

**სსიპ შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის
კვლევითი საგრანტო პროექტის პროგრამული ანგარიში
1 - თავფურცელი / ზოგადი ინფორმაცია**

1	საგრანტო ხელშეკრულება №	FR/430/3-250/13
2	საანგარიშო პერიოდი №	6
3	ანგარიშის ტიპი • საბოლოო: • პირველადი/დაზუსტებული:	საბოლოო პირველადი
4	ანგარიშის პერიოდულობა (ექვსთვიანი / წლიური / სხვ.)	ექვსთვიანი
5	საგრანტო პროექტის სახელწოდება:	ნაწო-სენსორული სისტემებით პათოგენური მიკროორგანიზმების დეტექტირების მოდელის შესწავლა - შემუშავება
6	კონკურსი, რომლის ფარგლებშიც დაფინანსდა პროექტი: (კონკურსის სახელწოდება, წელი)	ფუნდამენტური კვლევებისათვის სახელმწიფო სამეცნიერო გრანტის პროექტი 2013
7	სამეცნიერო მიმართულება: ქვე-მიმართულება: (მიუთითეთ სიტყვიერად და კოდი კლასიფიკატორიდან):	ნაწომასაღები, ნაწოსტრუქტურები, ნაწოტექნოლოგია 3-250
8	გრანტის მიმღები წამყვანი ორგანიზაცია • ორგანიზაციის დასახელება: • სტატუსი (სსიპ, ააიპ, სხვ.): • საიდენტიფიკაციო კოდი:	საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი (სტუ) ააიპ 211349192
9	გრანტის მიმღები წამყვანი ორგანიზაციის ხელმძღვანელი/პასუხისმგებელი პირი: (სახელი, გვარი, თანამდებობა ტელ. ელ. ფოსტა)	ზურაბ გასიტაშვილი - რექტორის მოადგილე +995 322 36 36 36; +995 591 191732 zur_gas@gtu.ge
10	საგრანტო პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი: (სახელი, გვარი, ტელ. ელ. ფოსტა)	თამარ ბჟალავა +995 599 944212 tamrikobzhalava@yahoo.com
11	საგრანტო პროექტის ბუღალტერი: (სახელი, გვარი, ტელ. ელ. ფოსტა)	ლიკა კურახჩიშვილი +995 599 005878; lika_gtu@yahoo.com
12	თანამონაწილე ორგანიზაცია • ორგანიზაციის სახელი: • პასუხისმგებელი პირი: (სახელი, გვარი, პოზიცია, ტელ. ელ. ფოსტა)	
13	თანადამფინანსებელი ორგანიზაცია • ორგანიზაციის სახელი: • პასუხისმგებელი პირი: (სახელი, გვარი, პოზიცია, ტელ. ელ. ფოსტა)	
10	პროექტის ხანგრძლივობა (თვეების რაოდენობა): • პროექტის დაწყება (რიცხვი/თვე/წელი): • პროექტის დასრულება (რიცხვი/თვე/წელი):	36 თვე 31.03 2014 31.03.2017
11	პროექტის მთლიანი ბიუჯეტი:	148500 (ასორმოცდარვაათას ხუთასი) ლარი
12	ფონდიდან მიღებული გრანტის მთლიანი ოდენობა: (საგრანტო ხელშეკრულებით განსაზღვრული)	148500 (ასორმოცდარვაათას ხუთასი) ლარი
13	საანგარიშო პერიოდისთვის ფონდიდან მიღებული გრანტიდან გაწეული ხარჯი:	144237,45 (ასორმოცდაოთხი ათას ორასოცდაჩვიდმეტი, 0.45) ლარი
14	ბიუჯეტის ნაშთი • ნაშთი გადარიცხული თანხიდან • ნაშთი დამტკიცებული ბიუჯეტიდან	4262,55 (ოთხი ათას ორას სამოცდაორი, 0.55) ლარი 0 ლარი

გრანტის მიმღები წამყვანი ორგანიზაციის ხელმძღვანელის ხელმოწერა და ბეჭედი:

საგრანტო პროექტის ხელმძღვანელის ხელმოწერა:

ანგარიშის ჩაბარების თარიღი:

1. კვლევის შემაჯამებელი მოკლე ანგარიში

სამეცნიერო პროექტის მიზნები, ამოცანები და მიღწეული შედეგები (მოცემულ გრაფაში მიუთითეთ განხორციელებული სამეცნიერო პროექტის მიზნები, ამოცანები და პროექტის განხორციელების შედეგები. მოკლე ანგარიშის მოცულობა: რეკომენდირებული-400 სიტყვა, არაუმეტეს 800 სიტყვისა)

პროექტის მიზანია ნანო-სენსორული სისტემებით პათოგენური მიკროორგანიზმების დეტექტირების მოდელის შესწავლა-შემუშავება. დაავადებების გამომწვევი პათოგენური მიკროორგანიზმების, კერძოდ ვირუსების დეტექტირების თეორიული საფუძვლების და კონცეპტუალური მიდგომების შემუშავება, მის საფუძველზე ერთ/ორ პარამეტრიანი მოდელური ამოცანის ამოხსნა, ფიზიკური მოდელის შემუშავება, ამოცანის მანქანური ექსპერიმენტის/ სიმულაციური პროექტის წარმოდგენა. პროექტის სამუშაო გეგმის შესაბამისად ეტაპობრივად სრულად არის გადაწყვეტილი ცხრა ამოცანა.

ჩატარდა ადგილობრივი და საერთაშორისო ლიტერატურული წყაროების ბეჭდვითი, ინტერნეტ-გამოცემების შეგროვება, შესწავლა, სისტემატიზაცია, შეჯერება, ანალიზი: ა) ბიო-ობიექტების (BO) და გარემოს (CE) კომპონენტების ბ) სენსორული სისტემებისა (BS) და პროგრამული სერვისების (NS) კომპონენტების განხრით; შესწავლილ იქნა საკითხები (BO)-ის გავლენის შესახებ (CE) პარამეტრებზე;

შემუშავებული კრიტერიუმების და ცხრილების ანალიზის საფუძველზე, შერჩულ იქნა პათოგენურ მიკროორგანიზმთა, ვირუსთა სიმრავლიდან შემდგომი კვლევისთვის (BO)-ის სამიზნე ჯგუფი-უშალითო იკოსაედრული ფორმის, 153 სეროტიპის მქონე რინოვირუსები (Rhinovirus A,B,C), რომელთა გავრცელება გარემოში ხორციელდება ჰაერ-წვეთოვანი გზით, ხოლო გავრცელების ფორმას წარმოადგენს ვირიონის შემცველი აეროზოლური ნაწილაკი. დადგინდა (BO)-ის და (CE)-ს მახასიათებელი პარამეტრები, პარამეტრთა ცვლილების არეები, განისაზღვრა (BO)-ის და (CE)-ს მახასიათებელი ფუნქციები. შემუშავდა (BO)-ის და (CE) -ს მოდელები.

შერჩეულ იქნა ბიონაწილაკთა დეტექტირების დანიშნულების ნანოსენსორები, ნანოსენსორული სისტემები (BS), პროგრამული და ქსელური სისტემები (NS). შესწავლილ იქნა მათი მახასიათებელი პარამეტრები, გამოყენების შესაძლებლობები.

შემუშავდა ვირუსულ ნაწილაკთა დეტექტირების ამოცანის გადაწყვეტის მეთოდიკა. გადაწყდა ერთ/ორ პარამეტრიანი გული-გარსი მოდელის ნაწილაკების შემთხვევაში 3D და 2D განზომილებიანი ელექტროდინამიკისა სასაზღვრო ამოცანა. შეირჩა და დამუშავდა ერთ/ორ პარამეტრიანი ამოცანებისთვის მონაცემთა დამუშავების სტატისტიკური მეთოდები. შედეგად შეირჩა და განისაზღვრა სისტემის ემ ველი-ნაწილაკი (ნაწილაკთა სისტემა) ურთიერთქმედების ამოცანის გადაწყვეტის დეტერმინისტული და სტატისტიკური მეთოდები.

დამუშავდა პროგრამული და გამოთვლითი პაკეტები, რომელთა ბაზაზე ჩატარდა მანქანური/რიცხვითი ექსპერიმენტები, ორი ფორმის ვირუსულ ნანონაწილაკთა სპექტროსკოპული და გამზნევი თვისებების შესწავლა. განხორციელდა შემუშავებული სიმულაციური მოდელის ტესტირება, დახვეწა, შეფასება, პრეზენტირება.

პროექტის განხორციელების შედეგად:

შემუშავებულია პათოგენური მიკროორგანიზმების, კერძოდ ვირუსების დეტექტირების კონცეფცია და თეორიული საფუძვლები, გადაწყვეტილია ერთ-ერთი სახეობის ვირუსის დეტექტირება-იდენტიფიკაციის მოდელური ამოცანა.

შემუშავებულია ოპტიკური დეტექტირების ორიგინალური ფიზიკური მოდელი, დაფუძნებული ვირუსულ ნაწილაკთა განხილვაზე ფიზიკური ნანობიექტის სახით, ყოველი ვირიონისთვის დამახასიათებელი სპეციფიური ელექტრო-გეომეტრიული პარამეტრების სიმრავლით, რომლებიც განაპირობებენ ნანობიონაწილაკთა უნიკალური სპექტროსკოპული „ანაბეჭდის“ არსებობას.

ვირუსების მორფოლოგიის საფუძველზე, კაპსიდის პროტეინებთან და დნმ/რნმ-თან დაკავშირებული პარამეტრების გამოყენებით, შემუშავებულია იკოსაედრული, სპირალური, გაჭიმული იკოსაედრული, ჩხირისებრი ფორმის ვირიონების გული-გარსი სტრუქტურის, ვირუსულ ნაწილაკთა (VLP) მოდელი.

ვირუსის მაგვარ (VL) ნაწილაკთა დეტექტირების მოდელის თეორიულ საფუძველს წარმოადგენს მაქსველის ემ ველის, ერთეულ ნაწილაკთა და ნაწილაკთა სისტემებზე (ბიოაეროზოლებზე) ემ ტალღათა გაბნევის თეორიები, ელექტროდინამიკის სასაზღვრო ამოცანების თეორიული და რიცხვითი ამონახსნები, ასევე მონაცემთა დამუშავების მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდები.

მანქანური ექსპერიმენტის ბაზაზე, განისაზღვრა სფერული და ცილინდრული ფორმის VL ნაწილაკების გაბნევის უნარიანობის მახასიათებელი სიდიდეები, შედეგები წარმოდგენილ იქნა გრაფიკების სახით.

სიმულაციური შესწავლის საფუძველზე დადასტურდა VL ნაწილაკთა სპექტროსკოპული თვისებების ძლიერი დამოკიდებულება ნაწილაკთა ფორმაზე, გეომეტრიულ ზომებზე, გული-გარსის შემადგენლობაზე, რეზონანსულ დიაპაზონებში სისტემის (ტალდა-ნანობიონაწილაკი) სენსიტიურობა, განისაზღვრა ემ ტალღის სიგრძის რეზონანსული დიაპაზონები.

შემუშავდა VL ნაწილაკთა დეტექტირების სპექტროსკოპული მეთოდი, რომელიც ემყარება ემ ტალღის და VL ნაწილაკის ურთიერთქმედების შედეგის დაფიქსირებას, სპექტრული პასუხის (ინტენსივობის და სხვა) გაზომვას.

ნანობიონაწილაკთა სპექტროსკოპული „ანაბეჭდის“ კონცეფციის ბაზაზე შემუშავდა (VL) ნაწილაკთა დეტექტირება-იდენტიფიკაციის სისტემა-მოდელი, ლოკალური ქსელით დაკავშირებული პროგრამული და გამოთვლითი პაკეტების, სენსორების სისტემის ერთობლიობა.

შეიქმნა ნანოსენსორული სისტემისა და ქსელის მოქმედების სქემა, ქსელური არქიტექტურის მოდელი, მართვის ლოგიკური ელემენტების და დეტექტირება-იდენტიფიკაციის ფორმალური ალგორითმის უზრუნველყოფით.

მიღებული შედეგების, მოდელის, თეორიული, პროგრამული, რიცხვითი სახით გამოყენება შესაძლებელია ნანონაწილაკთა სპექტროსკოპულ და აეროზოლურ კვლევებში, ნანოსენსორულ და დეტექტირების სისტემებში, ნანობიოტექნოლოგიებში, ბიოაგენტთა მონაცემთა სპექტროსკოპულ „ანაბეჭდთა“ ბაზის შექმნის საფუძველად, სპექტროსკოპულ ექსპერიმენტულ გაზომვებთან კომბინაციაში, ძლიერი ექსპერიმენტული ბაზის და ევროპულ კვლევით ცენტრებთან ერთობლივი პროექტების განხორციელების პირობებში.

2. სამეცნიერო პროდუქტიულობა (კვლევითი პროექტის განხორციელების შედეგად მიღებული სამეცნიერო პროდუქტები)

2.1. საგრანტო პროექტის მსვლელობისა და განხორციელების შედეგად მომზადებული და გამოქვეყნებული პუბლიკაცია

მიუთითეთ პროექტის განხორციელების შედეგად მიღებული პროდუქტები ქვემოთ მოყვანილი ჩამონათვალიდან:

- საერთაშორისო და ადგილობრივ რეფერირებად სამეცნიერო ჟურნალებში/გამოცემებში გამოქვეყნებული სტატია

№	ავტორ(ებ)ი	სტატიის სათაური	ჟურნალის სათაური	ტომი/ გამოცემა	გამოცემის თარიღი	გამომცემლობა	ადგილობრივი/საერთაშორისო (მიუთითეთ ერთ-ერთი)	სტატიის სტატუსი: გამოცემული, მიღებული, ელოდება გამოცემას, განხილვის პროცესში მყოფი, წარდგენილი, სხვ. (მიუთითეთ ერთ-ერთი)	ინტერნეტ-ბმული
1	Paata J. Kervalishvili	Investigations of	American Journal of	v.6. no.1,	April 2016	Scientific &Academic	საერთაშორისო	გამოცემული	DOI:

	Tamar N. Bzhalava	Spectroscopic Characteristics of Virus-Like Nanobioparticles	Condensed Matter Physics	p.7-16. 6(1)		Publishing Co. (SAP)			10.5923/j.ajcmp.20160601.02 http://www.sapub.org/journal/authorguidelines.aspx?journalid=1023
2	T. Bzhalava, V. Kvintradze, M.Tsirekidze	Some Spectroscopic Methods of Studying Bio-Particles	Information and Computer Technology, Modeling, Control	Book	2017	NOVA Science Publishers, Inc, USA	საერთაშორისო	ელოდება გამოცემას	https://www.novapublishers.com
3	K. Kapanadze, G. Kakabadze, V. Kvintradze	Some optical methods of detecting pathogenic nano-bio-particles	International Journal of Nanosciences & Nanotechnologies', "Nano Studies"	11, pp.21-26	2015	Publishing house „Nekeri“ ISSN 1987-8826	საერთაშორისო	გამოცემული	www.Nanostudies.org
4	Bzhalava T.N. Chikhladze G.G. Kakabadze G.G. Kapanadze K.G. Kvintradze V.I. Tsirekidze M.A.	SOME ASPECTS OF BIO-AEROSOL TRANSMISSION IN INDOOR ENVIRONMENT	„Georgian Engineering News” (GEN)	№1, p.77-83	2015	Copyright by GEN Ltd, ISSN 1512-0287	ადგილობრივი	გამოცემული	www.tech.caucasus.net
5	Tamar BZHALAVA, Paata KERVALISHVILI, Mzia TSIREKIDZE, Goga KAKABADZE	MODEL OF STUDYING ELECTROMAGNETIC FIELD AND WAVES THEORY VIA COMPUTER SIMULATION	International conference on education in mathematics, science & technology (ICEMST 2016) Proceeding book	p.p. 68-74	2016	ISRES publishing Editors Mack Shelley, Selahattin Alan, Ismail Celik, ISBN:978-605-66950-3-2	საერთაშორისო	გამოცემული	www.icemst.com
6	Ketevan G. Kapanadze, Tamara N. Bzhalava, Guram G. Chikhladze	Theoretical Fundamentals of Spectral Analysis and Spectroscopic Facilities in Nano and Micro Bio-Objects Investigations	j. Nano Studies	14, pp. 33-38	2016		საერთაშორისო	იბეჭდება	www.Nanostudies.org

- წიგნები, მონოგრაფიები ან სხვა არაპერიოდული, ერთჯერადი გამოცემები

წიგნები, მონოგრაფიები, დისერტაციის/ნაშრომები, თეზისები, ან მსგავსი გამოცემები, რომლებიც გამოქვეყნებული იყო პროექტის შედეგად ცალკე გამოცემის სახით.

№	ავტორ(-ები)	პუბლიკაციის სათაური	ტომი/გამოცემა	გამოცემის თარიღი	გამომცემლობა	ადგილობრივი/საერთაშორისო (მიუთითეთ ერთ-ერთი)	გამოცემის სტატუსი (გამოცემული/მიღებული)	გვერდების რაოდენობა	ინტერნეტ-ბმული
1	პაატა კერვალიშვილი, თამარ ბჟალავა	ბიონაწილაკთა სპექტროსკოპია	წიგნი, ISBN 978-9941-0-9797-3	2017	სტუ	ადგილობრივი	გამოცემული	244	

• საკონფერენციო თეზისები და სხვ. გამოცემები (რომლებიც არ არის ზემოთ მითითებული) ჩამოთვალეთ საკონფერენციო თეზისები, ან სხვა გამოცემები, რომლებიც არ არის ზედა ორ პუნქტში მითითებული

№	ავტორ(-ები)	ნაშრომის სათაური	ღონისძიების დასახელება	გამოცემის თარიღი	გამომცემლობა	ადგილობრივი/საერთაშორისო (მიუთითეთ ერთ-ერთი)	გამოცემის სტატუსი (გამოცემული/მიღებული)	ინტერნეტ-ბმული
1	P.J. Kervalishvili, T.N. Bzhalava	Optical spectroscopy study of oscillation of pathogenic bionano-objects, Abstract	BIOLEAGUES NANOBIO-TECHNOLOGY CONFERENCE, Nanotek 2017, Hamburg, Germany, 11-13 march, 2017,	2017	Proceedings of Nanotek 2017, ISBN: 978-81-932966-1-5, Volume I, Issue VII, p.11	საერთაშორისო	გამოცემული	HTTP://BIOLEAGUES.COM
2	P.J. KERVALI-SHVILI, T.N. BZHALAVA	Study of vibrational properties of nanobioobjects by optical spectroscopy abstracts	The 5th Global Conference on Materials Science and Engineering ,CMSE 2016, November 8-11, 2016 Taiwan	2017		საერთაშორისო	მიღებული	http://www.cmseconf.org/2016/
3	Paata J. Kervalishvili , Tamar N. Bzhalava	INVESTIGATION OF OSCILLATION PROPERTIES OF VIRUSES AND OTHER PATHOGENIC BIONANOOBJECTS AS THEIR "FINGERPRINTS" BY METHODS OF OPTICAL SPECTROSCOPY	FTAPS 2017 conference, (Frontiers in Theoretical and Applied Physics, UAE 2017), Feb.22- 25 , 2017. Department of Physics, American University of Sharjah, United Arab Emirates	2017	Material Science_Abstracts_Part3, p. 9	საერთაშორისო	გამოცემული	https://eventmobi.com/ftaps2017conference/documents/207067

		abstract						
4	Paata J. Kervalishvili, Tamar N. Bzhalava	Investigation of Nanobio Objects by Spectroscopic Methods abstract	Applied Nanotechnology and Nanoscience International Conference – ANNIC 2016	2017		საერთაშორისო	მიღებული	www.Annic2016
5	P.J. Kervalishvili, T. N. Bzhalava	Modeling of Vibrational/ Spectroscopic Properties of Virus-Like Nanoparticles თეზისები და სტატია	International Scientific Conference eRA – 11, The SynEnergy Forum, Piraeus, Greece, 21- 23 September 2016	2017		საერთაშორისო	მიღებული	http://era.teipir.gr
6	Tamar BZHALAVA, Paata KERVALISHVILI, Mzia TSIREKIDZE,Go ga KAKABADZE	MODEL OF STUDYING ELECTROMAGNETIC FIELD AND WAVES THEORY VIA COMPUTER SIMULATION, abstract book	conference on education in mathematics, science & technology (ICEMST 2016)	2016	Gaziantep University, Nizip Educational Faculty p.115	საერთაშორისო	გამოცემული	http://www.icemst.com
7	T. Bzhalava, V. Kvintradze, M. Tsirekidze	Some spectroscopic methods of studying bio-particles, Proceedings	THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE INFORMATION AND COMPUTER TECHNOLOGIES, MODELLING, CONTROL	2015	საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ ISBN 978-9941-20-575-0, p.p. 598-601	საერთაშორისო	გამოცემული	http://www.gtu.ge
8	M. Mostafavi, A. Tadjeddine, Ch. Humbert, P. Kervalishvili, T. Bzhalava, V. Kvintradze, M. Tsirekidze, G. Kakabadze, T. Berberashvili	Studying Physical Characteristics of Nano-Bio-Materials for Sensory Applications (Proceedings)	International conference „advanced materials and technologies“ (ICAMT 2015)	21-23 ოქტომბერი, 2015	გამომცემლობა „უნივერსალი“, თბილისი, p.p. 188-192	საერთაშორისო	გამოცემული	Email: universal@internet.ge
9	T.N. Bzhalava, K.G. Kapanadze, V.I. Kvintradze	Some types of nanosensors detecting the pathogens (Proceedings)	3 rd International Conference Nanotechnologies.	2014	Publishing house „Nekeri“, „Nano Studies“ ISSN 1987-8826, p.89-96	საერთაშორისო	გამოცემული	www.NanoStudies.org
10	T. N. Bzhalava, V. I. Kvintradze, K. G. Kapanadze	SOME TYPES OF NANOSENSORS DETECTING THE	3rd International Conference “Nanotechnologies”, Nano – 2014	2014	Publishing House “Technical University” ISBN 978-9941-20-478-4,	საერთაშორისო	გამოცემული	http://www.gtu.ge/publishinghouse/

		PATHOGENS (Abstracts)			p.19-20			
11	თ.ნ. ზჟალავა, მ.ა. ცირეკიძე, ვ.ი. კვინტრაძე	ნანოტექნოლოგიების და ნანომეცნიერ- რეზების სწავლება და შემეცნიებითი სირთულეები (თეზისები)	III საერთაშორისო- სამეცნიერო კონფერენცია კომპიუტინგი/ ინფორმატიკა, განათლების მეცნიერებები, მასწავლებლის განათლება	2014	რედ. & გამომც. გ. დალაქიშვილი ISBN 978-9941-0-7118-8, გვ. 91	საერთაშორისო	გამოცემული	cet-conference.ge

2.2. საგრანტო პროექტის მსვლელობისა და განხორციელებისას მიღებული შედეგების გავრცელება საერთაშორისო სამუშაო შეხვედრებზე (workshop), სემინარებზე, კონფერენციებზე, კონგრესებზე და სხვა ღონისძიებაზე

№	ღონისძიების ჩატარების ადგილი	ღონისძიების ჩატარების თარიღი	ღონისძიების ტიპი	ღონისძიების სტატუსი	თემის სახელწოდება	წარდგენილი მასალა (თეზისი, მოხსენება/პრეზენტაცია, პუბლიკაცია)	მონაწილის სტატუსი
1	ჰამბურგი, გერმანია	11-13 მარტი, 2017	საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია/ BIOLEAGUES NANOBIOTECHNOLOGY CONFERENCE, Nanotek 2017	საერთაშორისო	Optical spectroscopy study of oscillation of pathogenic bionanoobjects	პრეზენტაცია	მოწვეული მომხსენებელი პ. კერვალიშვილი
2	პირეუსი, საბერძნეთი	21- 23 სექტემბერი 2016	საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია/ სინერჯი ფორუმი The SynEnergy Forum	საერთაშორისო „eRA – 11“	Modeling of Vibrational/ Spectroscopic Properties of Virus-Like Nanoparticles	მოხსენება	მოწვეული მომხსენებელი- პ.კერვალიშვილი, პლენარული სხდომის თავმჯდომარე, Honorary Professor of Automation Engineering Department of P.U.A.S.”,
3	კიევი, უკრაინა	2016 27-30 სექტემბერი	ვორკშოპი (Workshop) და ბროკერიჟ ღონისძიება „დაცული საზოგადოება“,	საერთაშორისო „SECURE R21“ ორგანიზებული უკრაინის ნაციონალური მეცნიერებათა აკადემიისა და ევროკავშირის მიერ	Studies of bio nano objects by methods of optical spectroscopy	პრეზენტაცია	მოწვეული მომხსენებელი- პ.კერვალიშვილი
4	ბოდრუმი, თურქეთი	2016 19-22 მაისი	კონფერენცია	საერთაშორისო კონფერენცია International Conference on Education in Mathematics, Science & Technology (ICEMST 2016)	MODEL OF STUDYING ELECTROMAGNETIC FIELD AND WAVES THEORY VIA COMPUTER SIMULATION	მოხსენება	მომხსენებელი თ. ზჟალავა თანამომხსენებელი, მ.ცირეკიძე
5	თბილისი, საქართველო	2015, 3-5	კონფერენცია	საერთაშორისო სამეცნიერო	Some spectroscopic methods of studying bio-particles	მოხსენება	მომხსენებელი ვ. კვინტრაძე

		ნომბერი		კონფერენცია, THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE INFORMATION AND COMPUTER TECHNOLOGIES, MODELLING, CONTROL“			
6	თბილისი, საქართველო	2015, 21-23 ოქტომბერი	კონფერენცია	საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია (ICAMT 2015)	Studying Physical Characteristics of Nano-Bio-Materials for Sensory Applications	მოხსენება	მომხსენებელი (სტენდური) თ. ზჟალავა
7	თბილისი, საქართველო	2014 20-24 ოქტომბერი	კონფერენცია	3rd International Conference “Nanotechnologies”, Nano – 2014	SOME TYPES OF NANOSENSORS DETECTING THE PATHOGENS	მოხსენება	მომხსენებლები (სტენდური) თ. ზჟალავა, ქ. კაპანაძე
8	ბათუმი, საქართველო	2015 წ. 17-19 ოქტომბერი	კონფერენცია	III საერთაშორისო- სამეცნიერო კონფერენცია	ნანოტექნოლოგიების და ნანომეცნიერებების სწავლება და შემეცნებითი სირთულეები	მოხსენება	მომხსენებელი- თ. ზჟალავა
სემინარები და პრეზენტაციები							
1	თბილისი, სტუ	2017 წლის 28 მარტი	პრეზენტაცია სტუ-ში	ადგილობრივი, ღია, სტუ	ბიონაწილაკთა დეტექტირების სისტემა- მოდელი	მოხსენება	მომხსენებელი- თ. ზჟალავა
2	თბილისი, სტუ	2016 წლის 29 ივლისი	სამეცნიერო სემინარი	ადგილობრივი, ღია, სტუ	ბიონაწილაკების სპექტროსკოპული მახასიათებლების კვლევის სიმულაციური მოდელი	მოხსენებები	თ. ზჟალავა ქ. კაპანაძე
3	თბილისი, სტუ	2016 წლის 25 მარტი	პრეზენტაცია სტუ-ში	ადგილობრივი, ღია, სტუ	„ვირუსული (VLPs) ნაწილაკების მოდელი და (VLPs) ნაწილაკთა სისტემის ფიზიკურ მახასიათებელთა შესწავლის თეორიული საფუძვლები	მოხსენება	თ. ზჟალავა
4	თბილისი, სტუ	2015 წლის 15 ოქტომბერი	სამეცნიერო სემინარი	ადგილობრივი, ღია, სტუ	“ბიო-სტრუქტურების ოპტიკური მახასიათებლების კვლევის მეთოდები“	მოხსენებები	თ. ზჟალავა, მოწვეული სტუმარი-დოქ. კრისტოფ ჰუმბერტი, პარიზის (ზუდი) უნივერსიტეტი
5	თბილისი, სტუ,	19 მაისი, 2015	სამუშაო სემინარი	ადგილობრივი, ღია, სტუ	„ვირუსული (VPs) ნაწილაკების დეტექტირების	მოხსენებები	მ. ცირეკიძე ვ.კვინტაძე

	საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტი,				მეთოდების თეორიული საფუძვლები“		
6	თბილისი, სტუ	25 მარტი, 2015 წელი	პრეზენტაცია სტუ-ში	ადგილობრივი, ღია, სტუ , ფონდი	ბიო-ნაწილაკების ჰაერ-წვეთოვანი გავრცელების და დეტექტირების მახასიათებელი ძირითადი პარამეტრები	მოხსენებები	თ. ზჟალავა ვ.კვინტრაძე
7	თბილისი, სტუ, საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტი	12 თებერვალი 2015	სამუშაო სემინარი	ადგილობრივი, ღია, სტუ	დახურულ სივრცეში ბიო-აეროზოლური ნაწილაკების არსებობის განმსაზღვრელი ფაქტორები და დეტექტირების ფლუორესცენციული მეთოდი	მოხსენებები	ქ. კაპანაძე, მ. ცირევიძე, გ. კაკაბაძე
8	თბილისი, სტუ	22 ივლისი 2014	სამეცნიერო სემინარი	ადგილობრივი, ღია	პათოგენური ნაწილაკების და ნაწილაკების სენსორული სისტემები	მოხსენებები	ორგანიზატორები: თ. ზჟალავა, ვ.კვინტრაძე. მომხსენებლები: თ. ზჟალავა, ვ.კვინტრაძე, მოწვეული სტუმრები- პრ.პ.კერვალიშვილი, პრ. ა. ხომასურიძე, პრ. ზურაბ მარშანია

2.3. ვებ-გვერდი, ან სხვა ინტერნეტ გვერდი

მიუთითეთ URL მისამართი, რომლის მეშვეობითაც ხდება კვლევის შედეგების დისემინაცია. თან დაურთეთ თითოეული საიტის მოკლე აღწერა და შესაბამისი პუბლიკაციების სათაურები ბმულებით.

კვლევის შედეგების დისემინაცია განხორციელდა სამეცნიერო პუბლიკაციების, საერთაშორისო კონფერენციებში და სამუშაო შეხვედრებზე მონაწილეობის, გამოცემული წიგნის, საინფორმაციო ბუკლეტების, ჩატარებული სემინარების და პრეზენტაციების საშუალებით.

სამეცნიერო პუბლიკაციების მასალები ვრცელდება სამეცნიერო ჟურნალების შესაბამისი გამომცემლობების ოფიციალურ ვებგვერდებზე, რომელთა ვებმისამართები მითითებულია პ.პ. 2.1 და 2.2.

საერთაშორისო კონფერენციების და სამუშაო შეხვედრების მასალები ვრცელდება ღონისძიების საორგანიზაციო კომიტეტის მიერ, ოფიციალურ ვებგვერდებზე, რომელთა ვებმისამართები მითითებულია პ.პ. 2.1 და 2.2.

წიგნის გავრცელება მოხდება საბიბლიოთეკო ქსელის-საქართველოს პარლამენტის ეროვნული ბიბლიოთეკის (<http://www.nplg.gov.ge/>) და ტექნიკური უნივერსიტეტის (<http://gtu.ge/Library/>) ბიბლიოთეკის, ასევე შესაბამისი ოფიციალური ვებგვერდების საშუალებით. სამეცნიერო ნაშრომებზე ინფორმაცია ვრცელდება სტუ-ს მეცნიერების დეპარტამენტის მიერ (<http://science.gtu.ge/>) საშუალებით.

სტუ-ს ფარგლებში ჩატარებული კვლევების შედეგებთან დაკავშირებული სამეცნიერო ღონისძიებების გავრცელება ხდება სტუ-ს ვებგვერდის (<http://gtu.ge/>) საშუალებით.

2.4. ტექნოლოგიები, ტექნიკა/მეთოდოლოგია/პროცედურა/დანადგარი

აღწერეთ ტექნოლოგიები, ტექნიკა/მეთოდოლოგია/პროცედურა/დანადგარი, რაც მიიღეთ კვლევის შედეგად. აღწერეთ მათი გაზიარების, გავრცელების სტრატეგია

პროექტში განხორციელებული კვლევების შედეგად, შემუშავდა ბიონანონაწილაკთა, მათ შორის ვირუსულ ნაწილაკთა ერთიანი თეორიული და სიმულაციური კვლევის მეთოდოლოგია, რომლის საფუძველს წარმოადგენს მაქსველის, ემ ტალღათა და ელექტროდინამიკის თეორიები, ვირუსულ ნაწილაკთა განხილვა ფიზიკური ობიექტის, ნანონაწილაკის სახით, დამახასიათებელი ელექტრო-გეომეტრიული პარამეტრებით და საკუთარი რეზონანსული სიხშირეების სპექტრით. შემუშავდა ნაწილაკთა დეტექტირების სპექტროსკოპული მეთოდი, რომელიც ემყარება ემ ტალღის და ბიონანონაწილაკის ურთიერთქმედების შედეგის დაფიქსირებას, სპექტრული „პასუხის“ გაზომვას, რეზონანსული სიხშირეების დიაპაზონის განსაზღვრას. სპექტროსკოპული „ანაბეჭდის“, როგორც სენსორების ძირითადი ელემენტის კონცეფციის ბაზაზე შემუშავდა ნაწილაკთა დეტექტირება-იდენტიფიკაციის ორიგინალური სისტემა-მოდელი, ლოკალური ქსელით დაკავშირებული პროგრამული და გამოთვლითი პაკეტების, სენსორების სისტემის ერთობლიობა.

შემუშავებული მეთოდოლოგიის შესახებ საზოგადოების ინფორმირება ხდება საერთაშორისო კონფერენციებში და ვორკშოპებში მონაწილეობის, პრეზენტაციების, პუბლიკაციების საშუალებით.

2.5. გამოგონებები, საპატენტო განაცხადები, და/ან ლიცენზია (სხვა საავტორო უფლებები)

ჩამოთვალეთ კვლევის შედეგად მიღებული საავტორო უფლებები, მიუთითეთ საავტორო უფლების მიმნიჭებელი ორგანიზაცია, სტატუსი, თარიღი, ვადა, გამოყენების სფერო

- პატენტი
- საავტორო უფლება (DOI-ს მითითებით) (copyright) –
 1. Copyright- ISBN 978-9941-0-9797-3; საქართველოს პარლამენტის ეროვნული ბიბლიოთეკა, საბიბლიოთეკო რესურსების დეპარტამენტი. 2017. მარტი
 2. DOI: 10.5923/j.ajcmp.20160601.02, <http://www.sapub.org/journal/authorguidelines.aspx?journalid=1023>, American Journal of Condensed Matter Physics, Scientific & Academic Publishing (SAP), ღია წვდომა. გამომცემლობის ჟურნალები მოიცავს აკადემიური დისციპლინების ფართო სპექტრს. აპრილი, 2016
- ინდუსტრიული დიზაინის უფლება
- სავაჭრო ნიშნები (trade marks)
- საქონლის გაფორმება (trade dress)

2.6. სხვა პროდუქტები

ჩამოთვალეთ კვლევითი პროექტის განხორციელების შედეგად მიღებული სხვა პროდუქტები, როგორიცაა:

- მონაცემთა ბაზები
- ფიზიკური კოლექციები
- აუდიო, ან ვიდეო პროდუქტები - 2017 წლის 28 მარტს სტუ-ში ჩატარებული პრეზენტაციისთვის ორი ვიდეო (იხ. დანართი ვიდეო).
- მასალები / კვლევის მასალები - ცხრილები, გრაფიკები, სქემები (იხ. დანართი ცხრილები, გრაფიკები, სქემები).
- პროგრამა - კომპიუტერული პროგრამის MatLab-ის ბაზაზე შემუშავებული სკრიპტ-პროგრამები და VL ნაწილაკთა იდენტიფიკაციის სიმულაციური პროგრამა (ინახება ორგანიზაციაში, კომპიუტერში)
 - მოდელი
 - საგანმანათლებლო დამხმარე მასალები - წიგნი „ბიონაწილაკთა სპექტროსკოპია“- საგანმანათლებლო, კვლევითი დანიშნულების.
 - ინსტრუმენტები, ან დანადგარები
 - კვლევის შედეგად ინიცირებული სხვა პროდუქტები (მაგ ბიზნესის დაწყება/კავშირი საწარმოსთან და სხვ.)

3. პროექტის ძირითადი მიღწევები (ფონდის შიდა მოხმარებისათვის)

1	პროექტის ფარგლებში მიღებული მნიშვნელოვანი დასკვნა	დადასტურდა ვირუსის მაგვარ ნაწილაკთა ოსცილაციური თვისებები, განისაზღვრა ვირუსულ და ვირუსის მაგვარ ნაწილაკთა რეზონანსების სიხშირული დიაპაზონის შეფასების მეთოდები. ვირუსულ ნაწილაკთა სპექტროსკოპული „ანაბეჭდის“ კონცეფციის, დეტექტირების თეორიული საფუძვლების, ოპტიკური დეტექტირების ფიზიკური მოდელის ბაზაზე შემუშავებული ნანოსენსორული და პროგრამული სისტემა-მოდელი არის მკვეთრი ნაბიჯი დეტექტირების რეალური სისტემების შესწავლის, განვითარების და შექმნის მიმართულებით.
2	პროექტის მნიშვნელობა სამეცნიერო საზოგადოებისათვის	პროექტი მნიშვნელოვანია სამეცნიერო საზოგადოების იმ ნაწილისთვის რომელიც შეისწავლის მიკროორგანიზმთა, ვირუსების ფიზიკო-ქიმიურ, სპექტროსკოპულ, ოსცილაციურ თვისებებს, ბიოაეროზოლურ სისტემებს, ბიონაწილაკთა დეტექტირების და იდენტიფიკაციის საკითხებს, დეტექტირების ნანოსენსორულ საშუალებებს შემუშავებული ორიგინალური კონცეფციის, მეთოდოლოგიის, მიღებული თეორიული და რიცხვითი შედეგების, სენსორული სისტემა-მოდელის შექმნის თვალსაზრისით.
3	პროექტის ფარგლებში ადგილობრივი ან/და საერთაშორისო თანამშრომლობის ხარისხი (ახალი კვლევითი ჯგუფების ჩამოყალიბება, არსებული ჯგუფების კონსოლიდაცია)	პროექტის ფარგლებში საერთაშორისო თანამშრომლობისთვის სტუ-სა და პარიზის უნივერსიტეტს შორის მემორანდუმის დადების პროცესის ინიცირება, სტუ-ს საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტსა და პარიზის უნივერსიტეტის ფიზიკო-ქიმიური ლაბორატორიას (LCP) შორის თანამშრომლობის გადრმავების მიზნით სამეცნიერო და სასწავლო კომპონენტის ხარისხში (იხ. დანართი დოკუმენტები, ელექტრონული სახით, ჩაწერილი CD).
4	გრანტის მიმღები წამყვანი ორგანიზაციის მხარდაჭერის ხარისხის შეფასება პროექტის განხორციელებისას (მაგ. შესყიდვების დროულად განხორციელება)	ადმინისტრაციული მხარდაჭერა დადებითი. შესყიდვების სისტემის მოუქნელი და დროში გაწეილი პროცესი - შემაფერხებელი.
5	რეკომენდაციები ფონდისათვის კონკურსის ადმინისტრირებისა და მონიტორინგის კუთხით	სასურველია საანგარიშო პერიოდების გაზრდა, ან ანგარიშების წარდგენისთვის ვადის გახანგრძლივება.

6	პროექტის ფარგლებში მიღებული აკადემიური შედეგი (ასეთის არსებობის შემთხვევაში), მაგ. პროექტის ფარგლებში მაგისტრის ან დოქტორის აკადემიური ხარისხის დაცვა	დოქტორის აკადემიური ხარისხი მიენიჭა პროექტის ძირითად შემსრულებელს, მკვლევარს - ქეთევან კაპანაძეს, 2015, სტუ, შიფრი 0404. დისერტაციის თემა „ დიპოლური ველის ზეგავლენა სპინ-ექო მიმდევრობაზე“ (იხ. დანართი დოკუმენტები ელექტრონული სახით, ჩაწერილი CD).
7	რამდენმა ადამიანმა დაიწყო დოქტორანტურაში სწავლა პროექტის ფარგლებში?	
8	პროექტის განხორციელებისას გამოყენებული ახალი და არასტანდარტული მეთოდოლოგია	გამოყენებული იქნა <u>არასტანდარტული</u> მიდგომა კლასიკური ემ ტალღების გაზნევის თეორიისა ნანონაწილაკებსა და ბიონანონაწილაკებთან მიმართებაში. შედეგად შემუშავდა ვირუსული ნანონაწილაკების ერთიანი <u>თეორიული და სიმულაციური</u> კვლევის მეთოდოლოგია ბიონანონაწილაკთა სპექტროსკოპული, გამზნევი თვისებების შესასწავლად, ბიონაწილაკთა დეტექტირებისა და იდენტიფიკაციის მიზნით. შემუშავდა ვირუსულ ნაწილაკთა დეტექტირების თეორიული საფუძვლები და კონცეფცია, დაფუძნებული ვირუსული ნაწილაკების როგორც ფიზიკური ობიექტების, ნანონაწილაკების განხილვაზე, დამახასიათებელი ელექტრო-გეომეტრიულ პარამეტრთა სიმრავლით, რომლებიც განაპირობებენ ბიონანონაწილაკთა სპექტროსკოპულ თვისებებს, სპექტროსკოპულ „ანაბეჭდს“. შემუშავდა ვირუსულ ნაწილაკთა დეტექტირების სპექტროსკოპული მეთოდი, რომელიც ემყარება ემ ტალღის და ნაწილაკის ურთიერთქმედების შედეგის დაფიქსირებას, სპექტრული „პასუხის“ გაზომვას.
9	ინტერ და კროსდისციპლინარული განვითარება	ბიოაეროზოლურ, ვირუსულ ნაწილაკთა ნანოსენსორული სისტემებით დეტექტირების ამოცანის გადაწყვეტა მოითხოვს კროსდისციპლინარული და ინტერდისციპლინარული ხასიათის კვლევების განხორციელებას მიკრობიოლოგიის, სენსორული, გაზომვითი და გამოთვლითი ტექნიკის, გამოყენებითი ფიზიკისა და მათემატიკის მიმართულებებით, შესაბამისად კვლევების შედეგებმა ბიოობიექტების, ბიოგარემოს, ნანოსენსორული, პროგრამული და ქსელური სისტემების კუთხით გააღრმავა არსებული ცოდნა და ჩვენი ჯგუფის გამოცდილება, გარკვეული წვლილი შეიტანა ამ დისციპლინების განვითარების მიმართულებით.
10	ცოდნისა და ტექნოლოგიის ტრანსფერი (მიუთითეთ შედეგების ტრანსფერი სამთავრობო ინსტიტუტებთან, საწარმოებთან მიმართებაში, ახლი პრაქტიკა/პრცედურები, სადაც კვლევამ ინიცირება მოახდინა ე.წ. Start-up-ების გაშვებაზე)	
11	სამეცნიერო გარემოს მყისიერი გაძლიერება	

4. პროექტის ზეგავლენა/მნიშვნელობა (impact)

აღწერეთ მნიშვნელოვანი წვლილი, ძირითადი მიღწევები, ინოვაცია, წარმატება, ან ნებისმიერი ცვლილება პრაქტიკასა და თეორიაში, რაც მიიღეთ პროექტის განხორციელების შედეგად და ეხება პროექტის ზეგავლენას:

- პროექტის ძირითადი დისციპლინის(ების) განვითარებასთან მიმართებაში;
- სხვა დისციპლინებთან მიმართებაში;
- ადამიანური რესურსების განვითარებასთან მიმართებაში;
- ახალგაზრდა მეცნიერთა სწავლებისა და განვითარების პროცესთან მიმართებაში;
- ფიზიკურ (დანადგარები, ლაბორატორია, ინსტრუმენტები და სხვ), ინსტიტუციურ და ინფორმაციულ რესურსებთან მიმართებაში, რაც კავშირშია ინფრასტრუქტურის განვითარებასთან;
- საზოგადოებრივ კეთილდღეობასთან/განვითარებასთან მიმართებაში (society beyond science and technology) - მაგ. საზოგადოების ცნობიერების/ცოდნის, უნარების, შესაძლებლობების გაუმჯობესება; სოციალური, ეკონომიკური, სამოქალაქო, ან გარემო პირობების გაუმჯობესება; სოციალური აქტივობის, პოლიტიკის, პრაქტიკის ცვლილების ინიცირება;

პროექტი გამომდინარე თემატიკიდან, რომელიც შეეხება პათოგენური მიკროორგანიზმების დეტექტირების კონცეფციის და დეტექტირების პროცესის თეორიული საფუძვლების ფიზიკური მოდელის შემუშავებას აქტუალურია მრავალი მიმართულებით, განსაკუთრებით გარემოს კონტროლის და უსაფრთხოების, ჯანდაცვის, ვირუსული ინფექციების გავრცელების პრევენციის, პროფილაქტიკის ხაზით. გამომდინარე აქედან ყოველი პოზიტიური შედეგი როგორც ბიონაწილაკების, ბიოაგენტების დეტექტირების, ასევე დეტექტირების საშუალებების, ტექნოლოგიების განვითარების კუთხით არის მნიშვნელოვანი როგორც სოციუმის მდგომარეობის, გარემოს კონტროლის პირობების გაუმჯობესების, ასევე ცოდნის ტრანსფერის და კვლევების შემდგომი სრულყოფის თვალსაზრისით.

ბიოაგენტთა დეტექტირების საკითხების შესწავლა ერთიანი ხედვით და კონცეფციებით, დეტექტირების ობიექტის და საშუალებების, მათი ზოგადი და სპეციფიური მახასიათებლების განხილვა არის საინტერესო და ამავე დროს ინოვაციური, რომელიც მოითხოვს სხვადასხვა დისციპლინებში დაგროვილი ცოდნისა და კვლევის გამოცდილების გაერთიანებასა და გამოყენებას, და შემდგომ მიღებული შედეგების გავრცელებას და გაღრმავებას, კროსდისციპლინარული დარგების განვითარებას, ძლიერი სამეცნიერო ჯგუფების კონსოლიდაციას რთული და რეალურთან მიახლოებული სისტემების შესწავლის და პრაქტიკული რეალიზაციის საქმეში. ამ თვალსაზრისით პროექტის შედეგები მნიშვნელოვანია როგორც შემუშავებული მეთოდოლოგიის, რომელიც მოიცავს ემ ველის და ტალღათა გაბნევის თეორიების, ელექტროდინამიკის და მათემატიკური ფიზიკის ამოცანების, მონაცემთა სტატისტიკური დამუშავების მეთოდებს, ასევე გამოთვლითი და გაზომვითი, სადიაგნოსტიკო, სენსორული და ნანოტექნიკის შემდგომი შესწავლისა და შესაბამისი მიმართულებების განვითარებისთვის.

აქტუალურ თემატიკაზე მუშაობა და მიღებული შედეგები სტიმულია როგორც კვლევითი ჯგუფის წევრების, ასევე თანამონაწილე კოლეგების, სტუდენტებისთვის. განიხილება მიღებული ცოდნის ინტეგრაციისთვის ახალი სასწავლო პროგრამის შემუშავება ბიოსამედიცინო მიმართულებით. სტუდენტთა აქტივობა და ინტერესი გამოიხატა მათი სემინარებსა და პრეზენტაციებზე დასწრებით, გრანტის თემატიკის შესწავლით და წარდგენით სტუდენტურ საერთაშორისო კონფერენციაზე (იხ. დანართი დოკუმენტები, ელექტრონული სახით, ჩაწერილი CD).

- პროექტის ბიუჯეტის რა %-ული წილი დაიხარჯა საქართველოს გარეთ? 8,1 %

5. სირთულეები, პროექტის განხორციელების პროცესში (ფონდის შიდა მოხმარებისათვის)

№	სირთულეები	სირთულეების გამომწვევი მიზეზები	გადაწყვეტის/ მოგვარების გზები (რა ზომები იქნა მიღებული არსებული სირთულეების გადასალახად)
1			
2			
3			

შენიშვნა: უნდა ჩაიწეროს სხვადასხვა ტიპის სირთულეები. მაგ: სამეცნიერო მუშაობისას წარმოქმნილი სირთულეები, ტექნიკური სირთულეები და სხვა.

6. პროექტის შედეგების მოკლე რეზუმე და ანგარიში (გამოსაქვეყნებელი ვერსია)

6.1. მოკლე რეზუმე (აბსტრაქტი)

(წარმოდგენილი უნდა იყოს ორ ენაზე (ქართულად და ინგლისურად) და გასაგები უნდა იყოს ფართო საზოგადოებისათვის. რეკომენდირებულ სიტყვათა რაოდენობა - 250. რეზუმე უნდა მოიცავდეს პროექტის შედეგების მოკლე აღწერას. აგრეთვე, პროექტის განხორციელებისას გამოკვეთილ პერსპექტივებს და პროექტში მიღებული გამოცდილების გამოყენების შესაძლებლობას ინტერდისციპლინარული, ინტერინსტიტუციონალური და/ან საერთაშორისო თანამშრომლობის გაფართოების თვალსაზრისით.

რეზუმე

შემუშავებულია პათოგენური მიკროორგანიზმების, ვირუსების დეტექტირების კონცეფცია და თეორიული საფუძვლები, შედეგად გადაწყვეტილია ერთ-ერთი სახეობის ვირუსის დეტექტირება-იდენტიფიკაციის მოდელური ამოცანა.

შემუშავებულია ოპტიკური დეტექტირების ორიგინალური ფიზიკური მოდელი, დაფუძნებული ვირუსულ ნაწილაკთა განხილვაზე ფიზიკური ობიექტის სახით, ყოველი ვირიონისთვის დამახასიათებელი სპეციფიური ელექტრო-გეომეტრიული პარამეტრების სიმრავლით, რომლებიც განაპირობებენ ბიონანონაწილაკთა უნიკალურ სპექტროსკოპულ „ანაბეჭდს“.

ვირუსების მორფოლოგიის საფუძველზე, კაპსიდის პროტეინებთან და დნმ/რნმ-თან დაკავშირებული პარამეტრების გამოყენებით, შემუშავებულია იკოსაედრული, სპირალური, გაჭიმული იკოსაედრული, ჩხირისებრი ფორმის ვირიონების გული-გარსი სტრუქტურის, ვირუსის მაგვარ ნაწილაკთა (VLP) მოდელი.

VL ნაწილაკთა დეტექტირების მოდელის თეორიულ საფუძველს წარმოადგენს მაქსველის ემ ველის, ერთეულ ნაწილაკთა და ნაწილაკთა სისტემებზე (ბიოაეროზოლებზე) ემ ტალღათა გაბნევის თეორიები, ელექტროდინამიკის სასაზღვრო ამოცანების თეორიული და რიცხვითი ამონახსნები.

მანქანური ექსპერიმენტის და სიმულაციური შესწავლის საფუძველზე განისაზღვრა სფერული და ცილინდრული ფორმის (VL) ნაწილაკების გაბნევის უნარიანობის მახასიათებელი სიდიდეები, დადასტურდა VL ნაწილაკთა სპექტროსკოპული თვისებების ძლიერი დამოკიდებულება ნაწილაკთა ფორმაზე, გეომეტრიულ ზომებზე, გული-გარსის შემადგენლობაზე, რეზონანსულ დიაპაზონებში სისტემის (ტალღა-ნაწილაკთა) სენსიტიურობა, განისაზღვრა ტალღის სიგრძის რეზონანსული დიაპაზონები.

შემუშავდა VL ნაწილაკთა დეტექტირების სპექტროსკოპული მეთოდი, რომელიც ემყარება ემ ტალღის და VL ნაწილაკის ურთიერთქმედების შედეგის დაფიქსირებას, სპექტრული პასუხის გაზომვას.

ნაწილაკთა სპექტროსკოპული „ანაბეჭდის“ კონცეფციის ბაზაზე შემუშავდა (VL) ნაწილაკთა დეტექტირება-იდენტიფიკაციის სისტემა-მოდელი, ლოკალური ქსელით დაკავშირებული პროგრამული და გამოთვლითი პაკეტების, სენსორების სისტემის ერთობლიობა.

შეიქმნა ნანოსენსორული სისტემისა და ქსელის მოქმედების სქემა, ქსელური არქიტექტურის მოდელი, ქსელის მართვის ლოგიკური ელემენტების და დეტექტირება-იდენტიფიკაციის ფორმალური ალგორითმის უზრუნველყოფით.

მიღებული შედეგების, მოდელის, თეორიული, პროგრამული, რიცხვითი სახით, გამოყენება შესაძლებელია ნანონაწილაკთა სპექტროსკოპულ და აეროზოლურ კვლევებში, ნანოსენსორულ და დეტექტირების სისტემებში, ნანობიოტექნოლოგიებში, ბიოაგენტთა მონაცემთა სპექტროსკოპულ „ანაბეჭდთა“ ბაზის შექმნის საფუძვლად, სპექტროსკოპულ ექსპერიმენტულ გაზომვებთან კომბინაციაში, ძლიერი ექსპერიმენტული ბაზის და ევროპულ კვლევით ცენტრებთან ერთობლივი პროექტების განხორციელების პირობებში.

Resume

Detecting Model of pathogenic microorganisms, viruses created on elaborated theoretical basis and conceptual principles of detection and identification of bionanoparticles is presented.

Original physical model of optical detection is based on consideration of virion, the extracellular infective form of a virus as physical nanoobject characterised by the set of electro-geometrical parameters specific for each virion determining their unique spectroscopic “fingerprints”.

Based on icosahedral and prolate, rod-shaped morphology of virions, core-shell model related to capsid’s geometry, protein and nucleic acid-related dielectric properties are proposed for study of spectroscopic and scattering properties of virus-like particles(VLPs).

Detecting model of VLPs is created on the basis of theoretical and numerical results obtained by solving the tasks of electromagnetic(EM) wave scattering on VLPs, using Maxwell and EM wave theories.

Machine learning and simulation have revealed the strong dependence of spectroscopic properties of VLPs on shape, geometry, dielectric parameters of core-shell structure, possibility to appreciate the oscillation-resonant frequencies. The sensitivity of system of EM-wave-nanoparticle in resonance frequency ranges is confirmed. The “spectra” of VLPs is presented by estimation of scattering characteristics. Spectroscopic method of detection is based on measuring the spectral response on VLPs-EM wave interaction.

Spectroscopic “fingerprint” based concept states the detecting model of VLPs as a system of programming and computing modules integrated with sensory systems. Network architecture, operation scheme of system as well as formal algorithm of detection-identification model-processing is elaborated. Results are applicable in cross-disciplinary studies of nano-micro-particles of different origin, nanosensory and detecting systems, nanobiotechnology. Joint projects with European scientific centers based on spectroscopic experimental facilities are considered.

6.2. ვრცელი სამეცნიერო ანგარიში

სამეცნიერო ანგარიში უნდა მოიცავდეს:

- შესავალი;

ბიოლოგიური ობიექტების - პათოგენური მიკროორგანიზმების, ვირუსების, სხვადასხვა წარმოშობის ბიოეროზოლურ ნაწილაკთა, ბიოაგენტების დეტექტირების და იდენტიფიკაციის ამოცანას უადრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს ჯანდაცვის, გარემოს მონიტორინგისა და უსაფრთხოების თვალსაზრისით. ვირუსულ ნაწილაკთა, როგორც მედიკამენტის გადამტანი მატრიცების და ნანოსტრუქტურების, ფიზიკური და სპექტროსკოპული თვისებების შესწავლა აქტიური კვლევის სფეროა ნანობიომეცნიერების და ნანოტექნოლოგიების დარგებში მომუშავე სამეცნიერო ჯგუფების და კვლევითი ცენტრების: მიჩიგანის და კალიფორნიის (სან-დიეგო) უნივერსიტეტების [b15,b16,b58], არიზონას სახელმწიფო უნივერსიტეტის და ბალტიმორის ჯონ ჰოპკინსის სამედიცინო ინსტიტუტის [b24-b27,b36,b37,b55], ჰარვარდის უნივერსიტეტის [c23,c24,c26,c27,c29-c33,s3,s5-s12,s17], პარიზის უნივერსიტეტის და ნამურის უნივერსიტეტის (ბელგია) [b66-b69], ნიდერლანდების [c25], კალიფორნიის (ლოს-ანჯელესი) უნივერსიტეტის [b13,b14,b32,b42,b61-b65], ბრუკლინის [b51,d54,d55,3d113, 3d115,3d116, 4d13,4d14] უნივერსიტეტის და სხვა (იხ. დანართი ლიტერატურა).

რეალურ გარემოში ბიოაეროზოლოზურ ნაწილაკთა დეტექტირების ამოცანა არის მრავალკომპონენტური და მრავალპარამეტრიანი, შესაბამისად მისი გადაწყვეტა შესაძლებელია მხოლოდ ეტაპობრივად, გამარტივებულიდან რეალურ ადექვატურ მოდელთან მიახლოების გზით. ამოცანის გადაწყვეტა მოითხოვს კროსდისციპლინარული და ინტერდისციპლინარული ხასიათის კვლევების განხორციელებას მიკრობიოლოგიის, სენსორული, გაზომვითი და გამოთვლითი ტექნიკის, გამოყენებითი ფიზიკისა და მათემატიკის მიმართულეებით.

თანამედროვე მეცნიერული ცოდნის გამოყენებით, ადგილობრივი და საერთაშორისო ლიტერატურული წყაროების ბეჭდვითი, ინტერნეტ-გამოცემების (იხ.დანართი ლიტერატურა) შესწავლისა და ანალიზის, რომელიც განხორციელდა ა) ბიო-ობიექტების (BO) და გარემოს (CE), ბ) სენსორული სისტემებისა (BS), პროგრამული და ქსელური სერვისების (NS), მათი ძირითადი კომპონენტების და მახასიათებელი პარამეტრების დადგენის მიზნით, პროექტის ფარგლებში ჩატარებული თეორიული და გამოთვლითი ხასიათის სამუშაოების შედეგად შემუშავებულია პათოგენური მიკროორგანიზმების, კერძოდ ვირუსების დეტექტირების კონცეფცია და თეორიული საფუძვლები, ბიონაწილაკთა სპექტროსკოპული და გამზნევი თვისებების ერთიანი თეორიული და სიმულაციური კვლევის მეთოდოლოგია, ამოხსნილია ერთ/ორ პარამეტრიანი მოდელური ამოცანა, შესწავლილი და შემუშავებულია ნანო-სენსორული სისტემებით პათოგენური მიკროორგანიზმების დეტექტირების მოდელი, გადაწყვეტილია ერთ-ერთი სახეობის ვირუსის დეტექტირება-იდენტიფიკაციის მოდელური ამოცანა მანქანური ექსპერიმენტის და სიმულაციური პროექტის სახით.

- **კვლევის მეთოდები;**

პათოგენური მიკროორგანიზმების, კერძოდ ვირუსების დეტექტირების მოდელის შემუშავების მიზნით განხილულ იქნა კვლევის ოთხი მიმართულება: 1. ბიო-ობიექტების (BO), 2. გარემოს (CE), 3. სენსორული სისტემებისა (BS), 4. პროგრამული და ქსელური სერვისების (NS) განხრით. გამოყენებულ იქნა შესაბამის დისციპლინებში აპრობირებული კვლევის თვისობრივად განსხვავებული მეთოდები.

კვლევის სტრატეგია მოიცავს კვლევის ობიექტის კომპონენტების და მახასიათებელ პარამეტრთა სიმრავლის შერჩევას, ანალიზს, მოდელის, სქემის ან მეთოდის შერჩევას-შემუშავებას. შედეგად დეტექტირების კონცეფციის, კვლევის თეორიული საფუძვლების შემუშავებას.

1. **ბიო-ობიექტების (BO)** სახით განხილულ იქნა ერთეული ვირუსული ნაწილაკები და ნაწილაკთა სისტემები (ბიოაეროზოლები). მოდელისათვის სამიზნე ჯგუფის შეჩვევის მიზნით შესწავლილ იქნა

პათოგენურ მიკროორგანიზმთა სიმრავლე (ბაქტერიები, ფაგები, ვირუსები) ზოგადი მახასიათებელი თვისებების (გეომეტრიული, მორფოლოგიური, სტრუქტურული, მექანიკური, ბიო-ქიმიური, ელექტრული, სპექტრული), არაცოცხალ გარემოში სიცოცხლისუნარიანობის, გარემოში გავრცელების გზების, გამომწვევი დაავადებების მიხედვით. განხილულ იქნა მათი კლასიფიკაციის, მორფოლოგიის, გეომეტრიული მახასიათებლების შეფასების წესები, სტრუქტურული სტაბილურობის, სასიცოცხლო ციკლის ეტაპების, თვითაწყობის პროცესების, ფიზიკური თვისებების შესწავლის შედეგები.

ანალიზისთვის **შედგენილ იქნა ცხრილები** (იხ. დანართი ცხრილები) ბაქტერიების, ფაგების, ვირუსების ზოგადი და სპეციფიური მახასიათებლების მიხედვით.

შემუშავდა მოდელის (BO)-ის სამიზნე ჯგუფის შერჩევის **კრიტერიუმები**:

ა) გავრცელების ჰაერ-წყვეთოვანი/ჰაერ-მტვროვანი/აეროზოლოზური გზები; ბ) ნანო-ზომები; გ) მორფოლოგია, დამახასიათებელი პათოგენების დიდი ჯგუფისთვის; დ) გარემომცველ არაცოცხალ გარემოში არსებობის მეტ-ნაკლები სიცოცხლისუნარიანობა, სტაბილურობა.

დადგენილ იქნა : (BO) ჯგუფის (ვირუსები/ფაგები) მახასიათებელ პარამეტრთა სიმრავლე ($d, \phi, \omega, \sigma, B$ - დიამეტრი, ფორმა, სიხშირე, მუხტი, ბიოქიმიური პარამეტრი), ცვლილების არეები. მოდელის მიზნებისთვის, შემდგომი კვლევისთვის და ტესტირებისთვის **შეირჩა**: (BO)-ის ჯგუფის სახით, პათოგენურ მიკროორგანიზმთა/ვირუსთა სიმრავლიდან, ნანო ზომის, იკოსაედრული ფორმის, უშალითო, ვირუსები/ფაგები, კერძოდ რინოვირუსები (153 სეროტიპის, Rhinovirus A,B, C), რომელთა გავრცელება გარემოში ხორციელდება ჰაერ-წყვეთოვანი გზით, გავრცელების ფორმას წარმოადგენს ვირიონის შემცველი აეროზოლოზური ნაწილაკი.

ვირუსების მორფოლოგიის საფუძველზე, კაპსიდის პროტეინებთან და დნმ/რნმ-თან დაკავშირებული ელექტრო-გეომეტრიული (3e-2g) პარამეტრების გამოყენებით, შემუშავებულია იკოსაედრული, სპირალური, გაჭიმული იკოსაედრული, ჩხირისებრი ფორმის ვირიონების გული-გარსი სტრუქტურის, ვირუსულ ნაწილაკთა **ფიზიკური (VLP) მოდელი**, რომლის გეომეტრიულ აპროქსიმაციას წარმოადგენს სფერო ან ცილინდრი ფენოვანი გარსით.

(BO)-ის, **ბიონაწილაკთა სისტემის (ბიოაეროზოლის)** კუთხით განხილულ იქნა ბიოაეროზოლების მახასიათებელი ძირითადი პარამეტრების-ბიონაწილაკთა კონცენტრაციის, ზომების და განაწილების დამოკიდებულება გარემოს ტენიანობაზე, ტემპერატურაზე, გარემოს სხვა ფაქტორებზე, ბიოაეროზოლთა ფორმირება და

გადაცემა, აეროზოლური კვლევების და გავრცელების მათემატიკური და სიმულაციური მოდელები, მათი მოდიფიცირების შესაძლებლობები, სიმულაციური მოდელის ძირითადი პარამეტრები.

2. გარემოს (CE) შესწავლის კუთხით განხილულ იქნა გარემოს შემადგენლობა გარემოს შემფოტების წყაროს (სამიზნე ბიოობიექტის) გარეშე. განისაზღვრა გარემოს ძირითადი პარამეტრთა სიმრავლე, რომლებზეც გავლენას ახდენენ ბიოობიექტები და გარეშე ფაქტორები, (CE) გარემოს მახასიათებელ პარამეტრთა შორის თვისობრივი და რაოდენობრივი დამოკიდებულება.

კვლევის შედეგად განისაზღვრა (CE) გარემოს და შერჩეული (BO)-ის ჯგუფის მახასიათებელი ფუნქციები $G_N(V_s, N_s, \epsilon_s)$, ვირუსის i -ური სახეობისთვის $M_i(d, \phi, \omega, \sigma, B)$, სადაც N_s ნაწილაკთა კონცენტრაციების ჯამია, $\epsilon_s(\omega)$ გარემოს ელექტრული/ოპტიკური მახასიათებელი პარამეტრი V_s მოცულობაში.

3. სენსორული სისტემების (BS) განხრით განხილულ იქნა სენსორების ტიპები, სენსორული სისტემების კომპონენტები, ფუნქციონალური დანიშნულება, მახასიათებელი პარამეტრები, სენსორებიდან მიღებული ინფორმაციის, სიგნალების სახეები; ზონდირების, იდენტიფიცირების, სენსირების საშუალებები (BO)-ის მახასიათებელი (ზომა, კონცენტრაცია, ელექტრო/ოპტიკური) პარამეტრების მიხედვით; დეტექტირების, იდენტიფიცირების საშუალებები დისტანციურების მანძილების მიხედვით.

მათ შორის ყურადღება გამახვილდა ნანო- და ნანობიოსენსორებზე, რომლებიც გამოიყენება ბიო-აეროზოლური ნაწილაკების, მათ შორის (VPs) ნაწილაკების დეტექტირება-იდენტიფიკაცია-სენსირებისთვის გარემოს მონიტორინგის და ბიო-სამედიცინო გამოყენების მიმართულებებით. გაანალიზებულ იქნა ბიოობიექტთა, ბიოაეროზოლურ ნაწილაკთა დეტექტირება-იდენტიფიცირების მეთოდები, პრინციპები, ნანოტექნიკა - ნიმუშების აღება, შერჩევა-გადარჩევა, კონტაქტური ანალიზი, დეტექტირება, დაკვირვება მანძილზე; ოპტიკური ნანო და ნანობიო სენსორების ძირითადი ტექნიკური, ტექნოლოგიური მაჩვენებლები, რეჟიმები.

შედეგად შეირჩა ბიონაწილაკთა დეტექტირება-სენსირებისთვის ოპტიმალური, ოპტიკური (IR, Vis, UV) დიაპაზონის ოპტიკური ნანო-სენსორები და ოპტიკური, სპექტროსკოპული ტექნიკა.

4. პროგრამული სერვისების (NS) კომპონენტების განხრით განხილულ იქნა ფიზიკა-ბიოლოგიის ბაზაზე შექმნილი აპრობირებული სიმულაციური და გამოთვლითი პროგრამული პაკეტები (იხ. 1 პერიოდის ანგარიში, დანართი 1): MATLAB, COMSOL Multiphysics, NEi Nastran, AMBER, CHARMM, SAGUARO, პროექტის ფარგლებში მათი გამოყენების შესაძლებლობები. პროგრამების შექმნის, რიცხვითი ექსპერიმენტების და სიმულაციისთვის შერჩეულ იქნა MATLAB პროგრამული უზრუნველყოფა.

(BO)-ის დეტექტირების ამოცანის გადაწყვეტისთვის, ერთ/ორ პარამეტრიანი მოდელის ფარგლებში, კვლევის მეთოდოლოგიის შემუშავების მიზნით, გამოყენებულ იქნა ელექტროდინამიკასა და ელექტრომაგნიტურ (ემ) ტალღათა თეორიაში, მათემატიკური სტატისტიკაში აპრობირებული მეთოდები.

განხილულ იქნა:

- მოცემულ გარემოში გამოსხივების წყაროდან სიგნალის, ელექტრომაგნიტური (ემ) ტალღის და მოდელირებული ბიოობიექტის (BO) ურთიერთქმედების ამოცანა,
- ამოცანათა ამოხსნის მიზნით, ორი თეორიული კონცეფცია და მეთოდი:

a) დეტერმინისტული, რომლის საფუძველს წარმოადგენს მაქსველის ემ თეორია და განტოლებათა სისტემა, ტალღური განტოლება, ცვლადთა განცალების მეთოდი, ჰელმჰოლცის განტოლების ამონახსნები, ელექტროდინამიკის სასაზღვრო ამოცანების ამონახსნის მეთოდები; მრავალ ნაწილაკთა განხილვისას ენერგეტიკული პარამეტრების წარმოდგენა საშუალო მნიშვნელობების სახით, ფლუქტუაციების გათვალისწინების გარეშე.

b) სტატისტიკური, რომლის საფუძველს წარმოადგენს გამზნევი ნაწილაკების ე.წ. შემთხვევითი „ღრუბელი“ მოდელი, დამახასიათებელი ნაწილაკთა უწყვეტი, ქაოსური, მოძრაობით, ემ ველის ფლუქტუაციური თეორია გამზნევი ნაწილაკებზე, გაზნეული ველის შეფასება მატემატიკური სტატისტიკის ანალიზით, ემ ველის პარამეტრების წარმოდგენა სტატისტიკური მახასიათებლების საშუალებით.

წარმოდგენილ იქნა მოდელირებულ, სფერული და ცილინდრული ფორმის **ერთეულ VLP ნაწილაკზე** ემ ტალღის გაზნევის ამოცანის **დეტერმინისტული** ამონახსნი. შესაბამისად განხორციელდა **ელექტროდინამიკის სასაზღვრო ამოცანების** ამოხსნა, გადაწყვეტილ იქნა შემდეგი ძირითადი ქვე-ამოცანები (იხ. მე-3 და მე-5 პერიოდების დანართები 1,2):

- ფიზიკური ამოცანის ფორმულირება მოდელის გეომეტრიის ადეკვატურ კოორდინატთა სისტემაში, პარამეტრების დიფერენცირება,
- ვექტორული ამოცანის (სფერული მოდელის შემთხვევაში) გამარტივებისთვის მეთოდიკის შერჩევა,

- ტალღური განტოლების თეორიული ამონახსნის განსაზღვრა (3D) და (2D) განზომილებიანი ობიექტებისთვის, სფერულ და ცილინდრულ კოორდინატთა სისტემებში,
- ელექტროდინამიკის სასაზღვრო პირობების ფორმულირება,
- ელექტრული და მაგნიტური ველის კომპონენტების წარმოდგენა ფუნქციონალური განტოლებების სახით, ალგებრულ განტოლებათა სისტემად გარდაქმნა, ამოხსნა ველის მულტიპოლური კოეფიციენტების მიმართ, ემ ველის ყველა კომპონენტის წარმოდგენა მულტიპოლურ ველთა ჯამის სახით,
- ბიო-ობიექტის (BO) გული-გარსის და გარემოს არეებში ემ ველის ცხადი სახით წარმოდგენა მულტიპოლური კოეფიციენტების გამოყენებით, E - და H - ტიპის ტალღებისთვის.
- თეორიული და გამოთვლითი სახის ამოცანები, კერძოდ მოდელირებულ VLP ნაწილაკებზე გაბნეული ემ ველის კომპონენტების, VLP ნაწილაკთა გაბნევის უნარიანობის მახასიათებელთა (გაბნევის განივი კვეთის-სრული (σ_T), დიფერენციალური - σ_F და σ_B , გამოსხივების დიაგრამის, კუთხური ფუნქციების) წარმოდგენა ანალიზური სახით, გამოსახულებათა ანალიზი ტალღურ ($kr \gg 1$) ზონაში.

მრავალნაწილაკიანი სისტემის ნაწილაკთა შემთხვევითი „ღრუბლის“ მოდელის ფარგლებში, ნაწილაკთა სისტემა განხილულ იქნა შემთხვევითი განაწილების დისკრეტული „გამზნევის“ ერთობლიობის სახით, რომლის ბაზაზე წარმოდგენილ იქნა მრავალნაწილაკიანი სისტემაზე ემ ტალღის გაბნევის ამოცანის გადაწყვეტის თეორიული საფუძვლები (სხვადასხვა მიახლოებებში), მეთოდების შერჩევის კრიტერიუმები, კავშირი გარემოს სტრუქტურის და ბიომოდელის პარამეტრებთან ($\ell_\lambda, D_\lambda, L_\lambda, R_\lambda$), კოჰერენტული და არაკოჰერენტული გაბნევის პირობებში (იხ. მე-4 პერიოდის ანგარიშის დანართები 1,2).

მრავალნაწილაკიანი სისტემაზე ემ ტალღების გაბნევის ამოცანის ამოხსნის მიზნით, შემთხვევითად არაერთგვაროვან (CE) მოდელურ გარემოში, გამოიყენება:

მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდები -

- ა) მრავალნაწილაკიანი სისტემის/ბიოაეროზოლის და ემ ტალღის მახასიათებელ პარამეტრთა შესწავლისას;
- ბ) ემ ტალღების გაბნევის ამოცანაში (VLPs) ნაწილაკთა შემთხვევითი განაწილების პირობებში, ერთჯერადი და მრავალჯერადი გაბნევის მიახლოებითი თეორიების ფარგლებში.

სტატისტიკური მახასიათებლები-სტატისტიკური ცენტრალური მომენტები, კოჰერენტულობის, დროითი და სივრცითი კორელაციური ფუნქციები ემ ტალღის პარამეტრების (ამპლიტუდა, ფაზა) შეფასებისთვის.

განხილულ იქნა შესამუშავებელი მოდელის ფარგლებში, სტატისტიკური მეთოდებით დამუშავების ობიექტები, მონაცემთა სახეები; მონაცემთა დამუშავების, ანალიზის ეტაპები; **მონაცემთა ანალიზის სტატისტიკური მეთოდები და სტატისტიკური მახასიათებლები.**

ანალიზის შედეგად, განსაზღვრულ იქნა:

- სტატისტიკურ შემთხვევით ცვლადთა/მონაცემთა სიმრავლეები - სენსორირებული/გაზომილი, შერჩევითი/სემპლირებული, მოდელირებული და ფორმალური; მათი შესწავლისა და ანალიზისთვის სტატისტიკური მახასიათებლები, დისკრიპტორები, შერჩევის თეორიისა და კორელაციის თეორიის გამოყენებით.

- დინამიური მრავალნაწილაკიანი სისტემის მახასიათებელი, შემთხვევით ცვლადთა/მონაცემთა სიმრავლეები:

ა) ნაწილაკთა $\{ N \}$ კონცენტრაცია, განაწილება ზომების/დიამეტრების (D) მიხედვით,

ბ) ზომების $\{ D_k \}$ შერჩეულ დიაპაზონში (N_k) კონცენტრაციის განაწილება დროში, $\{ \Delta t_i \}$ ინტერვალების სიმრავლის მიხედვით.

- (CE) გარემოს, მახასიათებელ ფუნქციათა G_N^o (ფონური) და G_N (VPs ნაწილაკთა არსებობის პირობებში) შეფასების მეთოდები, სტატისტიკური დისკრიპტორების-ნაწილაკთა დიამეტრის და სრული კვეთის საშუალოს, დისპერსიის, ლოგ-ნორმალური განაწილების მახასიათებლების გამოყენებით.

დეტექტირების მოდელის სიმულაციური ნაწილის დამუშავების მიზნით შემუშავებულ იქნა:

- კომპიუტერული პროგრამის MatLab-ის ბაზაზე, ვირუსის მაგვარ (VL) ნაწილაკებზე ემ ტალღის ე.წ. „გაბნევის“ ამოცანების, 2D და 3D განზომილებიანი ელექტროდინამიკის სასაზღვრო ამოცანების თეორიული ამონახსნების საფუძველზე, ორი სხვადასხვა ფორმის (სფერული და ცილინდრული), გული-გარსი (Core-Shell) მოდელის ფარგლებში,

ა) პროგრამული პაკეტი, მანქანური/რიცხვითი ექსპერიმენტების, VL ნაწილაკთა გაბნევის, სპექტროსკოპული თვისებების სიმულაციური შესწავლისთვის.

ბ) გამოთვლითი პაკეტი, რომელიც მოიცავს:

1. VLP ნაწილაკთა გაბნევის/სპექტროსკოპული თვისებების მანქანური ექსპერიმენტის/ სიმულაციის რიცხვით შედეგებს, წარმოდგენილს ცხრილებისა და გრაფიკების სახით. ცხრილებში (იხ. დანართი ცხრილები) წარმოდგენილია ემ ველის მულტიპოლურ კოეფიციენტთა სიდიდეები, სიზუსტის, ჯამებში წევრთა რიცხვის კონტროლის და ანალიზისთვის; გრაფიკებზე (იხ. დანართი, გრაფიკები) წარმოდგენილია მოდელირებული ვირიონების (VLP ნაწილაკთა) „სპექტრული სურათები“, ემ ველის მახასიათებელთა $\sigma_F, \sigma_B, \sigma_T$ დამოკიდებულება დაცემული ემ ტალღის (λ) სიგრძეზე.

2. VPs ნაწილაკთა დეტექტირება-იდენტიფიკაციის პროცესის ვირტუალური მოდელის მონაცემთა იმიტირებულ ბაზას, ცხრილების (G pack sph_cyl, Excel-ფაილი) სახით, გენერირებული სკრიფტ-პროგრამით ($\sigma_F, \sigma_B, \sigma_T$ vs VLP- D).

- ვირუსულ (VPs) ნაწილაკთა დეტექტირება-იდენტიფიკაციის პროცესის კომპიუტერული მოდელის პროგრამული უზრუნველყოფა, როლის დანიშნულებაა უცნობი ვირუსის მაგვარ (VLPs) ნაწილაკთა სიმრავლიდან, ნაწილაკთა ($D_j \pm \Delta D_j$) დიამეტრების მოცემულ ინტერვალში, ვირუსული (VP) ნაწილაკის იდენტიფიცირება-დეტექტირება რეალურ დროში, მოცემულ ტალღის სიგრძეებზე (λ_i), გაბნეული ტალღის (2+1) სიგნალიანი ანალოგის რიცხვით მონაცემთა (იდენტიფიკატორების) ანალიზის ბაზაზე.

განხორციელდა მოდელის ტესტირება:

1. ემ ველის გაბნევის ამოცანების (სფერო-გარსი და ცილინდრი-გარსი მოდელებისთვის) თეორიული ამონახსნების ტესტირება კერძო, ეტალონური ამოცანების (სფერო და ცილინდრი) ამონახსნების შედეგების ბაზაზე, შედარებითი ანალიზი სხვა ავტორთა შრომების შედეგებთან.

2. შემუშავებული პროგრამული პაკეტის, სკრიპტ-პროგრამების (სფერო-გარსი და ცილინდრი-გარსი მოდელებისთვის) ტესტირება შემავალ პარამეტრთა/მონაცემთა (input data) მიხედვით, ავტომატური გადართვა შესაბამისი ეტალონური ამოცანების პროგრამულ (script.files), რიცხვით (გენერირებული სკრიპტ-პროგრამის გაშვების პროცესში, MAT-files სახით) და გრაფიკულ (ევრანზე გამოტანილ fig.file) შედეგებში.

ჩატარებული ტესტირებით დადასტურდა შემუშავებული თეორიული ამონახსნების და გამომდინარე ანალიზური, რიცხვითი შედეგების სისწორე, საიმედოობა, პროგრამული მოდულების გამართულობა.

მოდელის დახვეწა და დაზუსტება განხორციელდა

ა. სენსორული სისტემის კომპონენტების,

ბ. VPs ნაწილაკთა მახასიათებელ პარამეტრთა მონაცემთა ბაზის ფორმირების,

გ. დეტექტირება-იდენტიფიკაციის პროცესის ეტაპების და შესაბამისი ალგორითმების მიმართულებებით.

დამუშავდა ქსელური არქიტექტურა, ლოკალური (LAN) ქსელის მოდელი, გამარტივებული კონფიგურაცია წარმოდგენილ იქნა სქემატური სახით (იხ. დამატება სქემები), არქიტექტურა - ვარსკვლავის ტოპოლოგიით, დაყოფილი სამ სეგმენტად A, B და C კომუტატორების მეშვეობით. განსაზღვრული იქნა ქვე-ქსელების ფუნქციები, ქსელის აგება Gigabit Ethernet-ის ტექნოლოგიაზე. განხილული იქნა ქსელის მუშაობის პრინციპი, სენსორების ინტეგრირებული (SInS) სისტემიდან მიღებული ინფორმაციის (რიცხვით ფორმატში) მიწოდება ქსელური მოწყობილობის გავლით ცენტრალურ კომპიუტერზე (სერვერზე) შესაბამის მონაცემთა ბაზაში, პროგრამული დამუშავების და ანალიზისთვის (Program pack_Ident პაკეტის ბაზაზე), (VPs) ნაწილაკთა იდენტიფიკაციის რეჟიმის განხორციელებისთვის. განხილულ იქნა ქსელის ეფექტური მუშაობისთვის აუცილებელი მოთხოვნები - წარმადობა, საიმედოობა და უსაფრთხოება, მასშტაბირება და გაფართოვება, გამჭვირვალობა, ს/ს პროტოკოლების მხარდაჭერა, მართვადობა, თავსებადობა წარმოდგენილი ქსელის მოდელთან კონტექსტში.

წარმოდგენილ იქნა VPs ნაწილაკთა დეტექტირება/იდენტიფიცირების პროცესის გამარტივებული სქემა (იხ. დანართი სქემები), პროგრამული პაკეტის მუშაობის პრინციპი (იხ. მე-5 პერიოდის ანგარიში დანართი 1)

- **კვლევის შედეგების განხილვა;**

წარმოდგენილია პათოგენურ მიკროორგანიზმთა, კერძოდ ვირუსულ (VP) და ვირუსის მაგვარ (VLP) ნაწილაკთა დეტექტირების სიმულაციური სისტემა-მოდელი ე.წ. „სისტემა სისტემაში“ = სენსორული სისტემა + პროგრამული მოდული (პროგრამული უზრუნველყოფა) ინტეგრირებული ლოკალური (LAN) ტიპის კომპიუტერულ ქსელში.

შემუშავებული სისტემა-მოდელი შექმნილია ბიონანონაწილაკთა სპექტროსკოპული „ანაბეჭდის“ კონცეფციის ბაზაზე, გამოყენებულია VL ნაწილაკთა დეტექტირების სპექტროსკოპული მეთოდი, რომელიც ემყარება ემ ტალღის და VL ნაწილაკის ურთიერთქმედების შედეგის დაფიქსირებას, სპექტრული „პასუხის“ (ინტენსივობის და/ან სხვა სიდიდეების) გაზომვას.

შექმნილია ნანოსენსორული სისტემის სქემა, ქსელური არქიტექტურის მოდელი, ნანოსენსორული სისტემისა და ქსელის მართვის ლოგიკური ელემენტების და დეტექტირება-იდენტიფიკაციის ფორმალური ალგორითმის უზრუნველყოფით (იხ. დანართი სქემები, მე-6 ანგარიშის დანართი 1).

წარმოდგენილია:

1. სტაციონალური და მობილური სენსორების ინტეგრირებული (SInS) სისტემა. სტაციონალური სენსორული სისტემის გამარტივებული სქემა, შემადგენლობა, ლოკაციის და უსაფრთხოების საკითხების გათვალისწინებით.
2. VPs ნაწილაკთა მონაცემთა ბაზის (სტატისკური მონაცემთა ბაზა-VPs data bank) ფორმირების საფუძველი.
3. დეტექტირება-იდენტიფიკაციის პროცესის ყოველი ეტაპის შესაბამისი ფორმალური ალგორითმი, ნანოსენსორული სისტემისა და ქსელის მოქმედების სქემა, მართვის ლოგიკური ელემენტებით.

(VLP) ნაწილაკთა გული-გარსი მოდელის ბაზაზე, დეტექტირების ამოცანის თეორიული და სიმულაციური კვლევის შედეგად

მოცემულ იქნა ემ ტალღის (VLP) ნაწილაკზე გაბნევის ამოცანის თეორიული ამონახსნი მკაცრი სახით, მოდელის ორი გეომეტრიული და სამი ელექტრული პარამეტრის ნებისმიერი მნიშვნელობისთვის. ამონახსნის ანალიზის შედეგად, დადგენილ იქნა:

- ემ ველის ყველა კომპონენტის დამოკიდებულება გარემოს ელექტრულ, ოპტიკურ და მოდელირებული (VLP) ნაწილაკის გეომეტრიულ, ელექტრულ, ოპტიკურ პარამეტრებზე, დაცემული ემ ტალღის სიგრძეზე.

- გაბნეული ტალღების შემადგენლობა სხვადასხვა რიგის (s -ური) ჰარმონიკებისგან ე.წ. პარციალური ტალღებისგან, რომელთა ამპლიტუდა განისაზღვრება გაბნეული ველის კომპლექსური მულტიპოლური კოეფიციენტების აბსოლუტური სიდიდეებით, განპირობებული სამი გარემოს თვისებით, ასევე გამბნევი (VLP) ნაწილაკის და გარსის რადიუსების თანაფარდობით დაცემული ტალღის სიგრძესთან.

- ამოცანის თეორიული ამონახსნის აპროქსიმაციის მეთოდიცა, მოდელის პარამეტრების ზღვრული მნიშვნელობებისთვის - $k_b \gg 1$, $k_a \gg 1$ ან $k_b \ll 1$, $k_a \ll 1$,

(VLP) ნაწილაკის ზომებისა და ემ ტალღის სხვადასხვა დიაპაზონისთვის.

შედეგად, განისაზღვრება:

- ალგებრულ განტოლებათა სისტემის საფუძველზე, VLP ნაწილაკის (სისტემის) საკუთარი სიხშირეების თეორიული მნიშვნელობა, დაცემული ემ ტალღის სიხშირის რეზონანსული მნიშვნელობების დიაპაზონი,

- ემ ველის კომპონენტები მოდელის გეომეტრიული პარამეტრებისა და დაცემული ემ ტალღის სიხშირეთა/ტალღის სიგრძეთა სხვადასხვა თანაფარდობების შემთხვევაში

- (BO) ობიექტიდან გაბნეული ემ ტალღის (სიგნალის) ინტენსივობა, გაზომვადი სიდიდე, პროპორციული ემ ველის ამპლიტუდის კვადრატის,

- ემ ველი გამბნევ (VLP) ნაწილაკთან ახლო ზონაში, ასევე (VLP) ნაწილაკის გარსის შიდა არეებში ანალიზურად და რიცხვითი სახით ველის ამპლიტუდისა და ფაზის იზოხაზების სახით,

განხორციელდა მანქანური, რიცხვითი ექსპერიმენტები, (VLP) ნაწილაკთა გამბნევი და სპექტროსკოპული თვისებების სიმულაციური შესწავლა ვირუსთა სამიზნე ჯგუფის (რინოვირუსის), ასევე მსგავსი (T7, MS2, STNV) და განსხვავებული (M13, TMV) ფორმის ვირიონების მახასიათებელ ელექტრო-გეომეტრიულ (3e-2g) პარამეტრთა შერჩეული სიმრავლის და ტალღის სიგრძის დიაპაზონებში. შედეგად:

- ◆ მოდელირებულ (VLP) ნაწილაკთა გაბნევის მახასიათებელთა ბაზაზე, გამოვლინდა (VLP) ნაწილაკთა სპექტროსკოპული, რეზონანსული თვისებები, ტალღის სიგრძის (λ) მაქსიმალურად სენსიტიური, რეზონანსული დიაპაზონების განსაზღვრის შესაძლებლობა, (3e-2g) პარამეტრების (VLPs) ნაწილაკათვის.

- ◆ დაფიქსირდა VLP ნაწილაკთა ემ ტალღის ველში სპექტრული პასუხი (რესპონსი), გამოიკვეთა ემ ტალღის სიგრძის სენსიტიური $\lambda \approx d_2$, $\lambda < \pi d_2$, $\lambda < \sqrt{\epsilon_2} \pi d_2$ დიაპაზონები.

◆ შემუშავებული სკრიფტ-პროგრამების გამოყენებით შესწავლილ იქნა VLPs ნაწილაკთა გამზნევი თვისებების, მახასიათებელი სიდიდეების ($\sigma_T, \sigma_F, \sigma_B, RP$) დამოკიდებულება ნაწილაკთა შიდა/გარე დიამეტრებზე, გული-გარსი-გარემოს დიელექტრიკულ შეღწევადობებზე, ემ ტალღის სიგრძეზე, სისტემის (ემ ტალღა-ნანონაწილაკი) მახასიათებელ პარამეტრთა ნებისმიერი მნიშვნელობებისთვის.

◆ დადასტურდა სისტემის (ნაწილაკი-ტალღა) სენსიტიურობა, გამზნევი თვისებების ძლიერი დამოკიდებულება პარამეტრების მცირე ცვლილებაზე, მახასიათებელი $\sigma_T, \sigma_F, \sigma_B$ სიდიდეების მკვეთრად განსხვავებული მნიშვნელობები ელექტრო (3e) - გეომეტრიულ (2g) პარამეტრთა სხვადასხვა სიმრავლისთვის

◆ შემუშავებული სკრიფტ-პროგრამის ($\sigma_F, \sigma_B, \sigma_T$ vs VLP - λ) საფუძველზე, რიცხვითი, გრაფიკული სახით დემონსტრირებულ იქნა კონკრეტული გეომეტრიის ვირუსების შესაბამისი მოდელების „სპექტრები“, ემ ტალღის სიგრძის სხვადასხვა დიაპაზონში (იხ. დანართი გრაფიკები)

◆ გამოვლინდა VLP ნაწილაკთა მკაცრად სპეციფიური და უნიკალური სპექტრის, ე.წ. სპექტროსკოპული „ანაბეჭდის“ არსებობის, შეფასების და მათ ბაზაზე VLP ნაწილაკთა დიფერენცირების შესაძლებლობა,

◆ განისაზღვრა სენსორული სისტემის სენსირების ძირითადი საფუძველი, VLP ნაწილაკთა სპექტროსკოპული „ანაბეჭდის“ სახით. შემუშავდა VP და VLP ნაწილაკთა დეტექტირება- იდენტიფიკაციის კომპიუტერული მოდელები სქემის და მონაცემთა იმიტირებული ბაზის შექმნის ძირითადი თეორიული საფუძველები.

განსაზღვრულ იქნა ემ ტალღების გაზნევის ამოცანის ამონახსნი მრავალნაწილაკიანი სისტემისთვის, მოცემული პარამეტრების ($L_\lambda \gg 1$) დეტერმინირებულ (CE) მოდელებზე გარემოში, ერთეულ (VLP) ნაწილაკზე ემ ტალღის გაზნევის ელექტროდინამიკის ამოცანის ამონახსნის საფუძველზე, ერთ/ორ პარამეტრიანი მოდელები ამოცანისთვის - ქაოსური განაწილების, ერთნაირი დიამეტრის და შემადგენლობის (VLPs) ნაწილაკებზე.

ველის ფლუქტუაციური თეორიის საფუძველზე, შემთხვევითად არაერთგვაროვან (CE) გარემოში, გაზნეული ემ ველი წარმოდგენილ იქნა ფუნქციის საშუალებით, რომელიც განისაზღვრება ცალკეული ფუნქციონალური დამოკიდებულებების სახით, ემ ველის ელექტრული და მაგნიტური კომპონენტების ამპლიტუდის და ფაზის გათვალისწინებით (დეტერმინისტული ამონახსნის ბაზაზე).

სტატისტიკურ პარამეტრთა (დისკრიპტორთა) შეფასების მეთოდიკა, „ფონური“ სტატისტიკური და „ფონური“ სტატისტიკური საშუალოდან გადახრა/დისპერსია შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას როგორც კონცენტრაციის, ზომის და დროის, ასევე რეალური გარემოს დამახასიათებელ სხვა პარამეტრებთან მიმართებაში, **სივრცის ერთ ან მრავალ წერტილში**.

• დასკვნები;

შემუშავებულია VL ნაწილაკთა დეტექტირების სისტემა-მოდელი, ერთიანი თეორიული და სიმულაციური კვლევის მეთოდიკა, კლასიკური ელექტროდინამიკის თეორიების და მეთოდების გამოყენებით ბიოობიექტების გამზნევი და სპექტროსკოპული თვისებების შესასწავლად.

(VP) და (VLP) ნაწილაკთა დეტექტირება-იდენტიფიკაციის მოდელი განიხილება როგორც საფუძველი და ეტალონური ამოცანა ვირუსთა სხვადასხვა სახეობებისგან შემდგარი სისტემებისთვის შემდგომ კვლევებში.

შემუშავებული იქნა ოპტიკური დეტექტირების ორიგინალური ფიზიკური მოდელი, დაფუძნებული ვირუსულ ნაწილაკთა განხილვაზე ფიზიკური ობიექტის სახით, ყოველი ვირიონისთვის დამახასიათებელი სპეციფიური ელექტრო-გეომეტრიული პარამეტრების სიმრავლით და უნიკალური სპექტროსკოპული „ანაბეჭდით“, რომლის ანალოგი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას სხვა ტიპის ბიოობიექტების (ბაქტერიების, ცოცხალი უჯრედების) დეტექტირებისთვის, სტრუქტურის შესაბამისი მოდელის არსებობის პირობებში.

- VL ნაწილაკთა გული-გარსი მოდელის ბაზაზე, შემუშავებული VL ნაწილაკთა დეტექტირების, თეორიული და სიმულაციური კვლევის მეთოდიკა გამოიყენება
 - ა) ბიოლოგიური წარმოშობის ნაწილაკთა (ვირუსები), ბიოაეროზოლოზურ (ვირუსის შემცველი) ნაწილაკთა, ბიოაგენტთა (ხელოვნურად გენერირებული),
 - ბ) არაბიოლოგიური წარმოშობის ნაწილაკთა (წყლის წვეთების, ყინულის სფეროების და ჩხირების, აზბესტის ბოჭკოების, ტექსტილის, მჭვარტლის, ატმოსფერული და აეროზოლოზური ნაწილაკების და სხვა),
 - გ) მიკრო და ნანო ნაწილაკთა,
 - დ) ჰიბრიდული (ორგანული-არაორგანული) ნანონაწილაკების

სპექტროსკოპული და გამზნევი თვისებების შესწავლისთვის.

- გული-გარსი მოდელის VL ნაწილაკზე ემ ტალღის გაზნევის ამოცანა და შესაბამისი მეთოდიკა შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას სფერული და ცილინდრული ფორმის სასრული რაოდენობის გარსის მქონე (ფენოვანი სტრუქტურის) ერთეული ბიო, ასევე არა-ბიო მიკრო და ნანო ნაწილაკთა ელექტროდინამიკური პარამეტრების, გამომსხვივებელი და რეზონანსული თვისებების შესასწავლად სხვადასხვა გარემოში.

- შემუშავებული პროგრამული პაკეტის სკრიპტ-პროგრამების გამოყენების არეალს წარმოადგენს:

ა) ერთეული გული-გარსი მოდელის სფერული და ცილინდრული ფორმის VL ნაწილაკთა,

ბ) ერთეული ერთგვაროვანი სფეროს და ცილინდრის ფორმის VL ნაწილაკთა

კვლევის და დეტექტირების ამოცანები, (VL) ნაწილაკთა და სისტემის (ტალღა-ნანონაწილაკი) ნებისმიერი ელექტრო-გეომეტრიული პარამეტრების, ტალღის სიგრძის, ასევე არამშთანთქავი და მშთანთქავი გარემოს (გული, გარსი, გარემომცველი გარემო) შემთხვევებში.

- სკრიპტ-პროგრამების და გამოთვლითი პაკეტების ბაზაზე შესაძლებელია მანქანური, რიცხვითი ექსპერიმენტების ჩატარება, სისტემის ტალღა-ნანონაწილაკი სიმულაციური შესწავლა, პროგრამული მოდულების ცალკეული ბლოკების გამოყენება ერთეულ ნაწილაკებზე ემ ტალღების გაზნევის ამოცანების სიმულაციური პროგრამების შექმნისას.

- (VL) ნაწილაკთა დეტექტირება-იდენტიფიკაციის პროგრამული პაკეტი ითვალისწინებს გავრცობას, იდენტიფიცირებისთვის დამატებითი ინფორმაციის ჩანაცვლებას, შედეგის ანალიზს, ტექსტური სახით შეტყობინებას VP ნაწილაკის იდენტიფიკაციის/დასახელების შესახებ.

- მიღებული შედეგები მოდელის, თეორიული, პროგრამული და რიცხვითი სახით განიხილება ვირუსულ ნაწილაკთა, ბიოაგენტთა მონაცემთა, ე.წ. სპექტროსკოპულ „ანაბეჭდთა“ ბაზის შექმნის ერთ-ერთ წინაპირობად და საფუძვლად, სპექტროსკოპულ ექსპერიმენტულ გაზომვებთან კომბინაციაში.

- **სამომავლო რეკომენდაციები;**

შემუშავებული მოდელის, დეტექტირების თეორიული საფუძვლების და კონცეფციის, ასევე მოდელირებული ბიონაწილაკების სპექტროსკოპული თვისებების შესწავლის შედეგად მიღებული შედეგების საფუძველზე მრავალნაწილაკიანი სისტემების დეტექტირების მეთოდიკის და საშუალებების, ბიოაგენტთა მონაცემთა ბაზის ფორმირების თვალსაზრისით უაღრესად მნიშვნელოვანია:

ექსპერიმენტული-გაზომვითი სახის სამუშაოების ჩატარება-ა) ბიონაწილაკთა ოსცილაციური სიხშირეების, ბ) ბიოაეროზოლურ ნაწილაკთა მიერ გაზნეული ველის სპექტროსკოპული საიზერებით გაზომვების მიმართულებებით.

თეორიული სახის კვლევების ჩატარება - ბიონაწილაკთა ოსცილაციური სიხშირეების დათვლის ალტერნატიული მათემატიკური/რიცხვითი მეთოდების, პროექტის ფარგლებში მიღებული ერთგვაროვან განტოლებათა სისტემების საკუთარი ამონახსნების განსაზღვრის მიმართულებებით.

პროგრამირებისა და მოდელირების მიმართულებით - ბიონაწილაკთა ველების შესწავლა ახლო ზონაში, ასევე ბიონაწილაკთა გარემომცველი გარემოს (მაგ. წყალი, საკვლევი სითხეები) შთანთქმის გათვალისწინებით.

- დანართები - ვიდეო, ლიტერატურა, ცხრილები, გრაფიკები, სქემები, დოკუმენტები ელექტრონული სახით, ჩაწერილი CD დისკზე.

7. დამატებითი ინფორმაცია, რომლის გაზიარებაც გასურთ ფონდისათვის

მადლობას გიხდით ფინანსური მხარდაჭერის და თანადგომისთვის.

8. დანართები

შენიშვნა: საბოლოო ანგარიშში ასახული მასალები დანართის სახით წარმოდგენილი უნდა იყოს ელექტრონული ან/და ნაბეჭდი სახით.

პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელის ხელმოწერა

წამყვანი ორგანიზაციის ხელმძღვანელის ხელმოწერა და ბეჭედი

ბ.ა.

თარიღი: _____