

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ

Факултет техничких наука

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<ol style="list-style-type: none">1. Датум и орган који је именовao комисију Комисију је именовало Наставно Научно веће Факултета техничких наука, 25.03.2015. године.2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:<ol style="list-style-type: none">1. др Душан Сурла, професор емеритус, УНО: Информатика, 28.01.2010., Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду.2. др Зора Коњовић, редовни професор, УНО: Примењене рачунарске науке и информатика, датум избора у звање: 20.11.2003., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду.3. др Филип Кулић, редовни професор, УНО: Аутоматика и управљање, датум избора у звање: 12.09.2013., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду.4. др Драган Шешлија, редовни професор, УНО: Мехатроника, роботика и аутоматизација, датум избора у звање: 04.10.2007., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду.5. др Вељко Поткоњак, редовни професор, УНО: Роботика, 28.03.1995., Електротехнички факултет, Универзитет у Београду.6. др Бранислав Боровац, редовни професор, УНО: Мехатроника, роботика и аутоматизација, датум избора у звање: 13.03.1998., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none">1. Име, име једног родитеља, презиме: Милутин, Новица, Николић2. Датум рођења, општина, држава: 18. 07. 1984. Нови Сад, Р. Србија3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука; Мехатроника, роботика и аутоматизација; дипломирани инжењер мехатронике – мастер4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија Година уписа: 2008.; студијски програм: Мехатроника5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -----6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -----

III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Модификација покрета робота при двоножном кретању или стајању у присуству ограничења или поремећаја

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација Милутина Николића је написана на 135 страна на српском језику, ћиричним писмом. Дисертација садржи 9 поглавља и 1 додаток, 50 слика, 0 табела, 1 алгоритам и 1 теорему. На крају дисертације је дата коришћена литература. Текст дисертације је организован по следећим поглављима:

1. Увод
2. Досадашњи резултати
3. Класификација поремећаја и компензационе стратегије за одржавање динамичког баланса
4. Симулациони резултати компензације великих поремећаја
5. Систем за приоритетизацију
6. Класификација ограничења
7. Вишеструки контакти и промена њихове конфигурације
8. Симулациони резултати модификације кретања
9. Закључак

Додатак А. Модел крутог тела са вискоеластичним слојем

Библиографија

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Наслов рада је јасно формулисан и у потпуности указује на садржај рада.

У првом поглављу су дата уводна разматрања која указују на могућности примене двоножних хуманоидних робота у човековом окружењу, на специфичности таквог окружења као и на захтеве које робот приликом деловања у таквом окружењу треба да испуни. Током кретања и рада хуманоидних робота постоји више утицаја које треба узети у обзир. То су, пре свега, поремећаји које треба компензовати, док ограничења захтевају модификацију реализације планираних покрета, што такође треба уважити. У раду су постављене две хипотезе. Првом хипотезом се тврди да је могуће модификовати покрет тако да се ефекат поремећаја компензује. Другом хипотезом се каже да је могуће модификовати покрет тако да буду задовољена сва ограничења, а да притом робот обавља свој примарни задатак. На крају уводног поглавља дат је садржај остатка дисертације.

У другом поглављу је дат преглед стања у области. Прво су представљени радови који се баве компензацијом великих поремећаја. Након тога је дат преглед радова који се баве приоритетизацијом задатака, што је коришћено као основна алатка за модификацију покрета у присуству ограничења. Дат је и преглед радова који се баве условима за одржање динамичког баланса, јер је то најважније ограничење са којим се сусрећу ходајући роботи.

У трећем поглављу дата је класификација поремећаја, након чега су разматране различите компензационе стратегије. Извршена је теоријска анализа карактеристичних компензационих покрета и јасно су истакнуте предности и мане сваког од њих. Основни принципи су поткрепљени једноставним симулационим примерима.

У четвртном поглављу је дат обимнији приказ резултата симулације компензације великих поремећаја. Поглавље је започето једноставнијим примерима, када поремећај делује на робота који стоји и у стању је да компензује поремећај без искорача. Након тога је дат приказ симулације компензације поремећаја када робот мора да искорачи. Последњи приказани резултат се односи на компензацију поремећаја који делује на робота који хода.

У петом поглављу је предложен систем за приоритетизацију задатака, који је искоришћен као основни алат за модификацију кретања у присуству ограничења. Систем је детаљно описан, наведени су облици задатака и ограничења која могу бити укључени у систем и дат је алгоритам за његово коришћење.

У шестом поглављу је извршена класификација ограничења која су подељена у две велике групе. Прва група се односи на конструкциона ограничења самог робота као и на спречавање нежељених контаката, било између сегмената робота међусобно, било између робота и околине. У другу групу спадају ограничења везана за контакте које робот осварује са околином. Приказан је и формалан начин изражавања свих ограничења у форми потребној за њихово укључивање у систем за приоритетизацију.

У седмом поглављу разматрани су вишеструки контакти између робота и околине, као и услови за промену њихове конфигурације. Прво су изведени услови које мора задовољити свака тачка контакта. На основу тога су изведени услови које мора да задовољи тело које је у раванском контакту са подлогом. Разматра се какав глобални утицај контакти имају на омогућавање или ограничавање кретања робота, а део је посвећен случају када су сви контакти у истој равни. Уведен је индикатор постојаности контакта који узима у обзир и трење. Утврђена је процедура за одређивање могућих кретања робота са тренутном конфигурацијом контаката, затим, процедура за утврђивање који контакти могу бити раскинути а да је при томе жељено кретање могуће остварити, као и процедура за утврђивање да ли је могуће и колико померити центар масе да би кретање било оствариво са тренутном конфигурацијом контаката.

У осмом поглављу је извршена симулациона верификација теоријских разматрања везаних за модификацију кретања. У првом случају који је симулационо проверен робот компензује велики поремећај модификацијом жељеног кретања. Након тога се симулира случај када робот треба да подигне терет непознате тежине. Потом се разматрају случајеви са комплекснијим ограничењима везаним за контакте. Прво је симулиран ход по подлози са ниским коефицијентом трења, да би

након тога био симулиран случај код кога се робот пење уз стрму раван, при чему се захтева промена конфигурације контаката.

У закључку је дат критички осврт на постигнуте резултате и наведени су правци даљег истраживања.

У додатку је дат модел крутог тела са вискоеластичним слојем који је искоришћен за моделирање контаката између робота и околине. На крају тезе је дат списак коришћене литературе.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

На основу истраживања у оквиру рада на докторској дисертацији објављено је укупно 35 научних публикација, од којих су три рада објављена у часописима са ISI листе (1 рад категорије M21 и 2 рада категорије M23). Остале публикације обухватају радове категорије M14, M24, M51, M53, M31 и M33. То су следећи радови разврстани по категоријама које су дате у “Правилнику о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача”.

Рад у врхунском међународном часопису (M21):

1. Raković, M., Borovac, B., Nikolić, M., Savić, S., Realization of Biped Walking in Unstructured Environment using Motion Primitives, IEEE Transactions on Robotics ISSN: 1552-3098, Vol. 30, No. 6, Str. 1318-1332, UDK DOI: 10.1109/TRO.2014.2344431, 2014

Рад у међународном часопису (M23):

2. Nikolić M., Borovac, B. Raković, M., Savić, S., A Further Generalization of Task-Oriented Control Trough Tasks Prioritization, International Journal of Humanoid Robotics, ISSN: 0219-8436, Vol. 10 No. 3, World Scientific, pp. 1-29, DOI:10.1142/S0219843613500126, ISBN 0219-8436, 2013
3. Borovac B., Nikolić M., Raković M.,: “How to Compensate for the Disturbances that Jeopardize Dynamic Balance of a Humanoid Robot?”, Int. Jour. of Humanoid Robotics, Vol. 8, No. 3, ISSN 0219-8436, 2011.

Рад у тематском зборнику међународног значаја (M14)

1. B. Borovac, M. Raković, M. Nikolić, Online Generation of Biped Robot Motion in an Unstructured Environment, Intelligent Systems: Models and Applications Vol. 3, UDK 10.1007/978-3-642-33959-2, ISBN 978-3-642-33958-5, Springer Berlin Heidelberg, pp. 93-114, 2013.
2. Vukobratović M., Borovac B., Raković M., Nikolić M., Generating Complex Movements of Humanoid Robots by Using Primitives, Communications in Computer and Information Science Vol. 82, Research and Education in Robotics - Eurobot 2009, UDK DOI: 10.1007/978-3-642-16370-8_14, ISBN 978-3-642-16369-2, Springer Berlin Heidelberg, pp. 158-172, 2009.

Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24)

1. Tasevski J., Nikolić M., Mišković D., Integration of an Industrial Robot with the Systems for Image and Voice Recognition, Serbian Journal of Electrical Engineering ISSN: 1451-4869, Vol. 10, No. 1., pp. 219-230, UDK 007.52:681.53, 2013

Предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини (M31)

1. Vukobratović M., Borovac B., Raković M., Nikolić M., How to Cope with Disturbances in Biped Locomotion? , Special International Conference on Complex Systems: Synergy of Control, Communications and Computing, pp. 1-12, 2009.

Рад саопштен на скупу међународног значаја штампан у целини (M33)

1. Savić S., Raković M., Nikolić M., Borovac B., SVM Regression-Based Computed Torque Control of Humanoid Robot Reaching Task, International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN) Vrnjačka Banja , http://etran.etf.bg.ac.rs/etran2014/fajlovi/Program_IcETRAN_2014.pdf ;ROI-2,1 2014)
2. Raković, M., Borovac, B., Nikolić, M., Savić, S.: Biped Walking on Irregular Terrain Using Motion Primitives , IROMANSY-CISM-IFTOMM SYMPOSIUM on Theory and Practice of Robots and Manipulators , Vol. 22, Str. 265-273, UDK 10.1007/978-3-319-07058-2_30, ISBN 978-3-319-07057-5, 2014.
3. Nikolić M. Borovac B., Raković M., , Walking on Slippery Surfaces: Generalized Task-Prioritization Framework Approach , ROMANSY-CISM-IFTOMM SYMPOSIUM on Theory and Practice of Robots and Manipulators , Vol. 22, Str. 189-196, UDK 10.1007/978-3-319-07058-2_22, ISBN 978-3-319-

07057-5 2014.

4. Borovac B., Raković M., Savić S., Nikolić M., Design and control of humanoid robot MARKO: an assistant in therapy for children, International Exploratory Workshop on New Trends in Medical and Service Robotics - MESROB, EPFL Robotic Systems Lab LSRO, <http://mesrob.epfl.ch/page-109778-en.html>, 2014.
5. Borovac B., Raković M., Savić S., Nikolić M., Parameters Adaptation of Motion Primitives for Achieving more Efficient Humanoid Walk, IEEE International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY) , pp. 233 - 237, doi: 10.1109/SISY.2014.6923592, 2014
6. Nikolić M., Borovac B., Raković M., Simulation of foot-ground contact for bipedal robots, IEEE International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, IEEE Xplore pp. 1-6, 2014.
7. Raković M., Jovanović M., Borovac B., Tepavčević B., Nikolić M., Papović M., Design and Fabrication with Industrial Robot as Brick-laying tool and with Custom Script Utilization, IEEE International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, IEEE Xplore pp. 1-6, 2014.
8. Raković, M.; Borovac, B.; Nikolić, M.; Savić, S , Motion Primitives for Realization of Robust Humanoid Walk in Unstructured Environment , International Multiconference Information Society, Institut »Jožef Stefan«, pp. 13-16 2014
9. Borovac B., Raković M., Savić S., Nikolić M., Batinica A., Mechanical and Control Hardware Design of Humanoid Robot Marko, International Multiconference Information Society, Institut »Jožef Stefan«, pp. 17-20 2014
10. Borovac B., Raković M., Nikolić M., Tasevski J., Batinica A., Control System for Facial Expressions of the Head of Humanoid Robot MARKO , International Scientific Conference on INDUSTRIAL SYSTEMS - IS ISBN 978-86-7892-652-5, pp. 1-8, 2014
11. Oros, Marina, et al. "Children's preference of appearance and parents' attitudes towards assistive robots." Humanoid Robots (Humanoids), 2014 14th IEEE-RAS International Conference on. IEEE, 2014.
12. Gnjatović M., Tasevski J., Mišković D., Nikolić M., Borovac B., Delić V., Linguistic Encoding of Motion Events in Robotic System, PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology – ICET, www.psu-uns2013.com, paper no. T.4-1.2, pp. 1-5, 2013
13. Raković M., Borovac B., Nikolić M.: "Synthesis Of Dynamically Balanced Humanoid Robot Walk Using Primitives", PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology - ICET, Novi Sad, Serbia, 2013.
14. Borovac B., Raković M., Savić S., Nikolić M., Dual Arm and Multi-segment Spine Motion Control for Assistive Humanoid Robots , International Workshop on Research and Education in Mechatronics - REM ISBN 978 390275 907-8, pp 235-241, 2013
15. Vladušić D., Titanilla K., Raković M., Nikolić M., Borovac B., Robotly – An Intuitive Way for Manipulating Industrial Robots , Education in Mechatronics - REM ISBN 978 390275 907-8, pp 145-148, 2013
16. Raković M., Savić S., Nikolić M., Borovac B., "Robust nonlinear control of dynamically balanced humanoid robot walk synthesized by motion primitives." Intelligent Systems and Informatics (SISY), 2013 IEEE 11th International Symposium on. IEEE, 2013.
17. Sivčev S. Raković M., Borovac B., Nikolić M., " Anthropomorphic robot eyes with realistic movements for non-verbal communication and emotion expressions" Regional Conference - Mechatronics in Practice and Education (MECHEDU) ISBN 978-86-7892-565-8, pp 84-88, 2013.
18. Kendereši E., Raković M., Nikolić M., Gnjatović M., Borovac B.: "Realization of Arms Movements for 3D Robot Model and Synchronization with Real Humanoid Robot", SISY - International Symposium on Intelligent systems and Informatics, Subotica, Serbia, 2012.
19. Gnjatovic, M., Tasevski J., Nikolić M., Miskovic D., Borovac B., Delic V., "Adaptive multimodal interaction with industrial robot." In Intelligent Systems and Informatics (SISY), 2012 IEEE 10th Jubilee International Symposium on, pp. 329-333. IEEE, 2012.
20. Borovac B., Raković M., Nikolić M.,: "Biologically Inspired On-line Generation of Complex Movements Using Primitives", IEEE Symposium Series on Computational Intelligence Proceedings, ISSN: 978-1-4577-0470-3, pp. 99-106, Paris, France, 2011.
21. Borovac B., Raković M., Nikolić M.,: "Online Humanoid Robot Walk Generation Using Primitives", SISY - International Symposium on Intelligent systems and Informatics, ISSN: 978-1-4577-1975-2, pp 421-426, Subotica, Serbia, 2011.
22. Raković M., Nikolić M., Borovac B.,: "Humanoid Robot Reaching Task Using Support Vector

Machine”, Eurobot Conference, ISBN: 978-3-642-21975-7, pp 263-276, Prague, Czech Republic, 2011.

23. Borovac B., Nikolić M., Raković M.: “Disturbance compensation of standing humanoid robot – Theory”, International Scientific Conference on Industrial Systems - IS, Novi Sad, Serbia, 2011.
24. Borovac B., Nikolić M., Raković M.: “Disturbance compensation of standing humanoid robot – Simulation”, International Scientific Conference on Industrial Systems - IS, Novi Sad, Serbia, 2011.
25. Vukobratović M., Borovac B., Raković M., Nikolić M.: “Generating Complex Movements of Humanoid Robots by Using Primitives”, Eurobot Conference 2009 - International Conference on Research and Education in Robotics, 2009.
26. Borovac, B., Nikolić, M.: “O biološkim principima održavanja dinamičkog balansa poze humanoidnih robota”, Int. Conf. on Industrial Systems, IS'08, Novi Sad, Srbija, ISBN: 978-3-642-21975-7, pp 135-144, 2008.

Рад у водећем часопису националног значаја (M51)

1. Borovac B., Raković M., Nikolić M.: “Realization of Primitives by Using SVM for Humanoid Robot Walk Generation”, Electronics, ISSN: 1450-5843, Vol. 15, No. 2, pp. 19-24, publisher: Faculty of Electrical Engineering Banja Luka, Bosnia and Herzegovina

Рад у научном часопису (M53)

1. Raković M., Borovac B., Nikolić M.: “Support vector Regression for Approximation and Generation of Motion in Humanoid Robots”, International Journal of Industrial Engineering and Management - IJIEM, ISSN: 2217-2661, Vol. 1, No. 1, pp. 1-8, publisher: FTN, Novi Sad, Serbia

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У тези су прво теоријски анализирани карактеристичне компензационе стратегије, за које је уочено да их човек често примењује. На основу анализе су дефинисане предности и мане сваке од стратегија. Након тога је приказан систем за приоритетизацију задатака, који је развијен као део докторске дисертације, ради истраживања могућности симултане реализације више задатака при чему су компензациони задаци изузетно важни и обично имају највећи приоритет. Да би се омогућило укључивање различитих задатака и ограничења развијен је формални начин њиховог записивања. Посебна пажња је дата ограничењима која настају као последица контакта са околином. Развијена је методологија којом се утврђује да ли неки од постојећих контаката може бити раскинут а да при томе намеравани покрет буде изводив, као и да ли је ради реализације намераваног покрета потребно успоставити нови контакт. Укључивањем ограничења у систем за приоритетизацију је добијена методологија за модификацију покрета у присуству ограничења.

Тиме су потврђене следеће хипотезе које су постављене у тези:

- да је могуће модификовати покрет тако да се изврши компензација поремећаја.
- да је могуће модификовати покрет тако да буду задовољена сва ограничења, а да притом робот обавља свој примарни задатак.

Потврда хипотеза је дата кроз експерименталне резултате који су спроведени симулацијом на комплетном динамичком моделу хуманоидног робота. На основу добијених резултата изведени су додатни закључци и отворени даљи правци за истраживачки рад у овој области.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Дисертација је добро структурирана, а добијени резултати истраживања су прегледно приказани и јасно и систематски изложени. Уз све приказане резултате и уведене новине су дата и одговарајућа образложења. Коришћена литература указује да су размотрени актуелни ставови везани за проблематику компензације поремећаја и модификацију покрета у присуству ограничења. Комисија, сагласно томе, констатује да су приказаним резултатима јасно потврђене постављене хипотезе ове дисертације.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Дисертација је написана у складу са образложењем и циљевима истраживања које је кандидат предложио приликом пријаве теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе: јасно су постављени предмет и циљеви истраживања, постављене су две хипотезе и у току рада су коришћене адекватне истраживачке методе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци:

У дисертацији је дат нов метод за компензацију поремећаја који се јављају током рада хуманоидних робота. Затим, предложен је потпуно нов систем за приоритетизацију задатака и ограничења који омогућава модификацију покрета тако да се задовоље ограничења, а да су притом задаци испуњени у највећој могућој мери. Изведени су нови услови за остваривост кретања при постојању вишеструких контаката, а размотрена је и могућност њиховог раскидања. Коначно, изведено је уопштење тачке нула момента и услова за одржавање динамичког баланса, које у обзир узима и трење.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања Докторска дисертација не садржи недостатке који би утицали на резултате истраживања.
X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
да се докторска дисертација под насловом „Модификација покрета робота при двоножном кретању или стајању у присуству ограничења или поремећаја“ прихвати, а кандидату Милутину Николићу одобри одбрана

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ:
1. Председник: _____
др Душан Сурла, професор емеритус
2. Члан: _____
др Зора Коњовић, редовни професор
3. Члан: _____
др Филип Кулић, редовни професор
4. Члан: _____
др Драган Шешлија, редовни професор
5. Члан: _____
др Вељко Поткоњак, редовни професор
6. Ментор: _____
др Бранислав Боровац, редовни професор