

Назив НИО који подноси захтев: **Институт за физику у Београду**

РЕЗИМЕ ИЗВЕШТАЈА О КАНДИДАТУ ЗА СТИЦАЊЕ НАУЧНОГ ЗВАЊА

I Општи подаци о кандидату

Име и презиме: Владимир Лончар

Година рођења: 1985.

ЈМБГ: 2810985800021

Назив институције у којој је кандидат стално запослен:

Институт за физику у Београду

Дипломирао: 2009. године, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду

Мастер: 2011. године, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду

Докторат: 2017. године, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду

Постојеће научно звање: научни сарадник

Научно звање које се тражи: научни сарадник (реизбор)

Област науке у којој се тражи звање: природно-математичке науке

Грана науке у којој се тражи звање: физика

Научна дисциплина у којој се тражи звање: физика високих енергија

Назив матичног одбора којем се захтев упућује: Матични одбор за физику

II Датум избора у научно звање:

Научни сарадник: 27. 03. 2019. године

Виши научни сарадник: -

III Научно-истраживачки резултати (Прилог 1 и 2 Правилника):

1. Радови објављени у научним часописима међународног значаја; научна критика; уређивање часописа (M20):

	број	вредност	укупно (норм.)
M21a =	3	10	30 (18,57)
M21 =	6	8	48 (17,07)
M22 =	2	5	10 (4,77)
M23 =	1	3	3 (1,15)

2. Зборници са међународних научних скупова (M30):

	број	вредност	укупно (норм.)
M33 =	5	1	5 (2,52)
M34 =	20	0.5	10 (10)

IV Квалитативна оцена научног доприноса (Прилог 1 Правилника):

4.1. Квалитет научних резултата

4.1.1. Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

Др Владимир Лончар је у досадашњој каријери аутор или коаутор 15 радова у међународним часописима категорије M20, као и једног поглавља категорије M13, при чему је свим публикацијама дао кључни допринос. У часописима категорије M21a кандидат је објавио шест радова, у часописима категорије M21 објавио је такође шест радова, два рада у часописима категорије M22, као и један рад у часопису категорије M23. Објавио је пет радова у зборницима међународних конференција (M33), као и већи број саопштења са међународних конференција у изводима (M34).

У периоду након стицања претходног научног звања (научни сарадник), кандидат је објавио 12 радова у међународним часописима, од тога три рада у часописима категорије M21a, шест радова у часописима категорије M21, два рада у часопису категорије M22, као и један рад у часопису категорије M23. У овом периоду објавио је пет радова у зборницима међународних конференција (M33), као и 20 саопштења са међународних конференција у изводима (M34).

Пет најзначајнијих публикација кандидата остварених током изборног периода:

1. Compressing deep neural networks on FPGAs to binary and ternary precision with hls4ml,
J. Ngadiuba, **V. Lončar**, M. Pierini, S. Summers., G. Di-Guglielmo, J. Duarte, P. Harris, D. Rankin, S. Jindariani, M. Liu, K. Pedro, N. Tran, E. Kreinar, S. Sagar, Z. Wu, and D. Hoang,
Mach. Learn. Sci. Tech. **2**, 015001 (2020).
M21, DOI: 10.1088/2632-2153/aba042

У овом раду је демонстриран ефикасан систем компресије неуронских мрежа тако што се параметри модела представе са само једним или два бита. Овај приступ омогућава употребу логичких операција над скупом битова без коришћења аритметичко-логичке јединице процесора, што омогућава значајно бржи проток података и много већу паралелизацију. Демонстриране перформансе система на скупу података за препознавање бројева на сликама мерен у стотинама наносекунди представља најбољи резултат у време публикације. На другом задатку, класификацији хадронских млазова демонстрирана је могућност употребе овог система на тригеру CMS експеримента. Кандидат је дао кључан допринос развојем алгоритма за брзо рачунање неуронске мреже унутар FPGA уређаја и интеграцију овог система у софтверски алат hls4ml.

2. Automatic heterogeneous quantization of deep neural networks for low-latency inference on the edge for particle detectors,
C. N. Coelho, A. Kuusela, S. Li, H. Zhuang, T. Aarrestad, **V. Lončar**, J. Ngadiuba, M. Pierini, A. A. Pol, and S. Summers,

Nature Mach. Intell. **3**, 675 (2021).
M21a, DOI: 10.1038/s42256-021-00356-5

Као екстензију система компресије из претходног рада, овај рад доноси систем за квантизацију на произвољан број бита и аутоматизацију претраге оптималног броја бита. Развијен је низ алгоритама за квантизацију и популарно софтверско решење Keras је проширено са овим алгоритмима у алат назван QKeras, што олакшава развој компресованих неуронских мрежа истраживачима који користе овај алат. Уз додатну могућност аутоматског проналажења оптималне шеме квантизације било коју неуронску мрежу представљени систем је у стању да компресује мрежу без додатних информација. Овај рад је развијен у сарадњи са компанијом Google, а кандидат је допринео развоју QKeras и hls4ml софтверских решења и имплементацију алгоритама на FPGA уређајима.

3. Fast convolutional neural networks on FPGAs with hls4ml,
T. Aarrestad, **V. Lončar**, N. Ghielmetti, M. Pierini, S. Summers, J. Ngadiuba, C. Petersson, H. Linander, Y. Iiyama, G. Di Guglielmo, J. Duarte, P. Harris, D. Rankin, S. Jindariani, K. Pedro, N. Tran, M. Liu, E. Kreinar, Z. Wu, and D. Hoang,
Mach. Learn. Sci. Tech. **2**, 045015 (2021).
M21, DOI: 10.1088/2632-2153/ac0ea1

У овом раду је представљена имплементација конволуционих неуронских мрежа која је оптимизирана за брзо извршавање на FPGA уређајима. Имајући у виду да конволуционе неуронске мреже захтевају више рачунских операција и притом им је неопходно више меморије за снимање резултата рачуна, овај рад се бавио развојем ефикасног система за проток података, базираног на first in, first out (FIFO) баферу. Да би се поједноставила шема конволуције и убрзао алгоритам, уведен је систем инструкција који уместо математичке формуле за рачунање конволуционог кернела изврши унапред припремљен рачун, што је показано да може да буде ефикасно имплементирано на FPGA уређају. Кључни допринос кандидата је концептуализација идеје брзог процесирања конволуционих мрежа, дизајн алгоритма и његова имплементација.

4. Real-time semantic segmentation on FPGAs for autonomous vehicles with hls4ml,
N. Ghielmetti, **V. Lončar**, M. Pierini, M. Roed, S. Summers, T. Aarrestad, C. Petersson, H. Linander, J. Ngadiuba, K. Lin, and P. Harris,
Mach. Learn. Sci. Tech. **3**, 045011 (2022).
M21, DOI: 10.1088/2632-2153/ac9cb5

Овај рад уводи унапређење алгоритма за конволуцију на FPGA уређајима и метод за оптимизацију тока података у случају да се FPGA уређај користи као акцелератор, налик на графичке процесоре. Значајан допринос овог рада је демонстрација применљивости развијених метода ван домена тригера, конкретно у домену аутономних возила. Показано је да се возила могу посматрати као систем са ограниченим рачунским капацитетом и ограниченим временом за доношење одлука, те да се на проблему сегментације објеката у саобраћају забележених камером на возилу могу применити развијене технологије. Кандидат

је допринео концептуализацијом идеје, имплементацијом представљених унапређења и оптимизацијом тестиране неуронске мреже.

5. Autoencoders on field-programmable gate arrays for real-time, unsupervised new physics detection at 40 MHz at the Large Hadron Collider, E. Govorkova, E. Puljak, T. Aarrestad, T. James, **V. Lončar**, M. Pierini, A. A. Pol, N. Ghilmetti, M. Graczyk, S. Summers, J. Ngadiuba, T. Q. Nguyen, J. Duarte, and Z. Wu, Nature Mach. Intell. **4**, 154 (2022). M21a, DOI: 10.1038/s42256-022-00441-3

Овај рад представља кулминацију идеја и техника објављених у претходно наведеним радовима кроз демонстрацију правца примене машинског учења за откривање нових физичких феномена. У раду је испитивана примена аутоенкодера за детекцију аномалија у забележеним вредностима на сензорима детектора судара честица, које могу да представљају до сад неоткривене физичке процесе. Кандидат је допринео имплементацијом алгоритама за варијационе аутоенкодере и компресијом представљених модела.

4.1.2. Цитираност научних радова кандидата

Према бази Web of Science, радови кандидата су на дан 25. октобра 2023. године били цитирани 359 пута, док је број цитата без аутоцитата био 326. Према истој бази, h-индекс кандидата је 11.

4.1.3. Параметри квалитета радова и часописа

Битан елемент за процену квалитета научних резултата је и квалитет часописа у којима су радови објављени, односно њихов импакт фактор – ИФ. У периоду након стицања претходног научног звања (научни сарадник), др Лончар је објавио радове у часописима категорија M21a, M21, M22 и M23:

- 2 рада у Nature Machine Intelligence, ИФ(2021)=25.898, ИФ(2022)=23.8;
- 1 рад у Computer Physics Communications, ИФ(2019)=4.623;
- 5 радова у Machine Learning: Science and Technology, ИФ(2022)=6.8, ИФ(2021)=6.013;
- 1 рад у Transactions on Nuclear Science, ИФ(2021)=1.708;
- 2 рада у Transactions on Reconfigurable Technology and Systems, ИФ(2022)=2.9;
- 1 рад у Journal of Instrumentation, ИФ(2020)=1.415.

Укупан импакт фактор радова кандидата у периоду након стицања претходног научног звања је 95.67. Часописи у којима објављује др Лончар су цењени по свом угледу и водећи у његовим областима рада. Међу поменутиим часописима посебно се истичу Nature Machine Intelligence, Computer Physics Communications и Machine Learning: Science and Technology.

Додатни библиометријски показатељи у вези са објављеним радовима кандидата након стицања претходног научног звања приказани су у следећој табели:

	ИФ	М	СНИП
Укупно	95,67	91	28,44
Усредњено по чланку	7,97	7,58	2,37
Нормирано на број аутора	8,407	8,31	2,60

4.1.4. Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

У свом досадашњем раду, кандидат је своје истраживачке делатности у земљи реализовао у Институту за физику у Београду, а ван земље у Европској организацији за нуклеарно истраживање (CERN) и Масачусетском институту за технологију (Massachusetts Institute of Technology, MIT). Кандидат има активну међународну сарадњу у области примене вештачке интелигенције на тригер системима CMS експериманта. Кроз CMS колаборацију, кандидат сарађује са истраживачима са Универзитета у Сан Дијегу (University of California San Diego, UCSD), Универзитета у Вашингтону (University of Washington, UW), Империјал колеџа у Лондону (Imperial College London, IC), ETH у Цириху, као и истраживачима из CERN и Fermilab лабораторија. Резултати ове сарадње се огледају у објављивању 11 радова M20 категорије, објављених након претходног избора у звање. У поменутих радовима кандидат је дао кључни допринос дизајну и имплементацији алгоритама, као и верификацији коректног извршавања на специјализованом хардверу.

4.1.5. Елементи применљивости научних резултата

Алгоритми машинског учења које је кандидат развио су обједињени у софтверски пакет hls4ml. Овај пакет подржава рад са више врста неуронских мрежа које су применљиве на многе друге научне области где постоје захтеви за брзом обрадом података. Технике компресије неуронских мрежа нису ограничене само на алгоритме имплементираних у hls4ml пакету већ су широко применљиве у свим областима примене неуронских мрежа. Доказ за ово су два M21 рада објављена са партнером из индустрије у области безбедности аутономних возила које је засновано на hls4ml технологији.

4.2. Ангажованост у формирању научних кадрова

Кандидат је био ко-ментор приликом израде мастер теза следећим студентима:

- Benjamin Ramhorst, теза под насловом "Hardware-aware pruning of real-time neural networks" одбрањена на Империјал колеџу у Лондону;
- Xiaohan Liu, теза под насловом "FPGA Deployment of LFADS for Real-time Neuroscience Experiments" одбрањена на Универзитету у Вашингтону;
- Kelvin Lin, теза под насловом "Convolutional Layer Implementations in High-Level Synthesis for FPGAs" одбрањена на Универзитету у Вашингтону.

Учествовао је у комисији за одбрану доктората Немање Милошевића на Природно-математичком факултет Универзитета у Новом Саду.

4.3. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Кандидат је објавио 12 радова М20 категорије у периоду након стицања претходног научног звања, чији је укупан ненормирани број М бодова 91. Као резултат сарадње истраживача из више лабораторија и универзитета радови имају већи број аутора. Сви радови су базирани на нумеричким симулацијама, па је нормирање извршено за радове са више од пет аутора. Један рад категорије М21а има 5 аутора те се по правилнику рачуна са пуним бројем бодова. Преостала два М21а рада имају 14 и 10 аутора, па је нормиран број бодова 3,57 и 5. Број аутора на радовима категорије М21 је од 11 до 20, стога се број нормираних поена креће од 2 до 3,64. Два М22 рада су нормирани и након тога је број бодова 2,27 и 2,5, док је за М23 рад након нормирања број бодова 1,15.

Укупан број бодова кандидата након нормирања износи 54,09, што је последица широке сарадње. Међутим, и након нормирања кандидат вишеструко задовољава све квантитативне услове за реизбор у звање научни сарадник.

4.4. Активност у научним и научно-стручним друштвима

Кандидат је један од организатора радионица ML@L1 Trigger Workshop које су одржане од 10. до 15. октобра 2022. и од 11. до 15. децембра 2023. године. Током свог боравка у CERN-у је био организатор семинара mPP tutorials на тему алата и техника машинског учења. Кандидат је био рецензент радова објављених у часописима IEEE Transactions on Nuclear Science (категорија М21) и Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems (категорија М22). Наведене активности су документоване у прилозима.

4.5. Утицај научних резултата

Утицај научних резултата кандидата огледа се пре свега кроз цитираност. Овај податак је наведен у одељку 4.1.2. Такође, чињеница да су радови кандидата објављени у врхунском часопису из области (Nature Machine Intelligence), чији је импакт фактор 23,8 за 2022. годину, говори да су добијени научни резултати актуелни и значајни.

4.6. Конкретан допринос кандидата у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

Од 12 објављених радова од претходног избора у звање, кандидат је у два дао кључан допринос у погледу концептуализације рада, развоја нумеричких алгоритама, симулације и верификације коректности решења, док је у преосталим дао значајне доприносе у развоју нумеричких метода, интерпретацији резултата, и унапређењу аналитичких решења. Значајно је допринео писању свих поменутих радова.

Кандидат је досадашњу научну активност обављао у Природно-математичком факултету Универзитета у Новом Саду, Институту за физику у Београду,

Европској организацији за нуклеарно истраживање (CERN) и Масачусетском институту за технологију (Massachusetts Institute of Technology, MIT).

4.7. Уводна предавања на конференцијама, друга предавања и активности

Кандидат је одржао два предавања по позиву на међународним радионицама:

- *Tecniche Di Machine Learning Con Dispositivi FPGA per Gli Esperimenti Di Fisica Delle Particelle*, одржане од 2. до 4. новембра 2022. године у Болоњи,
- *Fast ML for Science @ ICCAD*, одржане 2. новембра 2023. године у Сан Франциску.

Такође је по позиву одржао предавање у оквиру семинара на А3D3 институту. У прилогу су документовани материјали којима се поткрепљују докази о позивним предавањима.

V Оцена комисије о научном доприносу кандидата, са образложењем:

Др Владимир Лончар у потпуности испуњава све услове за реизбор у звање научни сарадник предвиђене Правилником о стицању истраживачких и научних звања Министарства науке, технолошког развоја и иновација. У досадашњој каријери остварио је оригиналне и веома значајне научне резултате везане за развој и примену ефикасних алгоритама за неуронске мреже у тригер системима експерименталне физике високих енергија. Посебно истичемо да су његови главни резултати објављени у врхунским часописима из области, укључујући и Nature Machine Intelligence (импакт фактор 23,8 за 2022. годину).

Имајући у виду квалитет његовог научноистраживачког рада и достигнути степен истраживачке компетентности и самосталности, изузетно нам је задовољство да предложимо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за реизбор др Владимира Лончара у звање научни сарадник.

Београд, 9. новембар 2023. године



ПРЕДСЕДНИК КОМИСИЈЕ
др Антун Балаж
научни саветник
Институт за физику у Београду

МИНИМАЛНИ КВАНТИТАТИВНИ ЗАХТЕВИ ЗА СТИЦАЊЕ ПОЈЕДИНАЧНИХ НАУЧНИХ ЗВАЊА

За природно-математичке и медицинске струке

Диференцијални услов	Потребно је да кандидат има најмање N поена, који треба да припадају следећим категоријама:		
		Неопходно N	Остварено (нормирано*)
Научни сарадник	Укупно	16	106 (54.09)
	$M_{10}+M_{20}+M_{31}+M_{32}+M_{33}+M_{41}+M_{42} \geq$	10	96 (44.09)
	$M_{11}+M_{12}+M_{21}+M_{22}+M_{23} \geq$	6	91 (41.57)

*Нормирање је извршено у складу са Правилником о стицању истраживачких и научних звања.