

## НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ У БЕОГРАДУ

### Извештај комисије за реизбор др Владимира Лончара у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 7. новембра 2023. године именовани смо у комисију за реизбор др Владимира Лончара у звање научни сарадник.

Прегледом материјала који нам је достављен, као и на основу личног познавања кандидата и увида у његов рад и публикације, Научном већу Института за физику у Београду подносимо овај извештај, чији су саставни део и прилози из поднетог материјала.

### 1. БИОГРАФСКИ И СТРУЧНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Др Владимир Лончар је рођен 28. октобра 1985. године у Новом Саду. Основне студије на Природно-математичком факултету Универзитета у Новом Саду, смер дипломирани информатичар - пословна информатика, уписао је 2004. године, а завршио 2009. године. Мастер студије на истом факултету, на смеру информациони системи, завршио је 2011. године. Докторску дисертацију под називом „Hybrid parallel algorithms for solving nonlinear Schrödinger equation“ („Хибридни паралелни алгоритми за решавање нелинеарне Шредингерове једначине“) одбранио је 2017. године на Департману за математику и информатику Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду под менторством др Антуна Балажа из Института за физику у Београду и проф. др Срђана Шкрбића са Природно-математичког факултета у Новом Саду.

Од 2015. је запослен у Лабораторији за примену рачунара у науци Института за физику у Београду. У марту 2019. изабран је у звање научни сарадник. Радио је на пројекту основних истраживања „Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система“ (ОН171017) под руководством др Антуна Балажа.

Од 2018. до 2022. био је на пост-докторском усавршавању у Европској организацији за нуклеарно истраживање (CERN) где је радио на примени техника машинског учења на тригер систему CMS експеримента. Од 2022. је на пост-докторском усавршавању на Масачусетском институту за технологију (Massachusetts Institute of Technology, MIT) где је наставио своје истраживање у области машинског учења.

Главне теме његовог истраживања су у области примене метода машинског учења у физици високих енергија, конкретно компресије неуронских мрежа и ефикасног извршавања на различитим хардверским платформама.

Др Владимир Лончар је до сада објавио 15 радова у међународним часописима, једно поглавље категорије M13, као и пет саопштења са међународних скупова штампаних у целини. Од претходног избора у звање објавио је 12 радова у међународним часописима и пет саопштења са међународних скупова штампаних у целини.

## 2. ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

Досадашњи научноистраживачки рад др Владимира Лончара припада областима физике високих енергија и (до доктората) кондензоване материје.

У оквиру физике високих енергија, фокус истраживања кандидата је био на примени вештачке интелигенције. Кандидат се бавио развојем ефикасних алгоритама за неуронске мреже на FPGA уређајима, посебно применом у тригер системима експеримената физике високих енергија. Главни изазов у оваквим системима је да процесирање догађаја мора да се заврши веома брзо, најчешће за мање од једне микросекунде, што онемогућава примену графичких процесора и алата за ефикасно машинско учење на њима. Уместо графичких процесора, тригер системи користе FPGA уређаје и посебно прилагођене алгоритме који паралелно процесирају податке. За успешну примену неуронских мрежа на оваквим системима, неопходно је развити како алгоритме за различите врсте неуронских мрежа, тако и саме неуронске мреже, које треба да имају добру моћ одлучивања уз што мању комплексност. Комплексност неуронских мрежа може се смањити применом разних техника компресије. Примарна активност кандидата је била имплементација паралелних алгоритама за неуронске мреже уз ограничења које тригер системи доносе и примена техника компресије приликом развоја модела. Демонстриране су имплементације више различитих типова неуронских мрежа обједињене у софтверско решење hls4ml чији је кандидат главни аутор. У оквиру ове теме, објавио је неколико публикација у међународним часописима и зборницима са међународних конференција.

У зависности од проблема који се решава, постоје различите врсте неуронских мрежа. У свом најосновнијем облику, неуронске мреже поседују синапсе између свих неурона, тзв. потпуно повезане неуронске мреже. Алгоритам за пропацију података кроз ову врсту неуронске мреже се своди на множење матрица, за који већ постоје изузетно напредне имплементације. Међутим, уз стриктна ограничења на време извршавања пропације података кроз неуронску мрежу, алгоритми за множење матрица се не скалирају и самим тим онемогућавају примену већих неуронских мрежа. Кандидат је радио на смањењу броја рачунских операција на два начина: уклањањем синапси које не доприносе пуно коначном резултату кроз "орезивање" (енгл. pruning) и кроз смањење броја бита који се користе за репрезентацију података у мрежи путем квантизације (енгл. quantization). Уколико се подаци у неуронској мрежи представе са само један или два бита (тзв. бинарне и тернарне неуронске мреже) могуће је развити ефикасан алгоритам који се ослања искључиво на логичке операције које су много брже од множења за које се користе аритметичко-логичке јединице процесора. Применом ове технике могуће је процесирање већих потпуно повезаних мрежа у органиченом временском периоду. Овај резултат детаљније је описан у раду:

- 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

Централни и графички процесори су дизајнирани за оптималан рад са специфичним типовима података који користе 16, 32 или 64 бита. За разлику од њих, FPGA уређаји раде са произвољним бројем бита што их чини веома погодним за квантизоване неуронске мреже. Да би се у потпуности искористила ова флексибилност неопходно је одабрати оптималан број бита за сваки слој неуронске мреже. Ово може бити веома изазовно имајући у виду број комбинација и величину простора претраживања, као и чињеницу да се свака квантизована неуронска мрежа мора додатно тренирати. Избор оптималног типа података се може претворити у проблем математичке оптимизације, где се алгоритмом Бајесове оптимизације може аутоматизовати оптималан избор. Кандидат је у сарадњи са истраживачима из компаније Google и колегама из CERN-а развио софтверско решење за развој квантизованих неуронских мрежа и које аутоматизује оптималан избор квантизационих параметара. Резултат овог истраживања је објављен у следећем раду:

- 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

Поред основних потпуно повезаних неуронских мрежа, кандидат се бавио и развојем ефикасних имплементација других врста (архитектура) неуронских мрежа. Конволуционе неуронске мреже, најчешће коришћене за обраду слика и других врста сигнала, су комплексније и захтевају више рачунских операција и већу количину меморије. Ефикасне имплементације ове архитектуре захтевају максимално искоришћење пропусне моћи FPGA процесора, те је неопходно било развити подсистем за проток података који припрема податке за конволуцију, извршава неопходне рачунске операције и прослеђује резултата у следећи слој мреже уз минимално задржавање у меморији. Сличан изазов јавља се и у рекурентним неуронским мрежама, које се користе за обраду података налик низовима. Кандидат је објавио неколико радова на тему ових архитектура и показао да њихова примена није само у домену физике високих енергија:

- 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
- 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

- Ultra-low latency recurrent neural network inference on FPGAs for physics applications with hls4ml,  
E. E. Khoda, D. Rankin, R. Teixeira de Lima, P. Harris, S. Hauck, S.-C. Hsu, M. Kagan, **V. Lončar**, C. Paikara, R. Rao, S. Summers, C. Vernieri, and A. Wang,  
Mach. Learn. Sci. Tech. **4**, 025004 (2023).  
M21, DOI: 10.1088/2632-2153/acc0d7

Поменуте архитектуре неуронских мрежа се у својој основи ослањају на ефикасан алгоритам за множење матрица. За разлику од њих, графовске неуронске мреже захтевају другачији приступ да би могле да се користе на тригер системима. У случају да су подаци представљени у облику графова, њихова репрезентација у меморији рачунара путем густих матрица је неефикасна, док нерегуларан приступ меморији онемогућава максималну паралелизацију. Упркос овим изазовима, графовске неуронске мреже су веома погодне за поједине задатке за обраду података које долазе са детектора судара честица, попут реконструкције трајекторије честица у детектору након судара. Репрезентацијом путем проређених матрица са посебном структуром која омогућава паралелно процесирање овај проблем се може заобићи, што је кандидат демонстрирао у раду:

- Distance-Weighted Graph Neural Networks on FPGAs for Real-Time Particle Reconstruction in High Energy Physics,  
Y. Iiyama, G. Cerminara, A. Gupta, J. Kieseler, **V. Lončar**, M. Pierini, S. R. Qasim, M. Rieger, S. Summers, G. Van Onsem, K. A. Wozniak, J. Ngadiuba, G. Di Guglielmo, J. Duarte, P. Harris, D. Rankin, S. Jindariani, M. Liu, K. Pedro, N. Tran, E. Kreinar, and Z. Wu,  
Front. Big Data **3**, 598927 (2020).  
DOI: 10.3389/fdata.2020.598927

Користећи развијене алгоритме и механизме за унапређење перформанси неуронских мрежа кандидат се бавио развојем система за откривање аномалија заснованог на аутоенкодерима ради ненадгледаног откривања нових физичких феномена на систему за селекцију догађаја CMS експеримента. Резултати овог истраживања су приказани у следећем раду:

- 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. Ghielmetti, 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

### 3. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАЛИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

#### 3.1. Квалитет научних резултата

##### 3.1.1. 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 алгорита 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. Ghielmetti, 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.

### ***3.1.2. 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.

### ***3.1.3. 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

#### **3.1.4. 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), ЕТН у Цириху, као и истраживачима из CERN и Fermilab лабораторија. Резултати ове сарадње се огледају у објављивању 11 радова М20 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.

#### **3.1.5. 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 М21 рада објављена са партнером из индустрије у области безбедности аутономних возила које је засновано на hls4ml технологији.

### **3.2. 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.

### **3.3. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења**

Кандидат је објавио 12 радова M20 категорије у периоду након стицања претходног научног звања, чији је укупан ненормирани број M 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 M21a има 5 аутора те се по правилнику рачуна са пуним бројем бодова. Преостала два M21a рада имају 14 и 10 аутора, па је нормиран број бодова 3,57 и 5. Број аутора на радовима категорије M21 је од 11 до 20, стога се број нормираних поена креће од 2 до 3,64. Два M22 рада су нормирани и након тога је број бодова 2,27 и 2.5, док је за M23 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.

### **3.4. 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 (категирија M21) и Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems (категирија M22). Наведене активности су документоване у прилозима.

### **3.5. Утицај научних резултата**

Утицај научних резултата кандидата огледа се пре свега кроз цитираност. Овај податак је наведен у одељку 3.1.2. 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.

### **3.6. 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).

### 3.7. 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.

## 4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

Остварени резултати у периоду након избора у претходно звање:

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова	Нормирани број М бодова
M21a	10	3	30	<b>18.57</b>
M21	8	6	48	<b>17.07</b>
M22	5	2	10	<b>4.77</b>
M23	3	1	3	<b>1.15</b>
M33	1	5	5	<b>2.52</b>
M34	0.5	20	10	<b>10</b>

Поређење са минималним квантитативним условима за реизбор у звање научни сарадник:

Минимални број М бодова	Неопходно	Остварено	Остварено, нормирани број М бодова
Укупно	16	106	<b>54.09</b>
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	96	<b>44.09</b>
M11+M12+M21+M22+M23	6	91	<b>41.57</b>

## 5. ЗАКЉУЧАК

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 експеримената 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. год.

Чланови комисије:

др Антун Балаж  
научни саветник  
Институт за физику у Београду

др Душан Вудраговић  
научни сарадник  
Институт за физику у Београду

др Бошко Николић  
редовни професор  
Електротехничког факултета Универзитета у Београду