Датум: 27. 11. 2015. год.

Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признавање техничког решења

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије ("Службени гласник РС", бр. 38/2008*)* **рецензенти: Проф. др Зоран Стојиљковић, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду и Проф. др Томислав Шекара, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду, су оценили да су испуњени услови за признавање својства техничког решења следећем резултату научноистраживачког рада:**

НАЗИВ: MOBCON – Специјализовани софтвер за математичко моделовање мобилних робота

Аутори: Александар Ћосић, Марко Шушић, Душко Катић, Жељко Деспотовић

Категорија техничког решења: М(85) – Развој софтвера

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ

Рецензентска комисија је утврдила да је предложено решење урађено за Факултет организационих наука – Катедра за софтверско инжењерство, Универзитет у Београду, Улица Јове Илића 154, 11000 Београд

Субјект који решење користи: Факултет организационих наука - Катедра за софтверско инжењерство, Универзитет у Београду, Улица Јове Илића 154, 11000 Београд

Предложено решење је урађено: у периоду јануар 2014 – октобар 2015. године.

Субјект који је решење прихватио и примењује: Факултет организационих наука -Катедра за софтверско инжењерство, Универзитет у Београду, Улица Јове Илића 154, 11000 Београд

Резултати су верификовани на следећи начин, тј. од стране следећих тела:
Решење је резултат пројеката:

1. *ТР35003 - Истраживање и развој амбијентално интелигентних сервисних робота антропоморфних карактеристика*
2. *ИИИ44008 – Развој робота у циљу превазилажења потешкоћа у развоју деце*
3. *ТР33022 – Интегрисани системи за уклањање штетних састојака дима и развој технологије за реализацију термоелектрана и енергана без аерозагађења*
4. *Одлука научног већа Института Михајло Пупин бр. 2884/25-15 од 26.11.2015. о прихватању техничког решења*

Извештај рецензената проф. др Зоран Стојиљковић и проф. др Томислав Шекара са ЕТФ-а, Београд о прихватању техничког решења

Предложено решење се користи на следећи начин: Користи се за потребе едукације студената и у развоју алгоритама у областима интелигентног управљања и вештачке интелигенције.

Области на које се техничко решење односи: *софтвер, мобилна роботика, аутоматско управљање*

Проблем који се техничким решењем решава:

Како би се мобилни робот оспособио за обављање неког корисног задатка он мора бити аутономан у смислу да је способан да стигне до циља без обзира на то да ли је средина у којој се креће позната или непозната. Овај проблем се обично подводи под навигацију. Прецизно позиционирање мобилне платформе у жељену одредишну тачку је обично предуслов за велики број примена. Према томе, робот мора бити способан да стигне од произвољне почетне до жељене одредишне тачке, уз обилажење препрека које се могу наћи на његовом путу. Проблем навигације је разматран у једнороботском и мултироботском окружењу.

У једнороботском окружењу постоје три могућа сценарија: када је средина у којој се робот креће потпуно позната, делимично позната или потпуно непозната. Различити алгоритми решавају постављени проблем у зависности од сценарија.

- уколико је средина потпуно позната (локације свих препрека су унапред познате), навигациони проблем се може разбити на неколико једноставнијих проблема:
  - генерисање путање која обилази препреке средине
  - генерисање трајекторије на бази добијене путање
  - праћење трајекторије уз естимацију позиције и оријентације робота
- уколико је средина делимично позната (локације препрека су познате, али постоји могућност мањег одступања) потребно је испратити све кораке као и у случају када је средина потпуно позната, али је потребно модификовати контролер за праћење трајекторије тако да он буде реактиван, односно да може кориговати трајекторију робота уколико се детектује могућност судара са препреком
- уколико је средина потпуно непозната, локације препрека нису познате и тада планирање путање није могуће, већ се алгоритам своди на чисто реактивни контролер који води робота ка циљу уз избегавање препрека које му се нађу на путу

У мултироботском окружењу је разматран проблем управљања формацијом мобилних робота. Наиме, у многим применама је употреба више робота оправданија, јефтинија и ефикаснија него коришћење једног робота, као што је у случајевима преноса терета, претраге средине, мапирања... У софтверу је разматран само проблем управљања формацијом мобилних робота у познатој средини, где не постоји кретање препрека.

Софтвер подразумева две независне целине. Једна је симулациони пакет који је развијен у оквиру програмског пакета MatLAB и подразумева имплементацију горе поменутих алгоритама на кинематском или динамичком моделу диференцијално покретаног мобилног робота на два или четири точка. Друга целина подразумева имплементацију алгоритма за управљање кретањем робота у познатој средини на експерименталној 4DF диференцијално покретаној мобилној роботској платформи на четири точка. У том смислу су развијена два програма, од којих се један извршава на роботу, док се други извршава на надређеном рачунару и обезбеђује интерфејс ка кориснику.

Стање решености проблема у свету:

У свету постоји велики број симулатора за мобилне роботе, од којих је један део развијен од стране роботских универзитетских и институтских лабораторија за сопствене потребе, а затим стављен на располагање роботичарској заједници као open source софтвер. Данас постоје веома напредни пакети за симулацију роботских система са имплементираним моделима комерцијално доступних робота, великим бројем опција и могућношћу визуелизације понашања робота у тродимензионом окружењу. Симулатори обично нуде подршку за неколико програмских језика. Најзаступљенији су C/C++, Perl, Python, Java, URBI, MatLAB...

Можда најпопуларнији међу њима је Gazebo симулатор [1], који нуди моделе великог броја различитих комерцијално доступних робота (iRobot Create, Pioneer 2DX..), могућност додавања

великог броја различитих сензора, као и интерфејс ка ROS-у (Robot Operating System) што олакшава каснију имплементацију алгоритама на стварном роботу [2], који је тренутно најпопуларнија open source платформа за развој софтвера на експерименталним роботским платформама.

Постоје и платформе развијене под програмским пакетом MatLAB, као што је Sim.I.Am [3], која поред симулационог окружења нуди и интерфејс ка стварном роботу под називом QuickBot. Листа роботских симулатора је дугачка и неки од најкоришћенијих су наведени у [4] и [5]. Међу њима треба поменути Robot Virtual Worlds, RoboDK, Webots, V-Rep.

Microsoft нуди свој пакет за развој и симулацију роботских платформи под називом Robotics Developer Studio [6].

Поред поменутих симулатора, постоје и додаци који служе за развој и симулацију роботских платформи, а који се додају постојећим софтверским пакетима као што су LabVIEW или MatLAB. Тако на пример, National Instruments поседује Robotics Module [7], а MatLAB поседује Robotics Toolbox [8], који поред симулационог окружења нуди и интерфејс ка ROS-у. Још један веома популаран алат под MatLAB-ом је развијен од стране Лабораторије за компјутерску визију, роботику и аутономне системе на Техничком универзитету у Квинсленду, Брисбејн, Аустралија под руководством Питера Корка [9].

Суштина техничког решења:

Суштински, техничко решење се састоји од два модула. Модул 1 има за циљ симулацију понашања мобилног робота или формације и развијен је у програмском пакету MatLAB, док модул 2 има за циљ управљање стварним роботом и развијен је у програмским језицима C и Java.

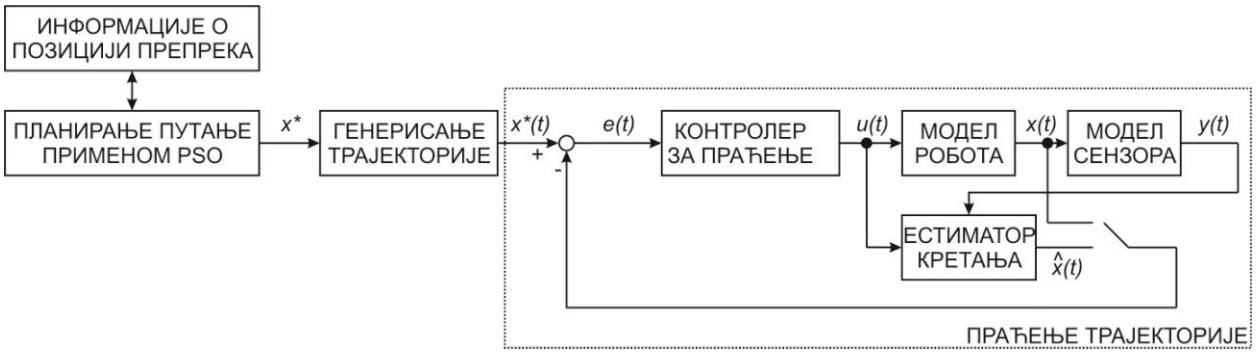
1. МОДУЛ 1

Модул 1 је симулациони и има за циљ тестирање навигационих алгоритама на бази кинематског или динамичког модела робота на 2 или 4 точка. Параметри робота се могу мењати тако да је обезбеђена флексибилност у смислу да се модел може прилагодити стварном роботу који је на располагању.

Постоји могућност избора између једнороботског и мултироботског окружења, као и три могућа сценарија што је дато на сл. 1.

Уколико се одабере једнороботски сценарио у ком је средина позната, алгоритам је дат блок шемом на сл. 2. Са обзиром да је средина у којој се креће робот позната, могуће је извршити планирање кретања робота. Дакле, најпре се на бази информација о позицији препрека врши планирање путање $x*$ којом ће се кретати робот применом Particle Swarm Optimization (PSO), где се настоји да се нађе што краћа путања до циља која не води преко препрека [1], [3], [4], [6] и [13]. Затим се добијена путања (која представља само скуп тачака у дводимензионом простору) преводи у трајекторију $x*(t)$ тако да је брзина робота променљива у зависности од закривљености путање, те је робот брз на правим деловима путање, а спор у оштрим кривинама. Последњи корак је обезбеђивање праћења жељене трајекторије $x*(t)$ коришћењем неког од имплементираних контролера (pure pursuit, deviated pursuit, proportional navigation, proportional-integral или fuzzy контролер), [8], [10] и [13]. Овде постоје две могућности: затварање повратне спреге по пози (позицији и оријентацији) робота, која се добија директно из модела, што је разумно у случајевима када је позу робота могуће директно мерити на бази неке глобалне сензорске информације. Уколико то није случај, имплементиран је естиматор кретања робота на бази EKF-а (Extended Kalman Filter), који практично врши фузију информација са више сензора дајући процену позе робота као свој излаз $\hat{x}(t)$, [12]. Без обзира на одабрани тип контролера, управљање $u(t)$ се генерише на бази сигнала грешке $e(t)$ која се добија као разлика жељене трајекторије $x*(t)$ и остварене $x(t)$ или процењене $\hat{x}(t)$.

Слика 1. Избор могућих сценарија у оквиру MOBCON пакета



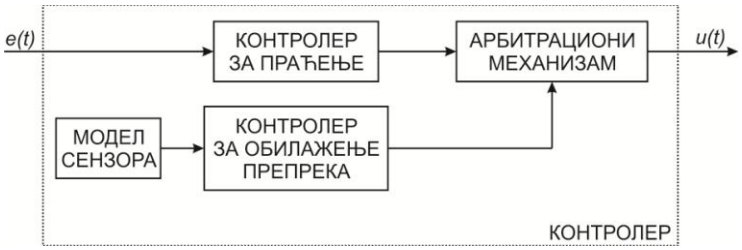
Слика 2. Блок шема алгоритма у случају једнороботског система у познатој средини

Уколико је средина делимично позната, значи да су позиције препрека познате, али да у стварности постоји могућност мањег одступања. У том случају је блок шема алгоритма иста као у случају када је средина позната, дата на сл. 2, али је контролер другачији. Наиме, усвојен је приступ заснован на понашањима (тзв. behavior based controller) који има два понашања: навођење на циљ и обилажење препрека уз одговарајући арбитрациони механизам, који на основу ситуације у средини укључује једно од ова два понашања или комбинује њихово дејство како би се добило глатко кретање робота [1], [4 - 6] и [8]. Блок шема контролера је дата на сл. 3.

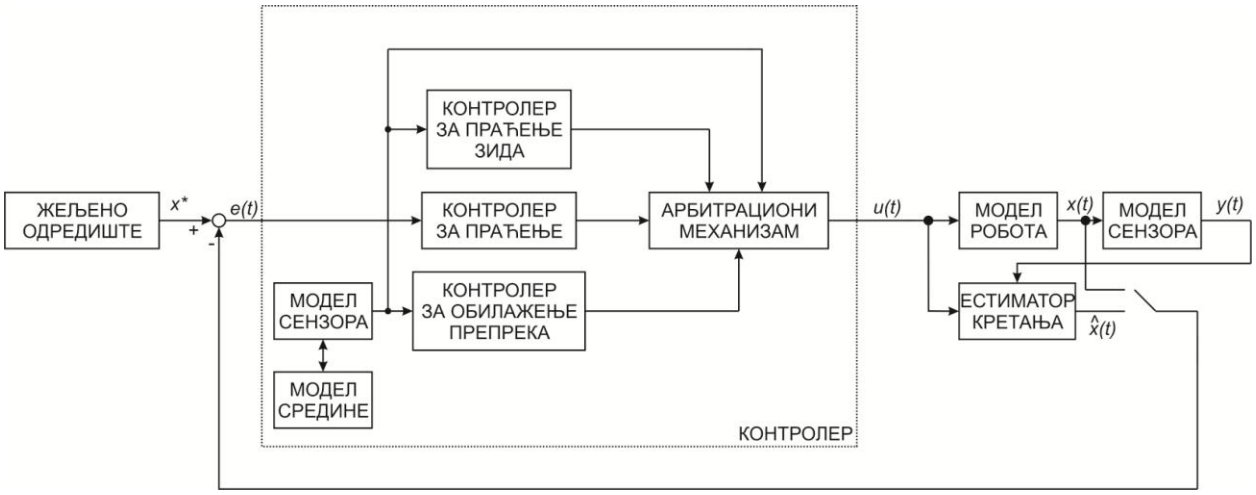
Уколико је средина непозната, не постоји могућност планирања кретања робота унапред, већ се контролер пројектује тако да доноси одлуке на бази тренутне ситуације [14]. У том случају је блок шема другачија и дата је на сл. 3. И овде је усвојен приступ заснован на понашањима. Показало се да су три понашања довољна да обезбеде аутономно вођење робота до циља (навођење на циљ, обилажење препрека и праћење зида). Сва три контролера који обезбеђују појединачна понашања су fuzzy контролери.

Пример кретања робота користећи познату и делимично познату средину је дат на сл. 5, где је упоређено кретање робота управљаних различитим контролерима за праћење (један користи пропорционално-интегрални контролер, док други користи fuzzy контролер).

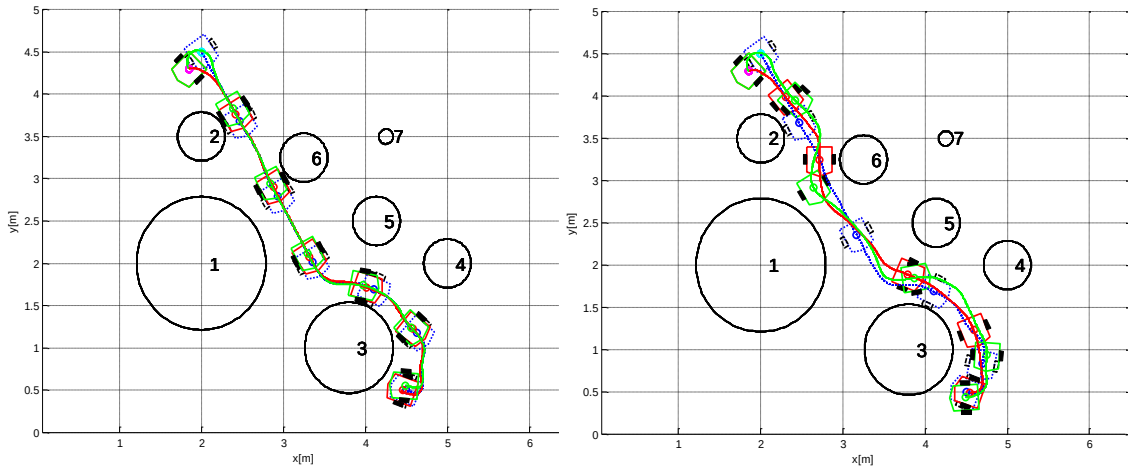
Мултироботски сценарио се може користити само у познатим срединама. Алгоритам је заснован на вођа-пратилац приступу (тзв. leader-follower), где се трајекторија вође унапред планира, као на сл. 3, док се трајекторије пратилаца прерачунавају на основу трајекторије вође у криволинијским координатама. Криволинијске координате су погодне, јер је позиција сваког од пратилаца одређена са само два параметра и трајекторије пратилаца се лако прерачунавају на основу трајекторије вође. Као што је напоменуто, сви роботи су опремљени контролером са сл. 3, како би се спречио судар робота унутар формације приликом проласка близу препрека, када постоји могућност промене облика формације. Такође, формација има облик који је фиксан и задаје се на почетку, али се може променити уколико постоји опасност од судара са препрекама средине. Пример кретања формације је дат на сл. 6.



Слика 3. Блок шема контролера заснованог на понашањима у делимично познатој средини

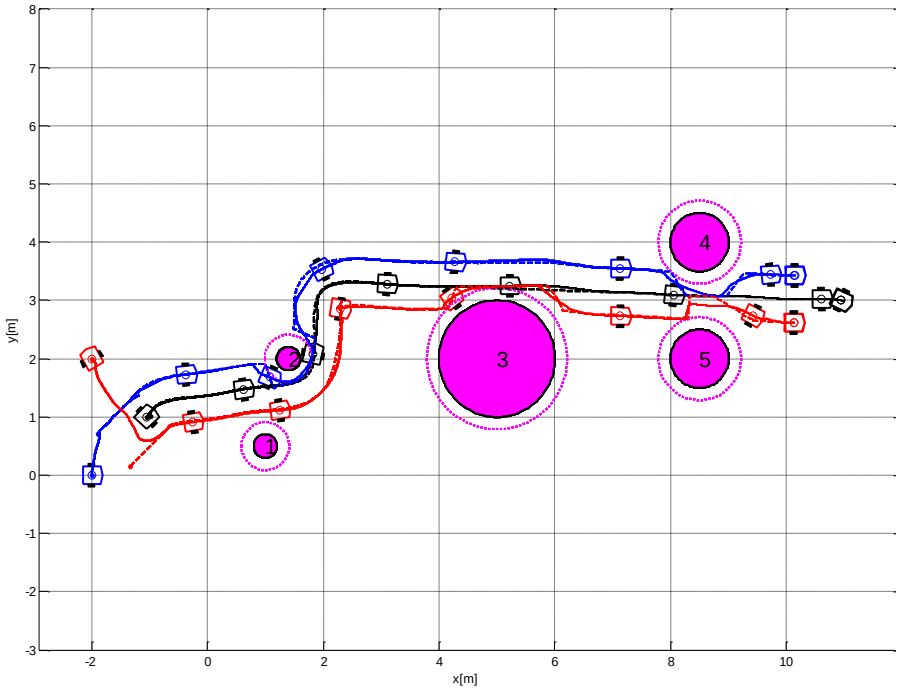


Слика 4. Блок шема контролера заснованог на понашањима у непознатој средини



а) **б)**

Слика 5. Пример кретања робота у: а) познатој средини и б) делимично познатој средини



Слика 6. Пример кретања формације робота у познатој средини

2. МОДУЛ 2

У модулу 2 је реализован софтвер за управљање стварном платформом. У питању је 4DF мобилни диференцијално покретан робот на 4 точка и дат је на сл. 7. Робот поседује још и Lynxmotion AL5D роботску руку са 5 степени слободе и хватаљком и WiFi стерео камеру SRV Surveyor, која поседује две колор камере SRV1 Blackfin. Робот поседује четири DC мотора са редукторима и енкодерима, од којих су два са исте стране спрегнута, тако да се окрећу истим угаоним брзинама. Робот поседује четири ултразвучна и четири инфрацрвена сензора даљине која служе за детекцију препрека. За локализацију робота се користи инфрацрвена камера Hagisonic StarGazer, при чему се маркер качи на робота. Навигациони алгоритми су имплементирани на Wafer LX800 PC104 контролерској плочи. За напајање робота се користи оловна батерија WP1236W од 12V и 9Ah која обезбеђује аутономију од око 40 минута.

Шема комуникационе везе између компоненти у оквиру експерименталне платформе је дата на сл. 8. Принципски, постоје два програма који међусобно комуницирају. Један се врти на контролерској плочи робота под Linux Ubuntu 10.04 оперативном систему и написан је у праграмском језику C, док је други клијент програм написан у програмском језику JAVA, извршава се на надређеном рачунару и обезбеђује интерфејс ка кориснику. Међусобна комуникација се одвија преко TCP/IP комуникационог протокола, са обзиром да су стерео камера, мобилни робот и надређени рачунар повезани преко WiFi-а на исти рутер локалне мреже. Рутер је задужен за доделу IP адреса, при чему су IP адресе робота и стерео камере статичке.

Програм који се врти на PC104 контролерској плочи робота обезбеђује следеће функционалности:

- комуникацију са инфрацрвеним и ултразвучним даљиномерима на роботу преко I2C серијске комуникације
- управљање роботском руком, при чему је комуникација са контролером роботске руке преко RS232 комуникационог протокола
- управљање моторима мобилне роботске платформе преко засебне енкодерско-D/A конверторске плоче ENCDA97

Слика 7. Експериментална 4DF мобилна платформа

- извршавање навигационог алгоритма
- примање података о позицији и оријентацији робота са надређеног рачунара
- примање команди са надређеног рачунара као последица захтева корисника

Треба још напоменути да контролерска плоча нема на себи интегрисан WiFi модул тако да је коришћен WiFi USB адаптер TP-Link WN722N.

Инфрацрвена камера за локализацију робота Hagisonic StarGazer враћа тродимензионе координате флуоресцентног маркера накаченог на робота и његову оријентацију у хоризонталној равни. Међутим, како је кретање робота планарно, информације о висини се не користе. Учестаност одабирања је око 100ms, а комуникација са рачунаром преко RS232 порта. Ово је уједно и најнижа учестаност одабирања у целом систему (очитавање сензора је на око 35ms), тако да се може рећи да цео алгоритам ради са учестаношћу од 100ms.

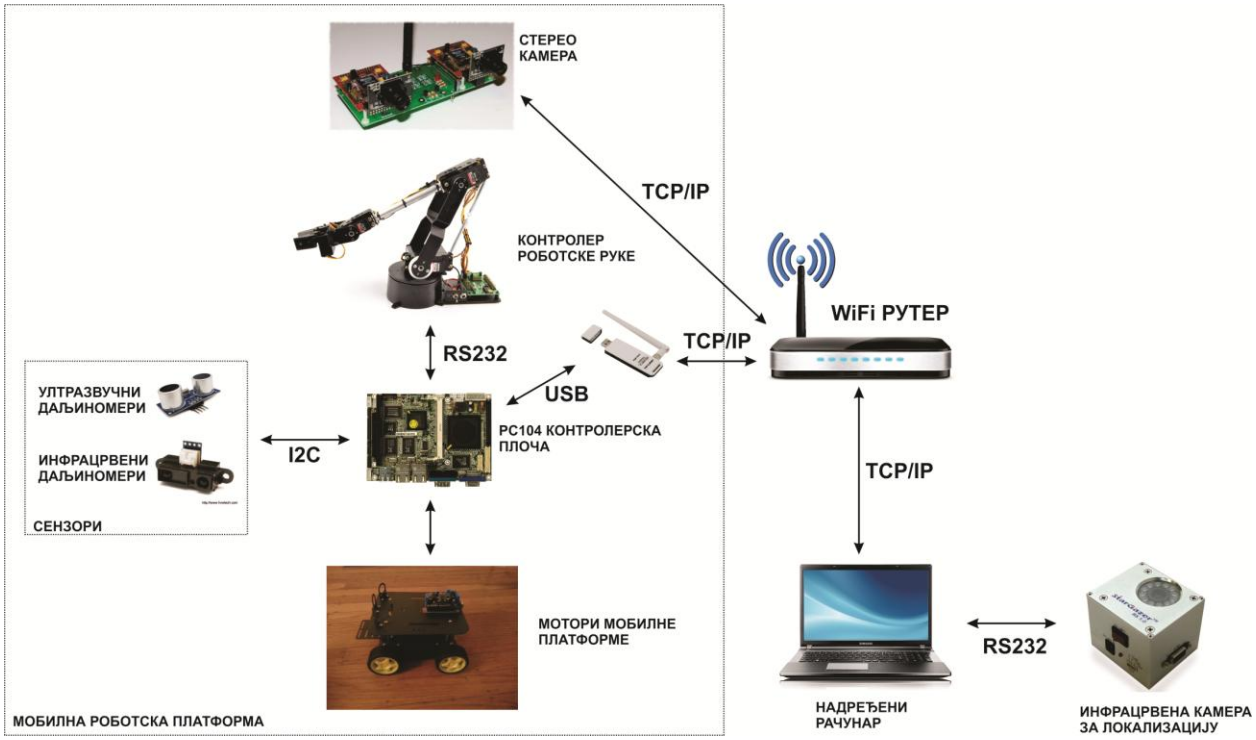
Програм који ради на надређеном рачунару се може окарактерисати као клијентски програм и поседује три основне функционалности:

- интерфејс према кориснику
- визуелизација свих релевантних информација везаних за робота
- комуникација са локализационим сензором (IR камера) преко RS232 порта

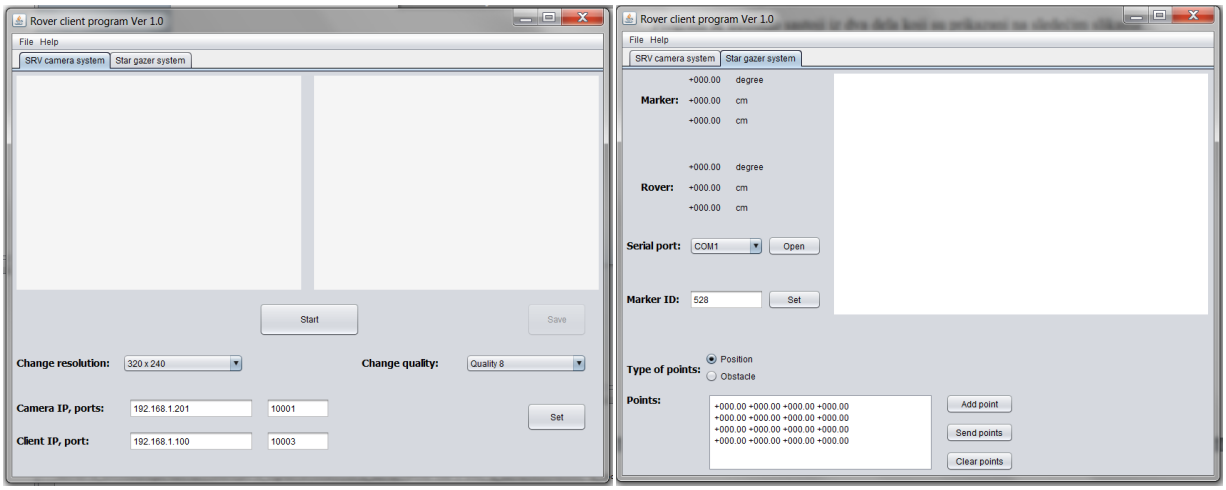
Изглед графичког интерфејса клијентског програма је дат на сл. 9. Прозор апликације поседује две картице, једна садржи информације са стерео камере, док друга садржи информације везане за инфрацрвену камеру за локализацију. Прва картица приказује слике које стижу са леве и десне камере стерео система, као и опције које омогућавају избор квалитета слике, просторну резолуцију и IP адресе монокуларних камера. Појачање квалитета и просторне резолуције се не може извршити симултано, тако да појачање резолуције мора пратити обарање квалитета слике, због ограниченог пропусног опсега. У сваком случају, побољшање било квалитета слике, било просторне резолуције прати смањење броја слика у секунди. На крају је могуће подесити IP адресу камера и комуникациони порт, али се препоручује да се камери доделе статичке адресе (као и роботу). Друга картица садржи позицију и оријентацију маркера и робота, комуникациони порт,

као и идентификациони број маркера (са обзиром да је уз камеру испоручен већи број маркера од којих сваки има свој идентификациони број), као и позиција и тип препрека (када је средина у којој се робот креће позната). Поред овога, могуће је ручно вођење робота путем тастатуре, при чему је значење тастера дато на сл. 10.

Стерео камера се тренутно не користи за навигацију већ само за визуелну инспекцију простора у ком се робот креће и представља олакшање кориснику уколико је робот у ручном режиму вођења. Ручно вођење робота има оправдање уколико се не жели довођење робота до циља, већ инспекција и/или претрага простора.



Слика 8. Шема комуникационе везе у оквиру експерименталне платформе



Слика 9. Изглед графичког интерфејса програма који се извршава на надређеном рачунару

Слика 10. Распоред команди на тастатури за ручно управљање роботом

Карактеристике предложеног техничког решења:

Симулациони пакет у једнороботском сценарију је услед ограничења алгоритма за планирање путање, ограничен на избор кружних препрека, при чему се највише две могу додиривати. Уколико се робот креће у непознатој средини, ограничење по питању препрека не постоји, тако да се могу бирати препреке произвољног облика. Пакет нуди потпуну флексибилност по питању избора закона управљања кретањем робота, тако да се нови контролери могу релативно лако додати.

Уколико је окружење мултироботско, ограничење по питању избора препрека је исто (морају бити кружне, при чему се највише две могу додиривати), са обзиром да се користи исти алгоритам за планирање путање вође. Пакет подржава произвољан број робота у формацији, као и произвољан облик формације, при чему мора бити тачно један вођа. Међутим, уколико је формација са великим бројем робота, повећава се могућност да дође до међусобног судара робота у почетним фазама успостављања формације и приликом промене облика формације.

Овде ће бити дате техничке карактеристике хардвера који је коришћен:

- Wafer LX800 PC104 контролерска плоча, са AMD Geode LX800 процесором на 500MHz, 512MB RAM-а, улазно-излазни интерфејси: 1 x CF Type II, 1 x IDE, 1 x LPT, 1 x PS/2, 2 x RS422/485, 2 x SATA, 4 x USB 2.0, 8 дигиталних улазно/излазних, 1 x инфрацрвени, 1 x VGA, напајање 5V
- ENCDA97 енкодерска плоча са D/A конвертором за управљање моторима
- Lynxmotion AL5D роботска рука са 5 степени слободе, са SSC32 серво контролером за управљање моторима руке
- 4DF Robot 4WD мобилна платформа
- 4 x Sharp GP2Y0A21YK IR medium range, опсега 10-80cm, 4 x SRF10 ултразвучни даљиномер, опсега 0-30cm, у оба случаја серијска I2C комуникација
- WiFi стерео камера 2 x Surveyor SRV 1 Blackfin
- Hagisonic StarGazer IR камера за локализацију, RS232 интерфејс, напајање 5V, 2.5 – 5m видно поље, 3x3 и 5x5 маркери за локализацију
- оловна батерија за напајање робота WP1236W од 12V и 9Ah која обезбеђује аутономију од око 40 минута
- WiFi комуникација са надређеним рачунаром, домет комуникације је одређен средином и јачином рутера који се користи

Најспорија компонента у систему је инфрацрвена камера за локализацију, тако да је периода одабирања целокупног система око 100ms.

Могућности примене предложеног техничког решења:

Првенствена намена техничког решења јесте тестирање и експериментална верификација алгоритама за планирање кретања робота, који би се касније могли користити као делови неке сложеније примене као што је мапирање средине, претрага простора или извршавање задатака у оквиру сложенијих мултироботских мисија. Према томе, техничко решење је углавном намењено за истраживање и развој.

Друга примена је у системима присмотре, где би се простор претраживао ручним даљинским вођењем робота, а ситуација у средини пратила преко живог снимка који се добија са камере. Овакав систем би могао бити од користи у токсичним срединама, где постоји велика опасност од угрожавања здравља људи који би вршили претрагу, у ситуацијама после природних катастрофа у циљу потраге за преживелима, као и у свим ситуацијама када би се људском фактору који се шаље у мисију могли угрозити животи.

НАПОМЕНЕ:

Приказано техничко решење је у појединим својим деловима објављено у следећим научним публикацијама:

[1] M. Šušić, A. Ćosić, A. Ribić, D. Katić: „An approach for intelligent mobile robot motion planning and trajectory tracking in structured static environments", *Proceedings of the 9th IEEE International Symposium on Intelligent Systems and Informatics - SISY 2011*, September 2011, pp. 17-22

[2] А. Ћосић, А. Рибић, Д. Катић: „Један приступ генерисању и праћењу трајекторија мобилних робота", *Зборник радова 55. конференције ЕТРАН*, јун 2011, стр. РО2.1 1-4

[3] М. Шушић, А. Ћосић, Д. Катић: „Алгоритам планирања кретања мобилних робота у простору непокретних препрека на основу оптимизације роја јединки", *Зборник радова 55. конференције ЕТРАН*, јун 2011, стр. РО2.2 1-4

[4] A. Ćosić, M. Šušić, D. Katić: „Advanced Algorithms for Mobile Robot Motion Planning and Tracking in Structured Static Environments Using Particle Swarm Optimization", *Serbian Journal of Electrical Engineering*, Vol. 9, No. 1, 2012, pp. 9-28

[5] D. Katić, M. Šušić, A. Ćosić: „Intelligent Path Planning, Navigation, Guidance and Control for Single and Multi Mobile Robots in Structured Environment", *New Trends in Service Robots, International Exploratory Workshop*, July 2012, pp. 1-5

[6] М. Шушић, А. Ћосић, Д. Катић: „Интегрисани приступ планирању и праћењу трајекторија мобилних робота у простору непокретних препрека", *Техника*, Но. 5, 2012, стр. 767-772

[7] A. Ćosić, M. Šušić, S. Graovac, D. Katić: „Combined Controller Architecture for Leader-Follower Robot Formation Control", *Proceedings of the 11th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering NEUREL 2012*, September 2012, pp. 47-52

[8] A. Ćosić, M. Šušić, D. Katić: „An Integrated Approach for Efficient Mobile Robot Trajectory Tracking and Obstacle Avoidance", *Proceedings of the 9th International Conference on Informatics, Automation and Robotics ICINCO 2012*, 2012, Vol. 2, July 2012, pp. 211-216

[9] А. Ћосић, Д. Катић: „Један приступ управљању вођа-пратилац формације мобилних робота у простору статичких препрека“, *Зборник радова 56. конференције ЕТРАН*, јун 2012, стр. РО3.3 1-4

[10] Д. Катић, М. Шушић, А. Ћосић: „Алгоритми самонавођења мобилних робота у статичкој средини“, *Зборник радова 56. конференције ЕТРАН*, јун 2012, стр. РО3.4 1-4

[11] A. Ćosić, M. Šušić, S. Graovac, D. Katić: „An Algorithm for Formation Control of Mobile Robots“, *Serbian Journal of Electrical Engineering*, Vol. 10, No. 1, 2013, pp. 59-72

[12] А. Ћосић, Д. Катић, И. Стојковић: „Приступ за естимацију и локлизацију мобилних робота на бази проширеног ЕКФ алгоритма“, *Зборник радова 57. конференције ЕТРАН*, јун 2013, стр. РО2.1 1-6

[13] D. Katić, A. Ćosić, M. Šušić, S. Graovac: „An Integrated Approach for Intelligent Path Planning and Control of Mobile Robot in Structured Environment“, *New Trends in Medical and Service Robots: Theory and Integrated Applications*, 2013, pp. 161-176

[14] N. Dobrota, A. Ćosić, D. Katić: „Behavior Based Control Approaches for Navigation of Mobile Robots in Dynamic Environments“, *Proceedings of the 2nd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering - IcETRAN2015*, June 2015, pp. ROI1.2 1-6

[15] D. Katić, A. Ćosić, Ž. Despotović: „QuickBot as Educational and Research Platform for Multi Mobile Robotic Systems“, *Proceedings of the 3rd International Conference & Workshop on Mechatronics in Practice and Education*, May 2015, pp. 70-75

ЛИТЕРАТУРА:

[1] http://gazebosim.org/

[2] http://www.ros.org/

[3] http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/40860-sim-i-am

[4] https://en.wikipedia.org/wiki/Robotics_simulator

[5] http://www.smashingrobotics.com/most-advanced-and-used-robotics-simulation-software/

[6] http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=29081

[7] http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/sr/nid/209856

[8] http://www.mathworks.com/products/robotics/

[9] http://petercorke.com/Robotics_Toolbox.html

МИШЉЕЊЕ РЕЦЕНЗЕНАТА

Аутори техничког решења Александар Ђосић, Марко Шушић, Душко Катић, Жељко Деспотовић, из Института Михајло Пупин у Београду су јасно приказали и обрадили комплетну структуру техничког решења. На основу свега наведеног у техничком решењу рецензенти су оценили да техничко решење под називом: **"MOBCON – Специјализовани софтвер за математичко моделовање мобилних робота"** представља резултат који има оригинални стручни и научно-истраживачки допринос. Са задовољством предлажемо да се описано техничко решење **прихвати као техничко решење у категорији М85 -** софтвер.

Рецензенти:

Проф. др Зоран Стојиљковић,
Електротехнички факултет, Београд

Проф. др Томислав Шекара,
Електротехнички факултет, Београд

Предмет: Мишљење рецензента о испуњености критеријума за признавање техничког решења

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије ("Службени гласник РС", бр. 38/2008) **рецензент Проф. др Зоран Стојиљковић, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду, оцењује да су испуњени услови за признање својства техничког решења:**

НАЗИВ: MOBCON – ***Специјализовани софтвер за математичко моделовање мобилних робота***

Аутори: M.Sc. Александар Ћосић, M.Sc. Марко Шушић, Др Душко Катић, Др Жељко Деспотовић

Категорија техничког решења: M(85) – развој софтвера

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ

Рецензентска комисија је утврдила да је предложено решење урађено за Факултет организационих наука – Катедра за софтверско инжењерство, Универзитет у Београду, Улица Јове Илића 154, 11000 Београд

Предложено решење је урађено: у периоду јануар 2014 – октобар 2015. године.

Субјект који је решење прихватио и примењује: Факултет организационих наука -Катедра за софтверско инжењерство, Универзитет у Београду, Улица Јове Илића 154, 11000 Београд

Решење је резултат пројеката, који су финансирани од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије:

1. *ТР35003 - Истраживање и развој амбијентално интелигентних сервисних робота антропоморфних карактеристика*
2. *ИИИ44008 – Развој робота у циљу превазилажења потешкоћа у развоју деце*
3. *ТР33022 – Интегрисани системи за уклањање штетних састојака дима и развој технологије за реализацију термоелектрана и енергана без аерозагађења*

Предложено решење се користи на следећи начин: Користи се за потребе едукације студената и у развоју алгоритама у областима интелигентног управљања и вештачке интелигенције.

Области на које се техничко решење односи: *софтвер, мобилна роботика, аутоматско управљање*

Аутори су у овом техничком решењу предложили софтвер за симулацију управљања кретањем мобилних робота у познатим, делимично познатим и непознатим срединама, и то у једнороботском и мултироботском окружењу. У оквиру предложеног симулатора, аутори су имплементирали навигационе алгоритме, које су објавили у домаћим и иностраним часописима и на домаћим и иностраним конференцијама. Такође, у оквиру техничког решења, аутори су дали и графички интерфејс путем кога се може управљати експерименталном мобилном роботском платформом.
У оквиру техничког решења, аутори су приказали стање у области и дали детаљан опис реализованог техничког решења. Такође, аутори су дали дијаграме тока извршавања појединих делова софтвера, детаљну спецификацију техничких карактеристика као и могућности примене предложеног техничког решења.

На основу свега навденог рецензент је оценио да техничко решење **„MOBCON – Специјализовани софтвер за математичко моделовање мобилних робота“**, представља резултат у категорији M(85) – развој софтвера.

У Београду 30.11.2015. год.

РЕЦЕНЗЕНТ:

Проф. др Зоран Стојиљковић,
Електротехнички факултет, Београд

Предмет: Мишљење рецензента о испуњености критеријума за признавање техничког решења

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије ("Службени гласник РС", бр. 38/2008*)* **рецензент Проф. др Томислав Шекара, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду, оцењује да су испуњени услови за признање својства техничког решења:**

НАЗИВ: MOBCON – ***Специјализовани софтвер за математичко моделовање мобилних робота***

Аутори: M.Sc. Александар Ћосић, M.Sc. Марко Шушић, Др Душко Катић, Др Жељко Деспотовић
Категорија техничког решења: М(85) – развој софтвера

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ

Рецензентска комисија је утврдила да је предложено решење урађено за Факултет организационих наука – Катедра за софтверско инжењерство, Универзитет у Београду, Улица Јове Илића 154, 11000 Београд

Предложено решење је урађено: у периоду јануар 2014 – октобар 2015. године.

Субјект који је решење прихватио и примењује: Факултет организационих наука - Катедра за софтверско инжењерство, Универзитет у Београду, Улица Јове Илића 154, 11000 Београд

Решење је резултат пројеката:

1. *ТР35003 - Истраживање и развој амбијентално интелигентних сервисних робота антропоморфних карактеристика,* финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије у периоду 01.03.2011 - 28.02.2015.
2. *ИИИ44008 – Развој робота у циљу превазилажења потешкоћа у развоју деце,* финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије у периоду 01.03.2011 - 28.02.2015.
3. *ТР33022 – Интегрисани системи за уклањање штетних састојака дима и развој технологије за реализацију термоелектрана и енергана без аерозагађења,* финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије у периоду 01.03.2011 - 28.02.2015.

Предложено решење се користи на следећи начин: Користи се за потребе едукације студената и у развоју алгоритама у областима интелигентног управљања и вештачке интелигенције.

Области на које се техничко решење односи: *софтвер, мобилна роботика, аутоматско управљање*

У оквиру техничког решења, аутори су предложили софтвер за симулацију кретања робота у различитим срединама, као и софтвер за управљање стварном мобилном платформом. У оквиру симулационог пакета, аутори су омогућили симулацију кретања робота у различитим окружењима (једнороботским и мултироботским), као и у различитим срединама (познатим, делимично познатим и непознатим). Реализоване навигационе алгоритме аутори су публиковали у домаћим и иностраним часописима, као и на домаћим и иностраним конференцијама.
Аутори су у оквиру техничког решења дали тренутно стање у области, детаљне дијаграме тока извршавања делова реализованог софтвера, техничку спецификацију и описали могућности примене техничког решења.

На основу свега навденог рецензент је оценио да техничко решење „**MOBCON – Специјализовани софтвер за математичко моделовање мобилних робота**", представља резултат у категорији М(85) – развој софтвера.

У Београду 30.11.2015. год.

РЕЦЕНЗЕНТ:

Проф. др Томислав Шекара,
Електротехнички факултет, Београд

ИНСТИТУТ „МИХАЈЛО ПУПИН“ ДОО
Број: 2884/25-15
26. новембар 2015. године
Б е о г р а д

На основу чл. 24. Статута Института „Михајло Пупин“ ДОО Београд – *Пречишћен текст* („Билтен“ бр.15/2014.), а у складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача („Службени гласник РС“ бр. 38/2008), Научно веће Института „Михајло Пупин“ доноси следећу:

О Д Л У К У

Прихвата се техничко решење под називом: MOBCON-Специјални софтвер за математичко моделирање мобилних робота

Техничко решење је резултат рада на пројектима:

Пројекти Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије,

1. ТР35003-*Истраживање и развој амбијентално интелигентних сервисних робота антропоморфних карактеристика*
2. ИИИ 44008- *Развој робота у циљу превазилажења потешкоћа у развоју деце*
3. ТР33022- *Интегрисани системи за уклањање штетних састојака дима и развој технологија за реализацију термоелектрана и енергана без аерозагађења*

Техничко решење спада у категорију: М(85) – софтвер

Аутори: M.Sc. Александар Ђосић, M.Sc.Марко Шушић, Др Душко Катић и Др Жељко Деспотовић, сви из Института "Михајло Пупин", Универзитета у Београду.

Кратак опис решења:

Техничко решење служи за симулацију планирања кретања мобилног робота у познатим, делимично познатим и непознатим срединама, као и за управљање кретањем стварне 4DF мобилне роботске платформе. Предложено техничко решење се суштински састоји из два дела, од којих је један симулациони и реализован је у MatLAB програмском пакету, док је други део реализован на конткретној 4DF мобилној платформи. У оквиру предложеног техничког решења се може извршити планирање путање, генерисање трајекторије и

праћење жељене трајекторије у познатим срединама, док реактивни контролер за праћење обезбеђује избегавање препрека, у случају да стварне препреке одступају од оних које су мапом средине предвиђене. Такође, имплементиран је и чисто реактивни контролер који обезбеђује вођење робота до циља у случају да је околина у потпуности непозната. У оквиру симулационог пакета је имплементиран и естиматор који врши фузију сензорских информација у циљу локализације робота. У оквиру експерименталне платформе је реализован софтвер у програмском језику C на PC104 контролерској плочи под Linux Ubuntu оперативним системом, у оквиру ког су имплементирани неки од алгоритама датих у симулационом пакету и који комуницира са надређеним рачунаром на ком је реализован клијент програм у програмском језику JAVA и који је задужен за локализацију робота. Клијент програм нуди графички интерфејс ка кориснику, приказ свих релевантних информација везаних за робота и могућност избора између аутоматског и мануелног управљања роботом.

Рецензенти:

- Проф. др Зоран Стојиљковић, Електротехнички факултет, Београд,
- Проф.др Томислав Шекара, Електротехнички факултет, Београд.

На основу позитивног мишљења два рецензента – експерта из области техничког решења, Научно веће је донело предметну одлуку.

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА
ИНСТИТУТА „МИХАЈЛО ПУПИН“ ДОО

ИНСТИТУТ МИХАЈЛО ПУПИН БЕОГРАД

Проф. др Ђуро Кутлача*, дипл. инж.,*
Научни саветник

Достављено:

- ауторима
- Секретаријату Института

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ ОРГАНИЗАЦИОНИХ НАУКА

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊЕ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА – СОФТВЕР

Овим потврђујем да софтверски пакет MOBCON (Специјализовани софтвер за математичко моделовање мобилних робота), развијен од стране M.Sc. Александра Ћосића, M.Sc Марка Шушића, Др Душка Катића и Др Жељка Деспотовића, запослених у Центру за роботику Института Михајло Пупин, користим за потребе едукације студената и у развоју алгоритама у областима интелигентног управљања и вештачке интелигенције. Програмски пакет MOBCON користим од јануара 2015.

Београд, 25. новембар 2015.

Vladan Devedžić

Проф. др Владан Девеџић
Факултет организационих наука,
Универзитета у Београду
devedzic@gmail.com