, M. Gouttefarde, "Dimensioning Of Cable-Driven Parallel Robot Actuators, Gearboxes And Winches According To The Twist Feasible Workspace“, *2015 Ieee International Conference On Automation Science And Engineering (Case)*, Gothenburg, Sweden, 24 - 28 Aug, pp. 99-105, 2015.
 - [3.3] C. Gosselin, M. Grenier, "On the determination of the force distribution in overconstrained cable-driven parallel mechanisms", *Meccanica, An International Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, Springer, 46 (1) 3-15, 2011.
 - [3.4] J. P. Merlet, MARIONET, "A Family of Modular Wire-Driven Parallel Robots", *Advances in Robot Kinematics: Motion in Man and Machine*, Part 1, pp. 53-61, 2010.
 - [3.5] A. Pott, "Forward Kinematics and Workspace Determination of a Wire Robot for Industrial Applications", *Advances in Robot Kinematics: Analysis and Design*, Part 7, pp. 451-458, 2008.
 - [3.6] B. Zi, B.Y.Duan, J. L. Du, H.Bao, "Dynamic modeling and active control of a cable-suspended parallel robot", *Mechatronics*, vol. 18, pp. 1-12, 2008.
 - [3.7] S. Fang, D. Franitza, M. Torlo, F. Bekes, M. Hiller, "Motion control of a tendon-based parallel manipulator using optimal tension distribution", *IEEE/ASME Trans. Mechatron.* 9(3) 561-568, 2004.
 - [3.8] P.H. Borgstrom, N. Peter. Borgstrom, M. J. Stealey, B. Jordan, G. Sukhatme, M. A. Batalin, W. J. Kaiser, "Discrete Trajectory Control Algorithms for NIMS3D, an Autonomous Underconstrained Three-Dimensional Cabled Robot", *Proceedings of the 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, San Diego, CA, USA, Oct 29 - Nov 2, 2007.

- [3.9] S-R. Oh and S. K. Agrawal, "A Reference Governor-Based Controller for a Cable Robot Under Input Constraints", *IEEE Transaction on Control Systems Technology*, 13(4) 639-645, July 2005.
- [3.10] S. Behzadipour, A. Khajepour: Time-optimal trajectory planning in cable-based manipulators. *IEEE Trans. Robot.* 22(3), 559–563, 2006.
- [3.11] A. Gasparetto, V. Zanutto, „A technique for time-jerk optimal planning of robot trajectories. Robot”, *Comput. Integr. Manuf.* 24, 415–426, 2008.
- [3.12] A. Capua, A. Shapiro, S. Shoal, "Motion Planning Algorithm for a Mobile Robot Suspended by Seven Cables", *2010 IEEE Conference on Robotics Automation and Mechatronics (RAM)*, DOI: 10.1109/RAMECH.2010.5513143.
- [3.13] M. Manubens, D. Devaurs, L. Ros, J. Cortes, "A motion planning approach to 6-D manipulation with aerial towed-cable systems", *International Micro Air Vehicle Conference and Flight Competition (IMAV2013)*, Toulouse, France, 17-20 September 2013.
- [3.14] H. Fqihi, M. Saad, K. Benjelloun, M. Benbrahim, M. Nabil Kabbaj, "Tracking Trajectory of a Cable-Driven Robot for Lower Limb Rehabilitation", *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering*, Vol:10, No:8, 2016.
- [3.15] H. Merabti, B. Bouchemal, K. Boucherma, K. Belarbi, "Trajectory tracking and obstacle avoidance for cable driven robot by Nonlinear Model Predictive Control", *15th international conference on Sciences and Techniques of Automatic control & computer engineering - STA'2014*, Hammamet, Tunisia, December 21-23, 2014.
- [3.16] P. Tempel, F. Schnelle, A. Pott, P. Eberhard, "Design and Programming for Cable-Driven Parallel Robots in the German Pavilion at the EXPO 2015", *Machines*, DOI: 10.3390/machines3030223, 2015.

4. Научне методе истраживања

Методологија која ће бити примењена приликом израде докторске дисертације је систематизовано прикупљање и преглед постојећих научних резултата и достигнућа из области CPR система. Након детаљне анализе и проучавања литературе, следи препознавање решења која могу бити употребљена у даљем унапређењу развоја, моделовања и управљања CPR системима.

Иновирањем постојећих решења и процедура, генерисаће се оригинална нова решења у области развоја CPR система. Ова решења обухватају: генерисање нових структура CPR система и њихових подсистема као сложених целина, на основу чега ће се дефинисати геометријске везе, што је предуслов за дефинисање кинематичког и динамичког модела, те примену различитих управљачких структура, ради повећања аутономности и бољег извршавања дефинисаних задатака CPR система. Такође, биће генерисане процедуре за избор одговарајућих подсистема мотор-редуктор-чекрк. Ове процедуре ће бити засноване на елементарним принципима геометрије, кинематике, динамике, роботике и интуитивних и оригиналних решења присутних феномена.

С обзиром на сложеност CPR система и амбициозни захтев да његово понашање не зависи од оператера, тј. да се оствари висок ниво аутономности система, неопходно је у разматрање укључити и друге области истраживања као што су: механика, теорија управљања, вештачка интелигенција, мерење и обрада сигнала, електроника.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни доприноси ове докторске дисертације су:

- систематизација, преглед и анализа кинематичких и динамичких карактеристика постојећих решења CPR система, као и придружених закона управљања,
- дефинисање нових структура CPR система и њихових подсистема,
- формирање оригиналних решења кинематичког и динамичког модела различитих структура CPR система и нових софтверских пакета за симулацију и валидацију математичких модела,
- анализа и синтеза радног простора CPR система,
- развој адекватних структура система управљања и метода за подешавање њихових параметара у циљу аутономне контроле кретања CPR система,
- доследна анализа, моделовање и компензација утицаја намотавања ужади (ефективна промена њихове масе током рада система) на динамички одзив CPR система,
- дефинисање оригиналне методе за генерисање трајекторије носача терета (алата) CPR система у тродимензионалном простору у циљу остваривања аутономије у кретању система.

Очекивани допринос у смислу унапређења инжењерске праксе огледао би се у могућности примене резултата истраживања у смеру употребе генерисаних програмских пакета за аутоматизацију процеса пројектовања CPR система; избора адекватних компоненти, прорачуна енергетских ресурса, ефикасности и других параметара система.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање ће се спровести у складу са следећим планом:

1. Спровести детаљну анализу и систематизацију постојеће литературе из области CPR система и установити стање решености појединих проблема из ове области.
2. Препознати логично осмишљене структуре CPR система и на тим основама развити нове.
3. Спровести геометријску анализу, кинематичко и динамичко моделовање различитих структура CPR система у целини и њихових делова.
4. Моделовати и планирати кретање носача терета (алата) у реалном времену у радном простору кретања CPR система ради постизања његовог аутономног кретања.
5. Анализирати и синтетизовати радни простор CPR система као предуслов за његово пројектовање.
6. Развити адекватне структуре система управљања и метода за подешавање њихових параметара у циљу аутономне контроле кретања CPR система.
7. Анализирати динамичке одзиве различитих управљачких структура као резултат промене кључних параметара (масе носача терета, брзина кретања носача терета, промена масе каблова итд.) CPR система одабране конфигурације.
8. Анализирати, детектовати и моделовати потенцијалне изворе нестабилности CPR система узроковане погрешним одабиром подсистема намотавања и одмотавања ужади на моторизоване чекрке и предложити одговарајуће решење уоченог проблема.
9. Истражити могућност примене дефинисаних структура CPR система, њихових модела и развијених закона управљања.
10. Истражити и систематизовати потребне и могуће правце даљих истраживања.

7. Закључак и предлог

На основу свега претходно наведеног, Комисија сматра да кандидат Љубинко Кевац задовољава све услове да спроведе истраживање и реализује предвиђене циљеве на предложеној теми „Моделовање и управљање кабловски вођеним роботским системима“.

Предвиђени садржаји истраживања су актуелни, а очекивани научни доприноси значајни у домену пројектовања, анализе и експлоатације разматране класе роботских система. Предложена тема припада ужој научној области управљања системима (аутоматика), за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату Љубинку Кевцу одобри израду докторске дисертације под насловом „Моделовање и управљање кабловски вођеним роботским системима“. За ментора израде докторске дисертације предлаже се др Александар Ракић, доцент на Електротехничком факултету у Београду.

У Београду,
21.10.2016. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



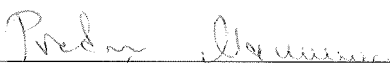
др Александар Ракић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Жељко Ђуровић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Мирјана Филиповић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду – Институт Михајло Пупин



др Предраг Маринковић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет