

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

1	საგრანტო ხელშეკრულება №	216732
2	საანგარიშო პერიოდი №	IV
3	ანგარიშის ტიპი <ul style="list-style-type: none"> • საბოლოო: • პირველადი/დაზუსტებული: 	საბოლოო/პირველადი
4	ანგარიშის პერიოდულობა (ექვსთვიანი / წლიური / სხვ.)	ექვსთვიანი
5	საგრანტო პროექტის სახელწოდება:	მეწყობის მონიტორინგის და ადრეული შეტყობინების ეკონომიური ტელემეტრული სისტემის შექმნა
6	კონკურსი, რომლის ფარგლებშიც დაფინანსდა პროექტი: (კონკურსის სახელწოდება, წელი)	სსიპ- შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გამოყენებით კვლევებისათვის სახელმწიფო სამეცნიერო გრანტების კონკურსი
7	სამეცნიერო მიმართულება: ქვე-მიმართულება: (მიუთითეთ სიტყვიერად და კოდი კლასიფიკატორიდან):	1. საბუნებისმეტყველო 1.5. გეომეცნიერებანი, მრავალდარგობრივი დისციპლინები; 1.5. გარემოს შემსწავლელი მეცნიერებანი
8	გრანტის მიმღები წამყვანი ორგანიზაცია <ul style="list-style-type: none"> • ორგანიზაციის დასახელება: • სტატუსი (სსიპ, ააიპ, სხვ.): • საიდენტიფიკაციო კოდი: 	ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, სსიპ 204864548
9	გრანტის მიმღები წამყვანი ორგანიზაციის ხელმძღვანელი/პასუხისმგებელი პირი: (სახელი, გვარი, თანამდებობა ტელ. ელ. ფოსტა)	ნუნუ ოვსიანიკოვა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ადმინისტრაციის ხელმძღვანელი 222 35 01 nunu.ovsyannikova@tsu.ge
10	საგრანტო პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი: (სახელი, გვარი, ტელ. ელ. ფოსტა)	აკადემიკოსი თამაზ ჭელიძე 577 790 745; tamaz.chelidze@gmail.com
11	საგრანტო პროექტის ბუღალტერი: (სახელი, გვარი, ტელ. ელ. ფოსტა)	ლია ღვალაძე ტელ: 2253869; 2251549 lia.gvaladze@tsu.ge
12	თანამონაწილე ორგანიზაცია <ul style="list-style-type: none"> • ორგანიზაციის სახელი: • პასუხისმგებელი პირი: (სახელი, გვარი, პოზიცია, ტელ. ელ. ფოსტა)	
13	თანადამფინანსებელი ორგანიზაცია <ul style="list-style-type: none"> • ორგანიზაციის სახელი: • პასუხისმგებელი პირი: (სახელი, გვარი, პოზიცია, ტელ. ელ. ფოსტა)	
10	პროექტის ხანგრძლივობა (თვეების რაოდენობა): <ul style="list-style-type: none"> • პროექტის დაწყება (რიცხვი/თვე/წელი): • პროექტის დასრულება (რიცხვი/თვე/წელი): 	24 თვე 29.11.2016 29.11.2018
11	პროექტის მთლიანი ბიუჯეტი:	236000 ლარი
12	ფონდიდან მიღებული გრანტის მთლიანი ოდენობა: (საგრანტო ხელშეკრულებით განსაზღვრული)	
13	საანგარიშო პერიოდისთვის ფონდიდან მიღებული გრანტიდან გაწეული ხარჯი:	
14	ბიუჯეტის ნაშთი <ul style="list-style-type: none"> • ნაშთი გადარიცხული თანხიდან • ნაშთი დამტკიცებული ბიუჯეტიდან 	

გრანტის მიმღები წამყვანი ორგანიზაციის ხელმძღვანელის
ხელმოწერა და ბეჭედი:

საგრანტო პროექტის ხელმძღვანელის ხელმოწერა:

ანგარიშის ჩაბარების თარიღი:

1. კვლევის შემჯავამებელი 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: ავტონომიური კვების წყაროს მქონე (მზის ბატარეები), საკმაოდ დაბალფასიანი ზუსტი გეოფიზიკური მონიტორინგის კომპლექსური ტელემეტრული სისტემის დამუშავება, ღვარცოფის/მეწყერის გააქტიურების და ინიცირების სიგნალიზაციისათვის რადიოსიგნალის ან ინტერნეტის კავშირის გამოყენებით.

სიზუსტის და დანახარჯების ეფექტურობის, ერთი შეხედვით შეუთავსებელი მოთხოვნების დაკმაყოფილება ბოლო წლებში შესაძლებელი გახდა ახალი ტექნოლოგიების დახმარებით (მაგალითად, MEMS სენსორები და ნიადაგის ტენიანობის სხვადასხვა სენსორები და მცირე ენერგომომხმარების სიგნალების დამუშავების თანამედროვე ციფრულ ელემენტებთან თავსებადი მონაცემების გადაცემის ელემენტები).

მეწყერსაშიში უბნების მონიტორინგისა და მეწყერების გააქტიურების სამიზრობის შესახებ განგამის სიგნალის გამომუშავებისა და გავრცელებისათვის შემუშავებული იქნა სისტემა, რომელიც რეალურ დროში, მეწყერსაშიშ უბანზე დაკვირვებული რამოდენიმე ფიზიკური პარამეტრის კომპლექსური დამუშავებისა და გაანალიზების საფუძველზე იღებს გადაწყვეტილებას უბნის მიმდინარე აქტივობის დონის, ან საგანგაშო სიტუაციის შესახებ. სისტემაში გამოყენებული სავსე გადამწოდები-სენსორები წარმოადგენენ წყალგაუმტარ, დაცულ მოწყობილობას, რომელიც შეიცავს სამკომპონენტის ანალოგური აქსელერომეტრი-დახრილმზომის მინი-მოდულს:MMA7361, გრუნტის გაწყლოვანების რადიოსიხშირული სენსორის მინი-მოდულს:2.7GHz Radar Sensor და ტემპერატურის წრფივი მზომის ნახევარგამტარულ მინი-მოდულს: LM35.

როგორც დაგეგმილი იქნა, პროექტის განხორციელების საწყის ეტაპზე, სენსორებიდან მიღებული ინფორმაციის პირველადი დამუშავებისათვის მოწყობილობაში გამოყენებულია ანალოგური პროცესირების სისტემა, რომელიც ახდენს თითოეული სენსორიდან მიღებული სიგნალის ამპლიტუდის, ფაზის და მუდმივი ძაბვის მდგენელის მახასიათებლის დიფერენცირებას საყრდენი სენსორის ინფორმაციასთან მიმართებაში. ანომალური ტრენდის შემთხვევაში, თუ დაკვირვებული სხვაობა აღემატება უბნის ხმაურის ბუნებრივ ტრენდულ მონაცემს, სისტემა გამოიმუშავებს გაფრთხილებას ან განგამის შესაბამის ინფორმაციას, რომელიც გადაიცემა GSM მონაცემების სახით და მომენტალურად განთავსდება დამორეზულ სერვერზე განთავსებულ მონაცემთა ბაზაში. ასევე, GSM პლათფორმა გამოყენებული იქნება, რათა გაიგზავნოს SMS მოკლე ტექსტური შეტყობინებები და მიეწოდოს საგანგებო სიტუაციების მართვის სტრუქტურებს. მოწყობილობის მიერ განგამის სიგნალის გამომუშავების შემთხვევაში, ინფორმაცია გადაიცემა კოდირებული დაცვის მქონე რადიოსიგნალების სახით, უახლოეს დასახლებულ პუნქტში, სადაც დამონტაჟებული იქნება რადიოსიხშირული მიმღები-დეკოდერი და ლოკალური ხმოვანი თუ ტექსტური განგამის უზრუნველყოფის მოწყობილობა. ერთ მოწყობილობას შეუძლია ერთდროულად რამოდენიმე ასეთი პუნქტის მომსახურება.

სისტემის მიერ დაკვირვებული ფიზიკური ველების მიმდინარე პარამეტრები მუშავდება რეალურ დროში, ანალოგური პროცესირების პლატფორმის მეშვეობით, და მიღებული ინფორმაციული მონაცემები მიეწოდება ციფრული დამუშავების მოდულს, რომელიც ენერგოეფექტურ მიკროპროცესორულ მოწყობილობას წარმოადგენს. მასში გამოყენებული „არდუინო-მეგა2560“ მიკროკონტროლერის მოდული იძლევა საშუალებას შეიქმნას და შეინახოს მიმდინარე ტრენდების შესაბამისი ციფრული მონაცემები რამოდენიმე საათის განმავლობაში. თუ აღნიშნული მონაცემების სერვერზე გადატანა გახდა საჭირო, იმ შემთხვევაში, როდესაც სისტემა აფიქსირებს ანომალურ ან საგანგაშო სიტუაციას, მიკროკონტროლერთან მიერთებული GSM მონაცემთა გადამცემი მოდული იწყებს ანომალური მოვლენის წინამორბედი დროის პერიოდის დროს ჩაწერილი მონაცემების სერვერზე ატვირთვას. ასევე, ნებისმიერ დროს შესაძლებელია გასული საათის განმავლობაში ჩაწერილი მონაცემების სერვერზე გამოძახება და შესწავლა. ეს შეიძლება საჭირო გახდეს ანომალური მოვლენების განვითარების გარეშე, რადგან სისტემის ფუნქციონირების მომდინარე პარამეტრების და მეწყერული უბნის ბუნებრივი ხმაურის ტრენდის რეგულარული კონტროლი საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ რისკის შეფასების თუ განგამის სიგნალების შესაბამისი ანომალური ზღურბლების უფრო ზუსტი განსაზღვრა.

წარმოდგენილი ღვარცოფის/მეწყერის აშს-ს ქსელი მოიცავს მასების მოძრაობის გამომწვევი ორი ძირითადი ფაქტორის მონიტორინგს: ნიადაგის ტენიანობას (შედარებით გრძელვადიანი წინამორბედი) და მექანიკური მოძრაობით გამოწვეული გადაადგილება/აჩქარება/ვიბრაციას (მოკლევადიანი წინამორბედი), თანამედროვე მცირეფასიანი მიკროსენსორების გამოყენებით, რომლებიც შეიძლება იყოს ერთჯერადი და მასათა მოძრაობისას დაზიანების შემთხვევაში ადვილად მოხდეს მათი ხელახლა დაყენება. შეიძლება ითქვას, რომ ჩვენი მოწყობილობა არის დიაგნოსტიკური სისტემა, რომელიც მუდმივად იღებს ინფორმაციას, ადარებს მათ შეთანხმებულ კრიტერიუმებს (ნიადაგის ტენიანობის და დიფერენციალური აჩქარების კრიტიკულ მნიშვნელობებს) და იღებს გადაწყვეტილებას განგამის ტელემეტრული სიგნალის გაგზავნაზე.

ჩვენ შევძელით აღნიშნული სისტემის კონსტრუირება და ჩავატარეთ სატესტო გამოცდები, რომლებმაც წარმატებით ჩაიარა. წარმოდგენილი ადრეული შეტყობინების სისტემის სიმარტივის, ეფექტურობის და ეკონომიურობის გამო ის საინტერესო უნდა იყოს მეწყრული მოვლენების საშიშროების ქვეშ მყოფი ქვეყნებისათვის. წარმოდგენილ სისტემაზე ჩვენ განაცხადი შევიტანეთ პატენტის ასაღებად. ყოველივე ამის გამო ღვარცოფების და მეწყრების დისტანციური კომპლექსური მონიტორინგის და ადრეული შეტყობინების ეკონომიური სისტემის პოტენციური ბაზარი შეიძლება მნიშვნელოვნად გაიზარდოს.



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	Varamashvili N., Chelidze T., Devidze M., Chikhladze V., Chelidze Z.	Laboratory and mathematical modeling of natural catastrophe	Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences	V.1 2, Issue 2	2017	საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია	საერთაშორისო	გამოცემული	http://science.org.ge/bnas/t11-n2/09_Varamashvili.pdf
2	Chelidze, T., Tibaldi, A., Tsereteli, N., Abashidze, V., Varamashvili, N., Chelidze Z.	Early warning systems for dam safety: case of large Engury dam	Proceedings 5 th International Symposium of Dam Safety. Istanbul/Turkey	V.2	2018		საერთაშორისო	გამოცემული	
3	Amilakhvari, D., Dvali, L.,	Early Warning System of the	IV международная		2018		საერთაშორისო	In press	

	Chelidze, T., Varamashvili, N., Chelidze, Z., Kiria, T.	Natural Catastrophes	научная конференция молодых ученых «Современные задачи геофизики, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства». Гюмри, Армения						
--	--	-------------------------	--	--	--	--	--	--	--

- წიგნები, მონოგრაფიები ან სხვა არაპერიოდული, ერთჯერადი გამოცემები

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

№	ავტორ(-ები)	პუბლიკაციის სათაური	ტომი/ გამო- ცემა	გამო- ცემის სა- თარი- ღი	გამომცემლობა	ადგილობრივი/საერთაშორისო (მიუთითეთ ერთ-ერთი)	გამოცემის სტატუსი (გამოცემული/მიღებული)	გვერდების რაოდენობა	ინტერნეტ- ბმული
1	თ. ჭელიძე, ნ.ვარამაშვილი, ი. ზ. ჭელიძე, თ. ქირია, ნ.დლონტი, ჯ. ქირია, თ.წამალაშვი- ლი	მეწყობის მონიტორინგის და ადრეული შეტყობინების ეკონომიური ტელემეტრული სისტემის შექმნა	მონოგ- რაფია	2018	ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახ. უნივერსიტეტი	ადგილობრივი	გამოცემული		
2									
3									

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

№	ავტორ- (ებ)ი	ნაშრომის სათაური	ლონისძიების დასახელება	გამოცე- მის თარიღი	გამომცემლობა	ადგილობრივი/საერთაშორისო (მიუთითეთ ერთ-ერთი)	გამოცემის სტატუსი (გამოცემული/მიღებული)	ინტერნეტ- ბმული
1								
2								
3								

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

№	ლონისძიების ჩატარების ადგილი	ლონისძიების ჩატარების თარიღი	ლონისძიების ტიპი	ლონისძიების სტატუსი	თემის სახელწოდება	წარდგენილი მასალა (თეზისი, მოსხენება/პრეზენტაცია, პუბლიკაცია)	მონაწილის სტატუსი
1	დავოსი, შვეიცარია	2017 წ., 14-17 მარტი	სამუშაო შეხვედრა (workshop)	Schatzalp Workshop on Induced Seismicity	Seismic and mass- movement processes stimulation modeling	მოსხენება/პრეზენტაცია	მომხსენებელი
2	ბაქო, აზერბაიჯანი	2017 წ., 04-06 დეკემბერი	International scientific- technical Conference	“Natural Disasters and Human Life Safety”	Cost-effective telemetric monitoring and early warning systems for signaling landslide initiation	Abstract of presentation	მომხსენებელი
3	ვალეტა, მალტა	2018 წ., 02-07 სექტემბერი	General Assembly	European Seismological Commission 36th General Assembly	EXPERIMENTS ON FORCED STICK-SLIP: IMPLICATIONS TO INDUCED SEISMICITY.	მოსხენება/პრეზენტაცია	მომხსენებელი
4	სტამბოლი, თურქეთი	2018 წ., 29 ნოემბერი -01 დეკემბერი	International Symposium	5 th International Symposium of Dam Safety	Early warning systems for dam safety: case of large Engury dam, Georgia.	მოსხენება/პრეზენტაცია	მომხსენებელი
5	გიუმრი, სომხეთი	2018 წ., 07-10 ნოემბერი	საერთაშორისო კონფერენცია	IV международная научная конференция молдодых ученых «Современные задачи	Early Warning System of the Natural Catastrophes	მოსხენება/პრეზენტაცია	მომხსენებელი

				геофизики, инженерной сейсмологий и сейсмостойкого строительства».			
6	ზაგრები, ხორვატია	2018 წ., 6-7 ნოემბერი	JOINT MEETING OF THE COMMITTEE OF PERMANENT CORRESPONDENTS AND DIRECTORS OF SPECIALISED CENTRES	EUROPEAN AND MEDITERRANEAN MAJOR HAZARDS AGREEMENT (EUR-OPA)	Development of innovative cost-effective autonomous telemetric early warning system for detecting floods, mudflows and rockfall initiation	მოხსენება/პრეზენტაცია	მომხსენებელი

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.

2.4. ტექნოლოგიები, ტექნიკა/მეთოდოლოგია/პროცედურა/დანადგარი

აღწერეთ ტექნოლოგიები, ტექნიკა/მეთოდოლოგია/პროცედურა/დანადგარი, რაც მიიღეთ კვლევის შედეგად. აღწერეთ მათი გაზიარების, გავრცელების სტრატეგია მეწყერსაშიში უბნების მონიტორინგისა და მეწყერების გააქტიურების საშიშროების შესახებ განგაშის სიგნალის გამომუშავებისა და გავრცელებისათვის შემუშავებული იქნა სისტემა, რომელიც რეალურ დროში, მეწყერსაშიში უბანზე დაკვირვებული რამოდენიმე ფიზიკური პარამეტრის კომპლექსური დამუშავებისა და გაანალიზების საფუძველზე იღებს გადაწყვეტილებას უბნის მიმდინარე აქტივობის დონის, ან საგანგაშო სიტუაციის შესახებ. სისტემა შეიცავს გრუნტის მასათა გაწყლოვანების, ტემპერატურის, დახრილობის და მასათა აჩქარებული მოძრაობის გამზომ სენსორების მოდულებს, სენსორების მონაცემთა პირველადი დამუშავების, ფილტრაციისა და ანალოგური პროცესირების მოდულს, უბანზე დაკვირვებული მიმდინარე პარამეტრების ზღვრული მნიშვნელობების ანალიზის მოდულს, საშიშროების დონის განსაზღვრის და შესაბამისი კოდის გამომუშავების მოდულს, სხვადასხვა დონის განგაშის ინფორმაციის გავრცელების მოდულსა და მზის პანელების გამომუშავებულ ენერგიაზე მომუშავე ავტონომიური კვების მოდულს.

ჩვენ შევძელით აღნიშნული სისტემის კონსტრუირება და ჩავატარეთ სატესტო გამოცდები, რომლებმაც წარმატებით ჩაიარა. წარმოდგენილი ადრეული შეტყობინების სისტემის სიმარტივის, ეფექტურობის და ეკონომიურობის გამო ის საინტერესო უნდა იყოს მეწყერული მოვლენების საშიშროების ქვეშ მყოფი ქვეყნებისათვის.

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

ჩვენ შევიტანეთ საპატენტო განაცხადი აღნიშნულ სისტემაზე (საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი, საპატენტი, 2018.10.26, საქმის ნომერი: 14838/2, განაცხადის ნომერი: AU 2018 14838, გამცხადებელი: ნოდარ ვარამაშვილი, ჯემელ ქირია, თენგიზ ქირია, თამაზ ჭელიძე, ნუგზარ ლლონტი, ზურაბ ჭელიძე., ობიექტი: სასარგებლო მოდელი, დასახელება: მეწყერების მონიტორინგის და ადრეული შეტყობინების ეკონომიური ტელემეტრიული სისტემა).

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

- პატენტი
- საავტორო უფლება (DOI-ს მითითებით) (copyright)
- ინდუსტრიული დიზაინის უფლება
- სავაჭრო ნიშნები (trade marks)
- საქონლის გაფორმება (trade dress)

2.6. სხვა პროდუქტები

ჩამოთვალეთ კვლევითი პროექტის განხორციელების შედეგად მიღებული სხვა პროდუქტები, როგორცაა:

შეიქმნა ანალოგურ მონაცემთა აციფერის, დამუშავების, განგაშის დონების დადგენის, გადაცემის - ადრეული შეტყობინების სისტემის მართვის პროგრამა. გაკეთდა მეწყრული და ღვარცოფული პროცესების ლაბორატორიული მოდელირების დიდმასშტაბიანი დანადგარი. შეიქმნა მეწყრული და ღვარცოფული პროცესების მოქმედი საველე ადრეული შეტყობინების სისტემა.

- მონაცემთა ბაზები
- ფიზიკური კოლექციები
- აუდიო, ან ვიდეო პროდუქტები
- მასალები / კვლევის მასალები
- **პროგრამა**
- მოდელი
- საგანმანათლებლო დამხმარე მასალები
- **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	წინამორბედების დაყოფა გრძელვადიან და მოკლევადიან წინამორბედებად ადრეული შეტყობინების სისტემას უფრო ეფექტურს ხდის. ასევე მნიშვნელოვანია აჩქარების და დახრების ეტალონურ პარამეტრებთან შედარების (დიფერენციალური) მეთოდი, რაც გამოირიცხავს ხმაურს და უსარგებლო გარეშე შემფოთებას. აგებულია და საველე პირობებში გლდანის მეწყერზე გამოცდილია ავტონომური ავტომატური ტელემეტრული ადრეული შეტყობინების სისტემა.
2	პროექტის მნიშვნელობა სამეცნიერო საზოგადოებისათვის	ადრეული შეტყობინების სისტემის (აშს) აწყობა განხორციელდა მიკრო ელექტრო მექანიკური სისტემების (MEMS) და open-source platform ARDUINO -ს საშუალებით. ეს სისტემების საკმაოდ იაფია, ზუსტია, მცირე ზომისაა და ენერგოეფექტურია. მათი საშუალებით შესაძლებელია ადრეული შეტყობინების და მონიტორინგის სისტემების, ასევე ლაბორატორიული რეგისტრაციის სისტემების აწყობა. ჩვენი აშს ფუნქციონირებს მონიტორინგის რეჟიმშიც და

		შესაძლებლობას იძლევა დავაგროვოთ ბევრი სასარგებლო მასალა მეწყრული დინამიკის პროცესების შესასწავლად და ჩვენი აშს-ს სრულყოფისათვის.
3	პროექტის ფარგლებში ადგილობრივი ან/და საერთაშორისო თანამშრომლობის ხარისხი (ახალი კვლევითი ჯგუფების ჩამოყალიბება, არსებული ჯგუფების კონსოლიდაცია)	შოთა რუსთველის ფონდის გრანტთან ერთდროულად მუშავდებოდა (2016-2017) მეწყრების/ღვარცოფების ადრეული შეტყობინების სისტემების შექმნისადმი მიძღვნილი გრანტი: „Cost-effective technology of mass-movement EWS“ ევროპის საბჭოსთან არსებული დიდი კატასტროფების შეთანხმების (EUR-OPA, https://www.coe.int/en/web/europarisks/home) ფარგლებში ქართულ-ევროპული სპეციალიზირებული ცენტრის „მაღლივი კაშხლების გეოდინამიკური რისკები“ მიერ (გრანტი Ref. No:CA/2017/08 FIMS PO No:537534). ამ პროექტის შესრულებაში ჩვენი პარტნიორი იყო გეომორფოლოგიური საშიშროებების ევროპული ცენტრი (Europe an Centre on Geomorphological Hazards, CERG, სტრასბურგი, საფრანგეთი). ჩატარებული სამუშაოების გასაცნობად 2018 წ. 16-18 ოქტომბერს თბილისში ჩამოვიდა დიდი კატასტროფების შეთანხმების აღმსარებელი მდივანი, ზ-ნი ჯანლუკა სილვესტრინი. მან მოინახულა ცენტრის ბაზა მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტში, მოისმინა ინფორმაციები სამუშაოების შესახებ და დაათვალიერა გლდანის მეწყერზე დაყენებული ჩვენი ადრეული შეტყობინების სისტემა. ზაგრების სამუშაო შეხვედრაზე (JOINT MEETING OF THE COMMITTEE OF PERMANENT CORRESPONDENTS AND DIRECTORS OF SPECIALISED CENTRES) ზ-ნი ჯანლუკა სილვესტრინმა შესთავაზა ცენტრების დირექტორებს იფიქრონ, თუ როგორ შეიძლება ხელი შეუწყონ აღნიშნული სამუშაოების დანერგვას საკუთარ და სხვა წევრ ქვეყნებში.
4	გრანტის მიმღები წამყვანი ორგანიზაციის მხარდაჭერის ხარისხის შეფასება პროექტის განხორციელებისას (მაგ. შესყიდვების დროულად განხორციელება)	
5	რეკომენდაციები ფონდისათვის კონკურსის ადმინისტრირებისა და მონიტორინგის კუთხით	
6	პროექტის ფარგლებში მიღებული აკადემიური შედეგი (ასეთის არსებობის შემთხვევაში), მაგ. პროექტის ფარგლებში მაგისტრის ან დოქტორის აკადემიური ხარისხის დაცვა	
7	რამდენმა ადამიანმა დაიწყო დოქტორანტურაში სწავლა პროექტის ფარგლებში?	
8	პროექტის განხორციელებისას გამოყენებული ახალი და არასტანდარტული მეთოდოლოგია	ადრეული შეტყობინების სისტემა აწყობილი იქნა ინფორმაციის გრძელვადიან და მოკლევადიან წინამორბედად დაყოფის საფუძველზე. ასევე საჭირო პარამეტრების წარმოდგენა ხდებოდა ეტალონურთან შედარების (დიფერენციალური მეთოდის) საფუძველზე.
9	ინტერ და კროსდისციპლინარული განვითარება	

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	გაკეთდა მეწყრული და ღვარცოფული პროცესების ადრეული შეტყობინების სისტემა. აეწყო მეწყრული პროცესების მოდელირების დიდმასშტაბიანი დანადგარი.

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;
შეიქმნა მეწყრული და ღვარცოფული პროცესების ავტომატური, ტელემეტრული ადრეული შეტყობინების სისტემა.
- სხვა დისციპლინებთან მიმართებაში;
აღნიშნული ადრეული შეტყობინების სისტემის კონცეფცია, მისი ინფორმაციის შეკრების, დამუშავების და გადაცემის ნაწილი შეიძლება გამოყენებული იქნას ნებისმიერ სხვა მონიტორინგის და ადრეული შეტყობინების სისტემაში, მაგალითად, წყალდიდობების პროგნოზისათვის.
- ადამიანური რესურსების განვითარებასთან მიმართებაში;
პროექტის ფარგლებში სამეცნიერო პროექტის თანამშრომლებმა აითვისეს თანამედროვე აპარატურასთან მუშაობის გამოცდილება, შეისწავლეს და შეიმუშავეს ახალი პროგრამული საშუალებები, შეიძინეს ცოდნა და კვალიფიკაცია.
- ახალგაზრდა მეცნიერთა სწავლებისა და განვითარების პროცესთან მიმართებაში;
რამდენიმე სტუდენტი (დიმიტრი ამილახვარი, ლევან დვალი), მონაწილეობდა გრანტის სამუშაოებში. მათ თავისი წვლილი შეიტანეს გრანტის პროგრამით გათვალისწინებული სამუშაოების შესრულებაში. მათ ასევე მიიღეს გამოცდილება ექსპერიმენტული და სხვა დანადგარების აწყობაში, ექსპერიმენტების ჩატარებაში, გამოზომ აპარატურასთან მუშაობაში, მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირების ამოცანების გადაწყვეტაში.
- ფიზიკურ (დანადგარები, ლაბორატორია, ინსტრუმენტები და სხვ), ინსტიტუციურ და ინფორმაციულ რესურსებთან მიმართებაში, რაც კავშირშია ინფრასტრუქტურის განვითარებასთან;
- შეიქმნა ადრეული შეტყობინების სისტემა. შეიქმნა რამდენიმე ექსპერიმენტული დანადგარი, მიკრო ელექტრო მექანიკური სისტემების (MEMS) გამოყენებით შეიქმნა ლაბორატორიული სარეგისტრაციო სისტემები.

- 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;
- ჩვენს მიერ შექმნილი ადრეული შეტყობინების სისტემა სიმარტივის, ეფექტურობის და ეკონომიურობის გამო საინტერესო უნდა იყოს მეწყრული მოვლენების საშიშროების ქვეშ მყოფი ქვეყნებისათვის .
- პროექტის ბიუჯეტის რა %-ული წილი დაიხარჯა საქართველოს გარეთ?

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

№	სირთულეები	სირთულეების გამომწვევი მიზეზები	გადაწყვეტის/ მოგვარების გზები (რა ზომები იქნა მიღებული არსებული სირთულეების გადასალახად)
1	აპარატურის შეძენა	სატენდერო სისტემის მოუქნელობა	
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.

წარმოდგენილი სამუშაოს საბოლოო მიზანი იყო ავტონომიური კვების წყაროს მქონე (მზის ბატარეები), საკმაოდ დაბალფასიანი ზუსტი გეოფიზიკური მონიტორინგის კომპლექსური ტელემეტრული სისტემის დამუშავება, ღვარცოფის/მეწყრის გააქტიურების და ინიცირების სიგნალიზაციისათვის რადიოსიგნალის ან ინტერნეტის კავშირის გამოყენებით. სიზუსტის და დანახარჯების ეფექტურობის, ერთი შეხედვით შეუთავსებელი მოთხოვნების დაკმაყოფილება ბოლო წლებში შესაძლებელი გახდა ახალი ტექნოლოგიების დახმარებით (მაგალითად, MEMS სენსორები და ნიადაგის ტენიანობის სხვადასხვა სენსორები და მცირე ენერგომოხმარების სიგნალების დამუშავების

თანამედროვე ციფრულ ელემენტებთან თავსებადი მონაცემების გადაცემის ელემენტები). დამზადებულია მრავალფუნქციური სენსორის კომპლექსი, რომელიც ზომავს აჩქარებას, დახრებს, სინოტივს.

მეწყერსაშიში უბნების მონიტორინგისა და მეწყერების გააქტიურების საშიშროების შესახებ განგაშის სიგნალის გამომუშავებისა და გავრცელებისათვის შემუშავებული იქნა სისტემა, რომელიც რეალურ დროში, მეწყერსაშიში უბანზე დაკვირვებული რამოდენიმე ფიზიკური პარამეტრის კომპლექსური დამუშავებისა და გაანალიზების საფუძველზე იღებს გადაწყვეტილებას უბნის მიმდინარე აქტიობის დონის, ან საგანგაშო სიტუაციის შესახებ. პროცესირების სიტემა ახდენს თითოეული სენსორიდან მიღებული სიგნალის ამპლიტუდის, ფაზის და სპექტრული მახასიათებლის დიფერენცირებას საყრდენი სენსორის ინფორმაციასთან მიმართებაში. ანომალური ტრენდის შემთხვევაში, თუ დაკვირვებული სხვაობა აღემატება უბნის ხმაურის ბუნებრივ ტრენდულ მონაცემს, სიტემა გამოიმუშავებს გაფრთხილების ან განგაშის შესაბამის ინფორმაციას, რომელიც შეიძლება გადაიცეს GSM მონაცემების სახით და მომენტალურად განთავსდეს დაშორებულ სერვერზე განთავსებულ მონაცემთა ბაზაში, გაიგზავნოს SMS მოკლე ტექსტური შეტყობინებების სახით და მიეწოდოს საგანგებო სიტუაციების მართვის სტრუქტურებს ან გადაიცეს კოდირებული დაცვის მქონე რადიოსიგნალების სახით უახლოეს დასახლებულ პუნქტში, სადაც დამონტაჟებული იქნება რადიოსიხშირული მიმღები-დეკოდერი და ლოკალური ხმოვანი თუ ტექსტური განგაშის უზრუნველყოფის მოწყობილობა.

დასკვნით ეტაპზე ჩატარდა ჩვენი ადრეული შეტყობინების სისტემის ტესტირება რეალურ მეწყერულ უბანზე. საცდელ ობიექტად შერჩეულ იქნა ქ. თბილისში თემქა-ში დამეწყერილი უბანი (გლდანის მეწყერი), რომელიც სერიოზულ საფრთხეს უქმნის საცხოვრებელ კორპუსებს. მიღებული შედეგები პრინციპულად ადასტურებენ, რომ მეწყერების მონიტორინგის და ადრეული შეტყობინების ეკონომიური ტელემეტრული სისტემა („მოდარაჯე ძაღლი“) იძლევა მეწყერულ სხეულში მიმდინარე პროცესის მონიტორინგის, საშიშროების დონეების დადგენის და ინფორმაციის უწყვეტად და ოპერატიულად გადმოცემის საშუალებას.

The ultimate goal of the work was to develop the Early Warning System (EWS) autonomous power supply (solar batteries), low-cost precision geophysical monitoring/processing complex telemetry system, using radio signal or Internet connection for signaling activation and initiation of mudflow/landslide. In recent years, the satisfaction of accuracy and cost efficiency demand can be achieved with the help of new technologies (e.g. MEMS sensors and different sensors of soil moisture and economy elements of compatible data with modern ARDUINO-based digital processing and transfer elements). The multifunction sensor complex is designed to measure ground moisture (long-term precursor) and acceleration, tilts (short-term pre cursor).

An EWS was developed to monitor, generate and transfer an alarm on landslide activations. It signals the level of activity in the area of hazard situations in real-time, based on the integrated processing and analysis of several physical parameters observed in the hazardous area. The processing system differentiates the signal amplitude, phase and spectral characteristics received from each sensor relating to the base sensor information. If the observed difference (abnormal trend) is greater than area's natural (background) state, the system generates a warning or alarm information that can be transmitted by GSM-link and also immediately placed in a database of the remote server, send SMS text messages, submit to the disaster management structures or transmit coded radio signals for the protection of the nearest settlement, which will be fitted with a radio frequency receiver-decoder and the local sound and text alarm providing device.

At the final stage we tested our early warning system on the real landslide. For EWS testing was selected landslide in the urban area (Gldani landslide) in Tbilisi, which poses a serious hazard to residential buildings. The obtained results have principally proven that the landslide monitoring and economic telemetry early warning system ("WATHDOG") gives an opportunity to monitor the processes in the landslide body, to determine the level of hazard and to provide continuously and efficiently transfer of related information.

6.2. ვრცელი სამეცნიერო ანგარიში

სამეცნიერო ანგარიში უნდა მოიცავდეს:

- შესავალი;

ყოველ წელს მეწყრები და ღვარცოფები იწვევენ მრავალ უბედურებას მთელი მსოფლიოს მთიან ადგილებში. მეწყრული და ღვარცოფული პროცესების ძლიერ ზეგავლენას პერიოდულად განიცდის ასეულობით დასახლებული პუნქტი, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, გზები, ნავთობის და გაზსადენების ტრასები და სხვ. სტიქიის საშიშროების არეალში მოქცეულია თითქმის მთელი საქართველო (National Disaster Risk Reduction Strategy of Georgia 2017-2020). ბუნებრივია, რომ განსაკუთრებულად მძიმე ვითარება შექმნილი მთიან რეგიონებში, სადაც სტიქიის ექსტრემალური გააქტიურების პირობებში არცთუ იშვიათად საჭირო ხდება მოსახლეობის აყრა ისტორიულად დამკვიდრებული საცხოვრებელი ადგილებიდან. ყველაზე საგანგაშო კი ის არის, რომ ამ მოვლენებს ხშირად თან სდევს ადამიანთა მსხვერპლი. სტიქიის ექსტრემალური განვითარების შემთხვევაში ზარალი ასეულ მილიონებს აჭარბებს.

ბუნებრივი კატასტროფების რისკების შემცირების საქართველოს 2017-2020 ეროვნული სტრატეგიის დოკუმენტში არნიშნულია, რომ „ადრეული შეტყობინების და განგაშის სისტემების შექმნა არსებითაა უპირველეს ყოვლისა, მოსახლეობის უსაფრთხოებისათვის და, გარდა ამისა, იმისათვის, რომ უზრუნველვყოთ პრევენციის და რეაგირების ეფექტური ქმედებები. ზემოთქმულიდან გამომდინარე საქართველოს მთავრობა თვლის, რომ დიდი მნიშვნელობა აქვს გზების და შესაძლებლობების კვლევა შესაბამისი სისტემების განვითარებისათვის მაღალი რისკის არეებში. აუცილებელია გამოიმუშავდეს საერთო მიდგომები დასტანდარტები ადრეული შეტყობინების სისტემებისათვის, რათა მათ გასცენ სიგნალი და შეატყობინონ მოსახლეობას კრიზისული სიტუაციის შესახებ“ (National Disaster Risk Reduction Strategy of Georgia 2017-2020).

ამდენად მასების მოძრაობის პროცესების (ღვარცოფი/მეწყერი) მომზადების და ინიცირების მონიტორინგის/ადრეული შეტყობინების ეფექტური და დაბალფასიანი ტელემეტრული კომპლექსური სისტემის შექმნას საქართველოსთვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს. თანამედროვე ადრეული შეტყობინების სისტემების ღირებულება, როგორც წესი, ძალიან მაღალია (ასეულობით ათასი დოლარის რიგის) და თუნდაც ერთი ასეთი სისტემის შექმნა პრაქტიკულად შეუძლებელია განვითარებადი ქვეყნებისათვის. თუ გავითვალისწინებთ, რომ მასათა მოძრაობას უამრავი წყარო აქვს - მხოლოდ საქართველოში 40 ათასი მეწყრულ/ღვარცოფული პოტენციური წყაროა - ფინანსური ხარჯები დაუძლეველია. ამგვარად, სახიფათო ობიექტების სიმრავლე, ობიექტის ზედაპირის სენსორებით დაფარვის აუცილებლობა, სახიფათო ობიექტების რაოდენობის ზრდა და განვითარებადი ქვეყნების რესურსების სიმცირე, საჭიროებს ეკონომიკურად ეფექტური და იმავე დროს ზუსტი მონიტორინგის/ადრეული შეტყობინების სისტემების დამუშავებას. ქსელური მიდგომა მნიშვნელოვანია, რადგანაც მასათა მოძრაობა საკვლევ მიდამოში, როგორც წესი, ძალზედ მრავალგვარია და მცირე რაოდენობის სენსორებით შეიძლება გამოგვეპაროს სახიფათო მოვლენის დაწყება.

ზემოთქმულის გათვალისწინებით იყო წარდგენილი და შესრულდა პროექტი #216732 „მეწყრების მონიტორინგის და ადრეული შეტყობინების ეკონომიური ტელემეტრული სისტემის შექმნა“. პროექტის ფარგლებში პირველად იქნა დაყენებული შემდეგი მიზანი და ამოცანები.

პროექტის მიზანი: ავტონომიური კვების წყაროს მქონე (მზის ბატარეები), საკმაოდ დაბალფასიანი ზუსტი გეოფიზიკური მონიტორინგის კომპლექსური ტელემეტრული სისტემის დამუშავება, ღვარცოფის/მეწყრის გააქტიურების და ინიცირების სიგნალიზაციისათვის რადიოსიგნალის ან ინტერნეტის კავშირის გამოყენებით.

სიზუსტის და დანახარჯების ეფექტურობის, ერთი შეხედვით შეუთავსებელი მოთხოვნების დაკმაყოფილება ბოლო წლებში შესაძლებელი გახდა ახალი ტექნოლოგიების დახმარებით (მაგალითად, MEMS სენსორები და ნიადაგის ტენიანობის სხვადასხვა სენსორები და მცირე ენერგომომხმარების სიგნალების დამუშავების თანამედროვე ციფრულ ელემენტებთან თავსებადი მონაცემების გადაცემის ელემენტები).

აღნიშნული კვლევა ითვალისწინებდა შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტას:

i. ეფექტური და დაბალფასიანი ტელემეტრული გეოფიზიკური მონიტორინგის და აშს-ს ქსელის/სისტემის პროტოტიპის განვითარება ავტონომიური კვების წყაროთი (მზის ელემენტი), ღვარცოფის/მეწყრის დაძვრის შესატყობინებლად 15-20 კმ მანძილზე რადიოსიგნალის გამოყენებით, ან უფრო დიდ მანძილზე ინტერნეტის ან მობილურის გამოყენებით.

წარმოდგენილი ღვარცოფის/მეწყრის აშს-ს ქსელი მოიცავს მასების მოძრაობის გამომწვევი ორი ძირითადი ფაქტორის მონიტორინგს: ნიადაგის ტენიანობას (შედარებით გრძელვადიანი წინამორბედი) და მექანიკური მოძრაობით გამოწვეული გადაადგილება/აჩქარება/ვიბრაციას (მოკლევადიანი წინამორბედი), თანამედროვე მცირეფასიანი მიკროსენსორების გამოყენებით, რომლებიც შეიძლება იყოს ერთჯერადი და მასათა მოძრაობისას დაზიანების შემთხვევაში ადვილად მოხდეს მათი ხელახლა დაყენება. შეიძლება ითქვას, რომ ჩვენი მოწყობილობა არის დიაგნოსტიკური სისტემა, რომელიც მუდმივად იღებს ინფორმაციას, ადარებს მათ შეთანხმებულ კრიტერიუმებს (ნიადაგის ტენიანობის და დიფერენციალური აჩქარების კრიტიკულ მნიშვნელობებს) და იღებს გადაწყვეტილებას განგაშის ტელემეტრული სიგნალის გაგზავნაზე.

ჩვენ შევძელით აღნიშნული სისტემის კონსტრუირება და ჩავატარეთ სატესტო გამოცდები, რომლებმაც წარმატებით ჩაიარა. წარმოდგენილი ადრეული შეტყობინების სისტემის სიმარტივის, ეფექტურობის და ეკონომიურობის გამო ის საინტერესო უნდა იყოს მეწყრული მოვლენების საშიშროების ქვეშ მყოფი ქვეყნებისათვის. წარმოდგენილ სისტემაზე ჩვენ ავიღეთ პატენტი. ყოველივე ამის გამო ღვარცოფების და მეწყრების დისტანციური კომპლექსური მონიტორინგის და ადრეული შეტყობინების ეკონომური სისტემის პოტენციური ბაზარი შეიძლება მნიშვნელოვნად გაიზარდოს.

- კვლევის მეთოდები;

ეკონომიურობა Cost-effectiveness

საქართველოს ტერიტორია ფართომასშტაბიანი გეოლოგიური პროცესების (მეწყრების და ღვარცოფების კერების რაოდენობა ჩვენთან 40 000 რიგისა), მოსახლეობის ზრდის, ინტენსიური მიწათსარგებლობისა და მსხვილი საინჟინრო ნაგებობების დიდი რაოდენობის გამო, ეკუთვნის ურთულეს, მოწყვლად მაღალმთიან რეგიონებს მსოფლიოში. პრობლემის გადაწყვეტაში უდიდესი როლი ენიჭება მეცნიერულ კვლევას და ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებას, რასაც ხაზს უსვამს სენდაის ჩარჩო შეთანხმება კატასტროფების რისკის შემცირების თაობაზე ([Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030](#); [Appliance of science - key to disaster risk reduction - UNISDR](#)). წარმოდგენილი მეწყრების/ღვარცოფების ადრეული შეტყობინების სისტემის (აშს) პროექტი მიზნად ისახავს ეკონომიური და სანდო გეოფიზიკური მონიტორინგის ტელემეტრული კომპლექსის შექმნას ავტონომური კვებით (მზის ბატარეებით), რომელიც გვამცნობს კატასტროფული მოვლენის მოახლოებას და დაწყებას რადიოსიგნალების ან ინტერნეტის საშუალებით. ამ თითქოს და შეუთავსებელი მოთხოვნების - ეკონომიურობისა და სიზუსტის - დაკმაყოფილება შესაძლო გახდა ბოლო წლებში თანამედროვე მაღალი ტექნოლოგიების წყალობით.

- სადიაგნოზო პარამეტრები Diagnostic Parameters

შემოთავაზებული აშს ითვალისწინებს მეწყრების/ღვარცოფების გააქტიურების ორი ძირითადი ფაქტორის: ნიადაგის სინოტივისა (როგორც შედარებით გრძელვადიან წინამორბედის) და მასების მექანიკური მოძრაობით გამოწვეული წანაცვლების/აჩქარების/ვიბრაციების (როგორც მოკლევადიანი წინამორბედების) მონიტორინგს დაბალფასიანი თანამედროვე მიკროსენსორებით. ფაქტობრივად, ჩვენი დანადგარი წარმოადგენს მიკრო-დიაგნოსტურ სისტემას, რომელიც უწყვეტად აგროვებს ლოკალურ ინფორმაციას, ადარებს მას წინასწარ შემუშავებულ კრიტერიუმებს (სინოტივის და დიფერენციალური აჩქარების კრიტიკულ მნიშვნელობებს) და იღებს გადაწყვეტილებას სხვადასხვა დონის გამაფრთხილებელი სიგნალის დისტანციური გადაცემის შესახებ.

- სენსორები Sensors

ტენიანობის სენსორი - Humidity sensor:

ჩვენ გამოვცადეთ რამდენიმე მეთოდი, მაგალითად, გამტარობის სენსორები. ამგვარი სენსორები მაღალი გრძნობიარობით გამოირჩევა, მაგრამ ისინი არასტაბილურია ელექტროდების ზედაპირის დეგრადაციის/კოროზიის გამო. საბოლოოდ ოპტიმალური აღმოჩნდა მიკრო-რადარული სინოტივის ფიქსირების მეთოდი.

მექანიკური მოძრაობის სენსორები - Mechanical motion sensors:

მიკროელექტრომექანიკური სისტემები“ Microelectromechanical Systems (MEMS)“ წარმოადგენენ მინიატურულ ხელსაწყოებს, რომლებიც შედგება მექანიკური (ზამბარები, მემბრანები, ვიბროსტრუქტურები და ა.შ.) ელექტრული (წინაღობები, ტევადობები, ინდუქტორები და ა.შ.) ინტეგრირებული კომპონენტებისაგან, რომლებიც მუშაობენ ერთობლივად, რათა შეიგრძნონ და გაზომონ გარემოს ფიზიკური თვისებები და ამ ინფორმაციის საფუძველზე კონტროლირებული ზემოქმედება მოახდინონ ამ გარემოზე. MEMS-სენსორები მრავალფუნქციონურია - ისინი იძლევა საშუალებას დავაფიქსიროთ გრუნტის დახრები, ვიბრაციები, აჩქარებები. MEMS-ზე დაფუძნებული ტექნოლოგიები ბალზე ეკონომიურია; MEMS ხელსაწყოები ნაკლებ ენერჯიას მოიხმარს და ამავე დროს საკმაოდ სანდოა.

- პირველადი შეგროვების/დამუშავების ანალოგური პლატფორმა Processing Board.

პლატფორმა ახორციელებს სენსორებიდან მოსული მონაცემების შეგროვების და პირველადი დამუშავების ფუნქციას, რაც თავისთავად მოითხოვს მონაცემთა პირველად დროში და ფაზაში თანხვედრილ პროცესირებას, სწრაფქმედებას, დამუშავების უწყვეტობას და მდგრადობას მინიმალური ენერგომოხმარების პირობებში. ამ მიზნის მისაღწევად

შემუშავებულ იქნა პროცესირების ანალოგური პლატფორმა, რომელიც არ ახდენს სენსორებიდან შემოსული სიგნალების აციფრვას და შეუძლია დამოუკიდებელი მოდულის სახით იქნას გამოყენებული მომენტალური რადიოფიციური განგაშის სისტემის ასამოქმედებლად.

- ეკონომიური ავტონომიური კვების წყარო Autonomous low-power source

საველე გამოყენებისათვის განკუთვნილი ხელსაწყოების ენერგოუზრუნველყოფის და ავტონომიური კვების სისტემები განსაკუთრებულ ყურადღებას ითხოვენ დიზაინის პროცესში, ვინაიდან აშშ საჭირო არის განთავსდეს ტრადიციული ენერგომომარაგების წყაროებიდან დაშორებით. ენერგოუზრუნველყოფისთვის გამოყენებულ იქნა მონოკრისტალური ტექნოლოგიის მზის პანელები, მაქსიმალური ეფექტური სიმძლავრის დონის მაკონტროლებელი სამუხტი და ლითიუმ-ფერო-პოლიმერული აკუმულატორების ბლოკი.

- სენსორების ტესტირება/მონაცემთა ანალიზი/განგაშის სიგნალის დონეების დადგენა Sensor testing/Data Analysis/Decision Making

ტენიანობის, დახრების, ვიბრაციის და აჩქარების ჩვენი სენსორების მონაცემების სისწორე შემოწმებული იქნა ლაბორატორულ პირობებში და შედარებული იქნა სტანდარტული პრეციზიული ხელსაწყოების საშუალებით მიღებულ რეზულტატებთან. შედეგად შეიქმნა განგაშის რამდენიმე დონის გამომუშავების ალგორითმი (დონე 0 - არცერთი ზემოდ ჩამოთვლილი ფაქტორის სიდიდე არ აღემატება კრიტიკულ დონეს; დონე 1 - ერთ-ერთი ფაქტორის სიდიდე, კერძოდ ტენიანობა აღემატება კრიტიკულ დონეს; სენსორების მიერ დაკვირვებული ფიზიკური ველების პარამეტრების ანალიზი ხდება პროცესირების სისტემაში. მეწყრული მასივის სტაბილური მდგომარეობის შესაბამისი ტრენდებისგან განსხვავებული მონაცემები ჯგუფდება ვარიაციათა სიდიდის(გადახრის ამპლიტუდის) მიხედვით და ნაწილდება 4 დონის ვარიაციების ჯგუფებში. თითოეულ ჯგუფს შეესაბამება წინასწარ შერჩეული დონეების ზღურბლოები მნიშვნელობები სტაბილური მდგომარეობის შესაბამისი მნიშვნელობიდან საგანგაშო მნიშვნელობამდე. ციფრული პროცესირების პლატფორმის მეშვეობით შესაძლებელი ხდება დასმული ამოცანის, უზნის გეოლოგიური წინაპირობების და კონკრეტული მეწყრული მასივის პარამეტრების შესაბამისი მნიშვნელობების მინიჭება რომელიმე ფიზიკური ველის ყოველი ვარიაციის შესაბამისი მონაცემისათვის. იმ შემთხვევაში, თუ გრძელვადიანი გაფრთხილების გაცემის ალგორითმი გვაქვს მხედველობაში, გადაწყვეტი როლი მეწყრული მასივის შემადგენელი გრუნტის მოცულობითი ტენიანობის, მეწყრული უზნების დიფერენცირებული დახრილობის და გრუნტის ტემპერატურის ტრენდებს მიენიჭება. შესაბამისად, თუ ამ ველების ვარიაციათა ტრენდმა გადააჭარბა მე-2-ე დონის ზღვარს და გამოიმუშავა მე-3-ე დონე, გაიცემა მეწყერსაშიში მდგომარეობის შესახებ გაფრთხილების ინფორმაცია. თუ ამავე ფიზიკური ველების ვარიაციათა ტრენდში დიფერენციალური დახრილობის პარამეტრმა გადააჭარბა თუნდაც მე-3-ე დონეს, ეს მეწყერის ტანში მიმდინარე კრიტიკული დეფორმაციების მანიშნებლად ჩაითვლება და გაფრთხილების ნაცვლად განგაშის წინა მდომარეობის ინფორმაცია გადაიცემა. რაც შეეხება უშუალოდ მასათა ამოძრავების პროცესების რეალურ დროში ამსახვ მთავარ პარამეტრს, ასეთად შეგვიძლია დიფერენციალური აჩქარებების ვარიაციის დონე ჩაითვალოს. აღნიშნული პარამეტრით დგინდება მოკლევადიანი განგაშის ინფორმაციის გაცემის აუცილებლობა. ვინაიდან მასების აჩქარებული მოძრაობის დაწყების შესახებ ინფორმაცია გადაიცემა რეალურ დროში, სისტემის მიერ განგაშის სიგნალის გამომუშავება და გაცემა შემდგომი რეაგირებისათვის მომენტალურად ხდება. საგანგაშო დონეები აჩქარების მონაცემებში შეიძლება გაიწეროს ვარიაციების სხვადასხვა ამპლიტუდებისათვის, რაც საშუალებას გვაძლევს კონკრეტულად შევარჩიოთ თუ რა დონე შეირჩეს გაფრთხილების სიგნალის გამოსამუშავებლად (მაგ. მე-2-ე დონე) და რა დონე ჩაითვალოს საკმარისად განგაშისათვის(მაგ მე-3-ე დონის ზღურბლის გადაკვეთა ჩაითვალოს განგაშის გამოცხადებისათვის საკმარის პირობად). ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე, სისტემას საკმაოდ მოქნილი რეაგირების ალგორითმი გააჩნია. რეაგირების პარამეტრების ცვლილება შესაძლებელია როგორც რაოდენობრივი შეფასების პროცესში, შესაბამისი დონეების ზღურბლების ვარიირებით, ასევე წამყვანი ფიზიკური მექანიზმის გათვალისწინებით, რაც გულისხმობს ტენიანობის, ტემპერატურის, დახრის თუ აჩქარების ტრენდისათვის პრიორიტეტული წონის მინიჭებას ციფრული პროცესირების ალგორითმში.

- განგაშის სიგნალის გამომუშავება და ტელემეტრია Alarm signal and telemetry

ვინაიდან მეწყრების/ღვარცოფების წყაროები ხშირად საკმაოდ დაცილებულია დასახლებული პუნქტებიდან და, გარდა ამისა, მუდმივი პერსონალის ყოფნა დაკვირვების სადგურებთან დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული, აუცილებელი ხდება გამომუშავებული სხვადასხვა დონის განგაშის სიგნალების და თუ საჭიროა, პირველადი მონაცემების უწყვეტი ავტომატური დისტანციური გადაცემა უახლოეს საგანგებო სიტუაციების ერთეულთან ან/და შორეულ დიაგნოსტურ ცენტრთან. ეს ფუნქცია ევალება სპეციალურ

პლატფორმას ARDUINO Mega2560, რომელიც უზრუნველყოფს შემოსული ინფორმაციული ნაკადების დამუშავებას და განგაშის დონის იდენტიფიცირებას. არდუინო არის მიკრო-პლატფორმა, რომლის გამოყენება ძალზე მოხერხებულია. არდუინოს პლატფორმა კითხულობს შემომავალ სიგნალს და აქცევს მას გამომავალ (დამუშავებულ) სიგნალად. ეს კეთდება შესაბამისი ინსტრუქციების შეყვანით პლატფორმის მიკროკონტროლერებში. რამდენიმე წელია Arduino არის ათასობით პროექტის ტვინი დაწყებული სამომხმარებლო ობიექტებიდან და დამთავრებული რთული სამეცნიერო დანადგარებით და რობოტებით.

მათემატიკური გადათვლებით და ცოდნის ბაზით პროგრამულად გაწერილი დასკვნა არდუინოს პლატფორმიდან გადაეცემა Sim808 Module, GSM, GPRS, GPS-ს რომელიც GSM სისტემით მონიტორინგის სერვერს გადასცემს შესაბამის შეტყობინებას ობიექტზე მიმდინარე მდგომარეობის შესახებ, რომელიც მყისიერად აისახება მონიტორზე.

- ინოვაციურობა

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული კვლევის ინოვაციურობა მდგომარეობს იმაში, რომ იგი ითვალისწინებს ღვარცოფების/მეწყერების რამდენიმე წინამორბედის კომპლექსურ შესწავლას და შესაბამისად გრძელ- და მოკლევადიან შეტყობინების მცირეფასიანი სისტემის დამუშავებას მაღალტექნოლოგიური ელემენტების ბაზაზე. კომპლექსში შემავალი გამტარობის სენსორი ნიადაგის სინოტივეს ზომავს და შეიძლება განიხილებოდეს როგორც შედარებით გრძელვადიანი წინამორბედი, ვინაიდან ცნობილია რომ მასის დაძვრის აუცილებელი პირობაა ნიადაგის მაღალი წყალშემცველობა. ამგვარი სისტემები მასობრივად გამოიყენება აშშ-ში. ამავე დროს უნდა აღინიშნოს რომ მხოლოდ გრუნტის მაღალი სინოტივე ყოველთვის არ იწვევს მასის დაძვრას. ამიტომ სისტემაში შედის ორი დამატებითი სენსორი - აჩქარების და ვიბრაციის - რომლებიც გვაუწყებს უშუალოდ მასის დაძვრის დაწყებას. ამ სენსორების ინფორმაცია გამოიყენება როგორც უშუალოდ დაძვრის მოკლევადიანი წინამორბედი. აღნიშნული სენსორების კომპლექსის გამოყენება სხვადასხვა დონის განგაშის გამოცხადების საშუალებას იძლევა, ანალოგიურად ტერორისტული საშიშროების შესახებ სხვადასხვა დონის გაფრთხილებისა. შესაბამისად, მიიღება სხვადასხვა პრევენციული ზომები. შემოთავაზებული სისტემა ავტომატურია და დისტანციურ გადაცემას ითვალისწინებს, რაც რეალურ დროსთან მიახლოებულ დიაგნოსტიკას გვაძლევს.

აღსანიშნავია, რომ ჩვენი დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგია ეფუძნება დიფერენციალურ მიდგომას, რაც მდგომარეობს იმაში, რომ პოტენციური მეწყერის ტანში მოთავსებული სენსორების სიგნალები (ტენიანობა, დახრები, აჩქარებები) დარდება სტაბილურ არეში მოთავსებულ საბაზისო ანუ რეფერენს-სენსორის სიგნალს და პროგრამულად გამომუშავდება მათი სხვაობის მნიშვნელობები დროში. ცხადია, თუ საბაზისო, (სტაბილურ არეში დაყენებული) სენსორის და პოტენციური მეწყერის ტანში მოთავსებული სენსორების სხვაობა (დიფერენციალი) ნულის ტოლია ან ძალზე ახლოა ნულთან, მეწყერი სტაბილურია. თუ საბაზისო და პოტენციურად მოძრავ არეების სენსორებს შორის ჩნდება სხვაობა, ეს ნიშნავს, რომ გაჩნდა წინაპირობა მეწყერის გააქტიურებისა.

დიფერენციალური მიდგომის ღირსებებია მაღალი მგრძობიარობა მცირე გადახრებისადი და შესაძლო გარეშე ხმაურების გავლენის შემცირება.

ბოლოს, სისტემა შედარებით ეკონომიურია, დაფუძნებულია მაღალტექნოლოგიურ ელემენტებზე, რაც საშუალებას იძლევა მისი ყველა კრიტიკულ უბანში განთავსებისა. ყოველივე ზემოთქმულის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ შემოთავაზებული სისტემა ნამდვილად ინოვაციურია.

წარმოდგენილი კვლევის მეცნიერული დასაბუთება იმაში მდგომარეობს, რომ ჩვენს კომპლექსში შემავალი ფიზიკური ფაქტორები, უშუალოდ დაკავშირებულია ღვარცოფების/მეწყერების მოზადება/ინიციაციასთან: ნიადაგის ტენიანობა და აჩქარება/ვიბრაცია გვიჩვენებს მექანიკურ არამდგრადობასთან სიახლოვეს. ამიტომ:

- i. ნალექები/სინოტივე განიხილება როგორც გრძელვადიანი წინამორბედი, რომლის ზღვრული მნიშვნელობების გადაჭარბება დაბალი დონის განგაშის გამოცხადების საფუძველს იძლევა.
- ii. ვიბრაცია, აჩქარება და დახრები ნიადაგის მოძრაობის აჩქარება სტაბილური მონაკვეთის მიმართ და ნაყარის ამომრავებით გამოწვეული ვიბრაცია (დაბალი სიხშირის აკუსტიკური რხევების ჩათვლით) ღვარცოფის/მეწყერის დაწყების უშუალო ნიშნებია (ანუ მოკლევადიანი წინამორბედები).
- iii. დიფერენციალური დახრების, ვიბრაციის და აჩქარების მონიტორინგი სტაბილური (რეფერენტული) მიდამოს მიმართ იძლევა წანაცვლებული სხეულის მოძრაობის ფიქსირების სანდო მეთოდს, ვინაიდან ამ შემთხვევაში სისტემის მგრძობიარობა პოტენციური მეწყერის ტანში მიმდინარე პროცესებისადმი მნიშვნელოვნად იზრდება და გამოირიცხება განგაშის გამოუცხადებლობა მეწყერული მასის ერთგვაროვანი მოძრაობის შემთხვევაში.

- კვლევის შედეგების განხილვა;
- ტენიანობა - მიკროტალღური რადარული მოდული

- რადარული მოდულის მიერ მეწყერსაშიში გრუნტის მასაში შექმნილი მიკროტალღური ველის ინტენსივობა საგრძნობლად დამოკიდებულია გრუნტის ტენიანობაზე. მოდული აკონტროლებს არეკლილი და შთანთქმული გამოსხივების თანაფარდობის პარამეტრს, რომელიც შეიცავს ინფორმაციას გარემოს ელექტრომაგნიტური თვისებების შესახებ. მეწყერული ზონის გრუნტის გაწყლოვანების ზრდასთან ერთად ანარეკლი კომპონენტი იზრდება და შესაბამისად იცვლება რადარული მოდულის გამოსასვლელი ძაბვა. თავად რადარული მიკროტალღური მოდული ნაბეჭდ დაფას წარმოადგენს, რომელზეც განთავსებულია მიკროტალღური სიხშირის გენერატორი(2.4გჰც სიხშირულ დიაპაზონში) და მისისვე შემადგენელი კომპონენტები, როგორცაა გამტარი ბილიკები, ამავედროულად მიმღებ და გამსხივებელ ელემენტებად გამოიყენება.
- მიღებული შედეგები მოწმობს, რომ შერჩეული ტენიანობის სენსორი კარგად რეაგირებს გარემოს წყალშემცველობის ცვლაზე, რომელიც, თავის მხრივ, მჭიდროდ არის დაკავშირებული მასალის ძვრადობაზე.
- აჩქარებები და დახრები. სტანდარტული სენსორების მოდიფიკაცია
- სტანდარტული MEMS აჩქარების სენსორები შედარებით დაბალი გრძნობიარობა და მნიშვნელოვანი საკუთარი ხმაური აქვთ. ამიტომ ანალოგური დამუშავების პლატფორმაში გათვალისწინებულ იქნა გამაძლიერებლები და ფილტრები, რომელთა მთავარი ფუნქციაა სენსორებიდან მოსული სიგნალების დიფერენციალური, ბალანსური სახით მიღება, შემომავალი სინფაზური ხმაურების დახშობა და დასაკვირვებელი სიგნალების სიხშირული სპექტრიდან სასარგებლო ზოლის გამოყოფა.
- დამუშავების პლატფორმა შეიცავს შესასვლელი სიგნალების მიმღებ დიფერენციალურ ბალანსურ გამაძლიერებელს, რომელიც გამოყენებულია სენსორებიდან დამუშავების მოდულამდე გამოყენებულ გრძელ სადენებზე ზედდებული ხმაურის დასახშობად. მიმღები ბალანსური გამაძლიერებლების გამოსასვლელიდან არაბალანსური სიგნალები გადაეწოდება რეალურ დროში მომუშავე შედარებისა და მასშტაბური გაძლიერების მოდულებს. ეს მოდულები ასევე დაბალი სიხშირეების გამტარ ფილტრს წარმოადგენენ 200ჰც-ზე უფრო მაღალი სიხშირეებისათვის. შედარების შემდგომ ხდება დიფერენცირებული სიგნალების პიკ დეტექტირება და მოქმედი დონის მცირეგადიანი დამახსოვრება ინტეგრატორის მეშვეობით. ეს დამახსოვრების ფუნქცია საჭიროა ანალოგური პლატფორმის მომდევნო, ციფრული და მიკროპროცესორული მოდულების შეუფერხებელი მუშაობისათვის. დახრილობის ფუნქციის განხორციელება
- დახრები - სენსორული მოწყობილობებიდან მიღებული მონაცემების თანმიმდევრულ მუდმივი ძაბვის მდგენელის გამოყოფის მეშვეობით დამუშავების პლატფორმა ადგენს ასევე გრუნტის დახრის ტრენდებს მეწყერსაშიში უბნისათვის და გამოიმუშავებს შესაბამის ძაბვებს გაფრთხილების ან განგაშის რეჟიმის მართვისათვის. დახრილობის ფუნქციის უზრუნველყოფისათვის MEMS სენსორის გამოსასვლელი სიგნალი გაივლის დაბალი სიხშირეების გამტარ ფილტრს, რის შედეგადაც ფილტრის გამოსასვლელზე გრუნტის დახრის პროპორციული სიგნალი მიიღება. აღნიშნული ფილტრი გამოყოფს და ატარებს სიგნალის მუდმივ მდგენელსა და ინფრადაბალსიხშირულ კომპონენტს, რომელთა სიხშირე 0,5-1,0ჰც-ს არ აღემატება. სენსორული მოწყობილობების გამოიმუშავებული სიგნალები რომელთა მნიშვნელობების ცვლილების სიხშირე აღემატება 0,5-1,0ჰც-ს, გადიან შესაბამის ფილტრს და მუშავდებიან ცალკე გამოყოფილი არხით, რომლის გამოსასვლელზე ფორმირებული ძაბვის მნიშვნელობა კარგად ასახავს გრუნტის აჩქარებული მოძრაობის პროცესებს და გამოიყენება მოკლევადიანი განგაშის გამოცხადების პრიორიტეტულ პარამეტრად.
- მულტი-სენსორების სქემა.
- როგორც ადრე აღვნიშნეთ, ჩვენს აშს-ში გათვალისწინებულია გრუნტის რამდენიმე პარამეტრის დაკვირვების საფუძველზე განგაშის სიგნალის გამოიმუშავება. შესაბამისად, სხდასხვა პარამეტრების - სინოტივის, დახრების და აჩქარებების სენსორები გაერთიანებულია ერთ მულტი-სენსორში.
- ეკონომიური ავტონომიური კვების წყარო
- დამუშავების საბაზო მოდულის სქემის გეგმარებისა და კომპონენტების შერჩევის პროცესში დიდი ყურადღება დაეთმო მოდულის მიერ ენერჯის მინიმალური მოხმარების უზრუნველყოფას. სენსორებიდან შემოსული მრავლობითი სიგნალების ფილტრაციის, გაძლიერების, ჯამური და დიფერენციალური მნიშვნელობების პიკური ვარიაციების დეტექტირების ამოცანის შესრულების დროს ანალოგური დამუშავების პლატფორმა საშუალოდ 40 მა-მდე დენს მოიხმარს 12 ვ მუდმივი ძაბვის კვების წყაროდან. დამუშავების მოდულზე მიერთებულ 3 სენსორთან ერთად სისტემის ენერგომოხმარება არ აღემატება 50 მა-ს 12 ვ მუდმივი ძაბვის წყაროდან. სავლელ გამოყენებისათვის განკუთვნილი ხელსაწყოების ენერგოუზრუნველყოფის და ავტონომიური კვების სისტემები განსაკუთრებულ ყურადღებას ითხოვენ დიზაინის პროცესში. ენერგოუზრუნველყოფისათვის გამოყენებულ იქნა მონოკრისტალური ტექნოლოგიის მზის პანელი. მონოკრისტალური პანელების ეფექტურობა და ღირებულება ოპტიმალურ ფარდობას იძლევა ჩვენი პროექტისათვის. ნაკლებად მზიანი დღეების განმავლობაში არასაკმარისი სიმძლავრის მიერ შექმნილი პრობლემებიდან სისტემის დავზღვევისათვის გამოყენებულ იქნა 150ვტ სიმძლავრის მონოკრისტალური მზის პანელი. მოდელი RPG-150W(Vmp-17,64V,Imp-8,51A,Voc-

21,60V, Isc-9,53A). დიდი სიმძლავრის მზის პანელი საშუალებას გვაძლევს სწრაფად დავმუხტოთ სისტემის ავტონომიური კვებისათვის გამოყენებული აკუმულატორები იმ პერიოდში, სანამ მზიანი ამინდია, ან დღის განათებული დროა.

- აკუმულატორების ბატარეის შერჩევისას მთავარი ყურადღება გამახვილებულ იქნა LI-FE-PO ლითიუმფეროპოლიმერულ ტექნოლოგიაზე. ამ ტექნოლოგიით დამზადებული ბატარეები მომგებიანია როგორც დამუხტვა განმუხტვის სამუშაო ციკლების რაოდენობით (ბატარეის სიცოცხლის დიდი ვადით), ასევე წონით (საველე პირობებში ტრანსპორტირებისათვის) და განმუხტვის ძაბვის მრუდის ოპტიმალური პარამეტრებით. ჩვენ გამოვიყენეთ 12ვოლტიანი LI-FE-PO ბატარეები 10ამპ/სთ ტევადობით, ბატარეის კორპუსშივე ჩაშენებული განმუხტვის გადამეტებისაგან დაცვის წრედით და ზედმეტი ძაბვით დამუხტვისაგან დაცვის წრედით. მოდელი-12 V 10Ah LiFEPO4 Rechargeable Batteries SLA - Dakota Lithium.
- იმისათვის, რომ მზის პანელის გამომუშავებული ენერჯია ოპტიმალურად მოხმარდეს ბატარეის სწრაფ დამუხტვას, გამოყენებული იქნა MPPT Charger მაქსიმალური სიმძლავრის წერტილის მაკონტროლებელი დამუხტვი მოდული. მოდელი- LTC3780 10A DC 5V-32V to 1V-30V Automatic Step Up Down Regulator Charging Module. ამ მოდულის საშუალებით შესაძლებელია სხვადასხვა ტიპის პანელების გამომუშავებული ენერჯიის ოპტიმიზირებულად მიმართვა სხვადასხვა ტიპის აკუმულატორის ბატარეებში დენის სტაბილიზაციის, ძაბვის სტაბილიზაციის და MPPT ძაბვის წერტილის პარამეტრების რეგულირების საშუალებით.
-
- ლაბორატორულ მონაცემთა ანალიზი/განგაშის სიგნალის დონეების დადგენა
- სისტემის მიერ დაკვირვებული ფიზიკური ველების მიმდინარე პარამეტრები მუშავდება რეალურ დროში, ანალოგური პროცესირების პლატფორმის მეშვეობით, და მიღებული ინფორმაციული მონაცემები მიეწოდება ციფრული დამუშავების მოდულს, რომელიც ენერგოეფექტურ მიკროპროცესორულ მოწყობილობას წარმოადგენს. მასში გამოყენებული „არდუინო-მეგა2560“ მიკროკონტროლერის მოდული იძლევა საშუალებას შეიქმნას და შეინახოს მიმდინარე ტრენდების შესაბამისი ციფრული მონაცემები რამოდენიმე საათის გამწვავლობაში. თუ აღნიშნული მონაცემების სერვერზე გადატანა გახდა საჭირო, იმ შემთხვევაში, როდესაც სისტემა აფიქსირებს ანომალურ ან საგანგაშო სიტუაციას, მიკროკონტროლერთან მიერთებული GSM მონაცემთა გადამცემი მოდული იწყებს ანომალური მოვლენის წინამორბედი დროის პერიოდის დროს ჩაწერილი მონაცემების სერვერზე ატვირთვას. ასევე, ნებისმიერ დროს შესაძლებელია გასული საათის განმავლობაში ჩაწერილი მონაცემების სერვერზე გამოძახება და შესწავლა. ეს შეიძლება საჭირო გახდეს ანომალური მოვლენების განვითარების გარეშე, რადგან სისტემის ფუნქციონირების მიმდინარე პარამეტრების და მეწყერული უზნის ბუნებრივი ხმაურის ტრენდის რეგულარული კონტროლი საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ რისკის შეფასების თუ განგაშის სიგნალების შესაბამისი ანომალური ზღურბლების უფრო ზუსტი განსაზღვრა.
- როგორც დაგეგმილი იქნა, პროექტის განხორციელების საწყის ეტაპზე, სენსორებიდან მიღებული ინფორმაციის პირველადი დამუშავებისათვის მოწყობილობაში გამოყენებულია ანალოგური პროცესირების სიტემა, რომელიც ახდენს თითოეული სენსორიდან მიღებული სიგნალის ამპლიტუდის, ფაზის და მუდმივი ძაბვის მდგენელის მახასიათებლის დიფერენცირებას საყრდენი სენსორის ინფორმაციასთან მიმართებაში. ანომალური ტრენდის შემთხვევაში, თუ დაკვირვებული სხვაობა აღემატება უზნის ხმაურის ბუნებრივ ტრენდულ მონაცემს, სიტემა გამოიმუშავებს გაფრთხილების ან განგაშის შესაბამის ინფორმაციას, რომელიც გადაიცემა GSM მონაცემების სახით და მომენტალურად განთავსდება დაშორებულ სერვერზე განთავსებულ მონაცემთა ბაზაში. ასევე, GSM პლატფორმა გამოყენებული იქნება, რათა გაიზავნოს SMS მოკლე ტექსტური შეტყობინებები და მიეწოდოს საგანგებო სიტუაციების მართვის სტრუქტურებს. მოწყობილობის მიერ განგაშის სიგნალის გამომუშავების შემთხვევაში, ინფორმაცია გადაიცემა, კოდირებული დაცვის მქონე რადიოსიგნალების სახით, უახლოეს დასახლებულ პუნქტში, სადაც დამონტაჟებული იქნება რადიოსიხშირული მიმღები-დეკოდერი და ლოკალური ხმოვანი თუ ტექსტური განგაშის უზრუნველყოფის მოწყობილობა. ერთ მოწყობილობას შეუძლია ერთდროულად რამოდენიმე ასეთი პუნქტის მომსახურება.
- გრუნტის გაწყლოვანების პარამეტრის ზერული მნიშვნელობები გამოიყენება სიტემის მიერ მეწყერსაშიში სიტუაციის შესახებ გაფრთხილების სიგნალის გამოსამუშავებლად, როგორც წინასწარი გაფრთხილების ძირითადი კომპონენტი. შესაბამისი სიგნალის არსებობა დაშორებულ სერვერზე, ან SMS შეტყობინებებში არ გულისხმობს დასახლებული პუნქტების რადიოფიციერებული სისტემით განგაშის გამოცხადებას, თუ ამავდროულად არ შეინიშნება დახრილობის და აქსელერომეტრის მონაცემთა ანომალია. ასევე, არ გამოიწვევს განგაშის სიგნალს გრუნტის დახრილობის ნელი ცვლილებები, თუ მათი ამპლიტუდა ზღვრულ მნიშვნელობას არ გადააჭარბებს. თუ რა დონის ანომალია უნდა იყოს დაკვირვებული სისტემის მიერ სხვადასხვა დონის განგაშის ან გამაფრთხილებელი ინფორმაციის გამოსამუშავებლად, შეიძლება გაწერილი იყოს შემდგომი დამუშავების ციფრული პლატფორმის შიდა მეხსიერებაში. ციფრული დამუშავების პლატფორმა ორგანიზებულია „არდუინო-მეგა2560“ მიკროკონტროლერის ბაზაზე, რაც საშუალებას გვაძლევს მივაბათ სისტემას ისეთი კომპონენტები, როგორცაა GPS ან GSM ქსელის

საათი რეალური დროის კორექტირებისათვის, GSM მონაცემთა დაშორებულ სერვერზე გადაცემის არხი, SHDS ფლემ მესხიერების ბარათი, მონაცემთა მასივის ჩაწერისათვის და მრავალი სხვა. სისტემის პარამეტრების და სხვადასხვა ველების ანომალიების მიმართ გამომუშავებული სიგნალების შესაბამისი მგრძობიარობის ზღურბლების ოპერატიულად ცვლა შეიძლება განხორციელდეს „არდუინო-მეგა2560“ მიკროკონტროლერის USB ინტერფეისის გამოყენებით.

- ერთ-ერთი რთულ პრობლემას წარმოადგენს განგაშის დონეების დაგენა გრუნტის ტენიანობის, დახრების და აჩქარებების დაკვირვებული მონაცემების გამოყენებით.
- ქსელის მონაცემების გადაცემის პარამეტრების განსაზღვრა
- ადრეული შეტყობინების სისტემის შემუშავების დასაწყისშივე ჩვენი მიზნები დაიყო ორ ნაწილად. 1. ადრეული სმს შეტყობინების (ძირითადი სავალდებულო) სისტემის შექმნა და 2. იგივე ბაზაზე დამატებითი დეტალური მონიტორინგის (მონაცემთა დაგროვების და ასევე უწყვეტი გაგზავნის) სისტემის შექმნა. მთავარი მიზანი ამ პროცესში იყო შეგვექმნა ადრეული შეტყობინების ტელემეტრული სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფდა მეწყერსაშიშ ლოკაციაზე განთავსებული ჩვენი აპარატურის მხრიდან სმს შეტყობინების გაგზავნას შესაბამის ორგანოებთან შესაბამისი რეაგირების მიზნით.
- პირველ და მეორე მიზნებზე შეიძლება ითქვას, რომ მეორე გახლავთ 1-ის ფუქნციონალური გაფართოება სამეცნიერო წრეებისთვის განკუთვნილი, რათა მოპოვებული იყოს უნიკალური ინფორმაცია მეწყერსაშიშ ზონებიდან. მეორე მიზნის მიღწევა შედარებით საფრთხილო აღმოჩნდა ტექნიკური თვალსაზრისით. მუშაობის პროცესში გარკვეული წინააღმდეგობები გამოჩნდა ინტერნეტთან წვდომის თვალსაზრისით, რამაც გამოიწვია გარკვეული პროგრამული და აპარატურული კორექტირებები.
- სისტემის მიერ დაკვირვებული ფიზიკური ველების მიმდინარე პარამეტრები მუშავდება რეალურ დროში, ანალოგური პროცესირების პლატფორმის მეშვეობით, და მიღებული ინფორმაციული მონაცემები მიწოდება ციფრული დამუშავების მოდულს, რომელიც ენერგოეფექტურ მიკროპროცესორულ მოწყობილობას წარმოადგენს. მასში გამოყენებული „არდუინო-მეგა2560“ მიკროკონტროლერის მოდული იძლევა საშუალებას შეიქმნას და შეინახოს მიმდინარე ტრენდების შესაბამისი ციფრული მონაცემები რამოდენიმე საათის გამწვავლობაში. თუ აღნიშნული მონაცემების სერვერზე გადატანა გახდა საჭირო, იმ შემთხვევაში, როდესაც სისტემა აფიქსირებს ანომალურ ან საგანგაშო სიტუაციას, მიკროკონტროლერთან მიერთებული GSM მონაცემთა გადაცემის მოდული იწყებს ანომალური მოვლენის წინამორბედი დროის პერიოდის დროს ჩაწერილი მონაცემების სერვერზე ატვირთვას. ასევე, ნებისმიერ დროს შესაძლებელია გასული საათის განმავლობაში ჩაწერილი მონაცემების სერვერზე გამოძახება და შესწავლა. ეს შეიძლება საჭირო გახდეს ანომალური მოვლენების განვითარების გარეშე, რადგან სისტემის ფუნქციონირების მიმდინარე პარამეტრების და მეწყერული უბნის ბუნებრივი ხმაურის ტრენდის რეგულარული კონტროლი საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ რისკის შეფასების თუ განგაშის სიგნალების შესაბამისი ანომალური ზღურბლების უფრო ზუსტი განსაზღვრა.
- გადაცემის პლატფორმის შერჩევა: გაფრთხილების დონის შეტყობინების გაგროვებისათვის ქსელური და მობილური პლატფორმის გამოყენების ოპტიმალური შერჩევა
- როგორც დაგეგმილი იქნა, პროექტის განხორციელების საწყის ეტაპზე, სენსორებიდან მიღებული ინფორმაციის პირველადი დამუშავებისათვის მოწყობილობაში გამოყენებულია ანალოგური პროცესირების სიტემა, რომელიც ახდენს თითოეული სენსორიდან მიღებული სიგნალის ამპლიტუდის, ფაზის და მუდმივი ძაბვის მდგენელის მახასიათებლის დიფერენცირებას საყრდენი სენსორის ინფორმაციასთან მიმართებაში. ანომალური ტრენდის შემთხვევაში, თუ დაკვირვებული სხვაობა აღემატება უბნის ხმაურის ბუნებრივ ტრენდულ მონაცემს, სიტემა გამოიმუშავებს გაფრთხილების ან განგაშის შესაბამის ინფორმაციას, რომელიც გადაიცემა GSM მონაცემების სახით და მომენტალურად განთავსდება დაშორებულ სერვერზე განთავსებულ მონაცემთა ბაზაში. ასევე, GSM პლატფორმა გამოყენებული იქნება, რათა გაიგზავნოს SMS მოკლე ტექსტური შეტყობინებები და მიწოდოს საგანგებო სიტუაციების მართვის სტრუქტურებს. მოწყობილობის მიერ განგაშის სიგნალის გამომუშავების შემთხვევაში, ინფორმაცია გადაიცემა, კოდირებული დაცვის მქონე რადიოსიგნალების სახით, უახლოეს დასახლებულ პუნქტში, სადაც დამონტაჟებული იქნება რადიოსიხშირული მიმღები-დეკოდერი და ლოკალური ხმოვანი თუ ტექსტური განგაშის უზრუნველყოფის მოწყობილობა. ერთ მოწყობილობას შეუძლია ერთდროულად რამოდენიმე ასეთი პუნქტის მომსახურება.
- გრუნტის გაწყლოვანების პარამეტრის ზერული მნიშვნელობები გამოიყენება სიტემის მიერ მეწყერსაშიშ სიტუაციის შესახებ გაფრთხილების სიგნალის გამოსამუშავებლად, როგორც წინასწარი გაფრთხილების ძირითადი კომპონენტი. შესაბამისი სიგნალის არსებობა დაშორებულ სერვერზე, ან SMS შეტყობინებებში არ გულისხმობს დასახლებული პუნქტების რადიოფიცირებული სისტემით განგაშის გამოცხადებას, თუ ამავდროულად არ შეინიშნება დახრილობის და აქსელერომეტრის მონაცემთა ანომალია. ასევე, არ გამოიწვევს განგაშის სიგნალს გრუნტის დახრილობის ნელი ცვლილებები, თუ მათი ამპლიტუდა ზღვრულ მნიშვნელობას არ გადააჭარბებს. თუ რა დონის ანომალია უნდა იყოს დაკვირვებული სისტემის მიერ სხვადასხვა დონის განგაშის ან გამაფრთხილებელი ინფორმაციის გამოსამუშავებლად, შეიძლება გაწერილი იყოს შემდგომი დამუშავების ციფრული პლატფორმის შიდა მესხიერებაში. ციფრული დამუშავების პლატფორმა ორგანიზებულია „არდუინო-მეგა2560“ მიკროკონტროლერის ბაზაზე, რაც საშუალებას გვაძლევს მივახატოთ სისტემას ისეთი კომპონენტები, როგორცაა GPS ან GSM ქსელის

საათი რეალური დროის კორექტირებისათვის, GSM მონაცემთა დაშორებულ სერვერზე გადაცემის არხი, SHDS ფლემ მესხიერების ბარათი, მონაცემთა მასივის ჩაწერისათვის და მრავალი სხვა. სისტემის პარამეტრების და სხვადასხვა ველების ანომალიების მიმართ გამომუშავებული სიგნალების შესაბამისი მგრძობიარობის ზღურბლების ოპერატიულად ცვლა შეიძლება განხორციელდეს „არდუინო-მეგა2560“ მიკროკონტროლერის USB ინტერფეისის გამოყენებით.

- სენსორები: მეწყერსაშიშ ლოკაცაზე ანათვალების მისაღებად Arduino mega 2560-ს დავუერთეთ ჩვენს მიერ შექმნილი ზემგძობიარე მულტისენსორები, რომლებიც მაღალი სიზუსტით ზომავს გარემოს აჩქარებებს, დახრებს, ტენიანობას და ტემპერატურას. აღნიშნული მონაცემების დაფიქსირება მიმდინარეობს უწყვეტად და იგზავნება მთავარ პლატფორმისკენ წინასწარ მომზადებულ ანალოგურ მიმღებ პორტებზე. ინფორმაცია ანალოგურ ფორმატში შესაბამის მიმღებებზე კი მიმდინარეობს მიღებული სიგნალები ლოგირება და რეგისტრაცია წაშში 4 მონაცემის სახით, ხოლო შემდეგ კი ვექტორულ ნაკადებად შესაბამისი დროის ფიქსირებით მიეწოდება მთავარი პლატფორმის ბუფერს დასამუშავებლად. საბოლოოდ, აღნიშნული ნაკადი ავტომატურად გადის ლოგიკურ შემოწმებას განგამის დონესთან დაკავშირებით. ამავდროულად ოპერატიულ მესხიერებაში დაგროვილი მონაცემები იწერება მონაცემთა მატარებელში შემდგომი გამოყენებისთვის.
- საქართველოს მეწყერების და ღვარცოფების მიმართ ყველაზე მოწყვლადი ობიექტების რუკა (რისკების რუკა)
- რუკის შედგენის მიზანია საქართველოში ყველაზე დიდი რისკის (მოწყვლადობის) მატარებელი ლოკაციების გამოვლენა, სადაც პირველ რიგში არის საჭირო აშს სადგურების დაყენება. საქართველოში აღრიცხულია 40 000-ზე მეტი მას-მომრაობის წყარო და შესაბამისად, მეწყერ/ღვარცოფის მაღალი საშიშროების ფართი ძალზე დიდია. ცხადია, რომ პრაქტიკულად შეუძლებელია ყველაგან აშს სადგურების დაყენება. ამიტომ ჩვენ შევარჩიეთ მეწყერ/ღვარცოფის მაღალი საშიშროების არეებში მაღალი რისკის მქონე ობიექტები (კაშხლები, მილსადენები, მაგისტრალური გზები, მჭიდრო დასახლებები), რათა გამოვავლინოთ ის ლოკაციები, სადაც პირველ რიგშია მიზანშეწონილი აშს-ს განლაგება. რუკა შედგენილია იმავე სტანდარტით, რომელიც გამოყენებულია პან-ევროპული მეწყერ/ღვარცოფის საშიშროების რუკის შექმნისას.
- საქართველოს გარემოს დაცვის სამინისტროს მიერ დადგენილია განსაკუთრებით მაღალი რისკის მქონე 6 მეწყერული ზონა, სადაც პირველ რიგში არის მიზანშეწონილი აშს-ის განლაგება (ტერიტორიები უკიდურესად ინტენსიური მეწყერულ-გრავეიტაციული და ღვარცოფული პროცესებით და მათი ზოგადი შეფასება (საქართველოს ეროვნული კატასტროფის რისკის შემცირების სტრატეგია, National Disaster Risk Reduction Strategy of Georgia, 2017-2020, www.preventionweb.net/files/54533_drrstrategy2017annex1eng.pdf):
- i. მდინარე დევედორაკის ხეობა - მდინარე თერგის მარცხენა შენაკადი (დარიალის სექცია), (ყაზბეგის მუნიციპალიტეტი). პერიოდულად, ღვარცოფები მთლიანად ან ნაწილობრივ აზიანებს საკვანძო საერთაშორისო გზას, ყაზბეგის საბაჟო გამშვებ პუნქტს, მოქმედ და მშენებარე ჰიდროელექტროსადგურებს, 700-1200 მმ დიამეტრის "ჩრდილოეთ-სამხრეთის" მაგისტრალურ გაზსადენს და მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზების ანძებს. ღვარცოფებს ხშირად ეწირებიან ადამიანები, ხოლო თანმხლები ეკონომიკური დანაკარგები ათობით მილიონ ლარს აღწევს.
- ii. მდინარე დურუჯი, მდინარე ალაზნის მარცხენა შენაკადი (ყვარლის მუნიციპალიტეტი). უკიდურესად დამანგრეველი ღვარცოფების წარმოქმნა განპირობებულია ნალექების ინტენსივობით და ხანგრძლივობით, ასევე ხეობის ზედა ნაწილში მდინარის კალაპოტის დროებითი დაბლოკვით. სტატისტიკის მიხედვით, ამ ტიპის ღვარცოფი შეიძლება მოხდეს ყოველწლიურად ან 5-10 წლის განმავლობაში ერთხელ. ღვარცოფების ჩამოყალიბება ხდება მდ. დურუჯის აუზში და ემუქრება ქალაქ ყვარლის მოსახლეობას და ინფრასტრუქტურას, თელავის-ლაგოდეხის საავტომობილო მაგისტრალს და გაზსადენს.
- iii. გომბორის მთის უღელტეხილის მეწყერები - მდინარე გომბორულასა და მდინარე თურდოს და ღვარცოფების ნაკადებს შორის (საგარეჯოს და თელავის მუნიციპალიტეტები). თბილისსა და თელავს შორის გზა, ასევე სოფლების გომბორის, ვერონასა და კობაძეების მოსახლეობა და ინფრასტრუქტურა მუდმივი საფრთხის ქვეშაა. პერიოდულად თელავის წყალმომარაგების სისტემის სათავე ნაგებობა და მოსახლეობა წყალს რამდენიმე დღის განმავლობაში არ იღებენ.
- iv. მდ. იორი - ანთოკის ხეობის, თვალხევის და ჩაილურის ხეობის მარცხენა შენაკადები (საგარეჯოს მუნიციპალიტეტი). ღვარცოფები ემუქრება ქალაქ საგარეჯოს და საგარეჯოს რაიონის სოფლებს - ანთოკისა და ჩაილურის მოსახლეობას და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს და თბილისი-თელავის საავტომობილო მაგისტრალს. წარსულში ნაკადმა გზა რამდენჯერმე გადაკეტა.
- v. მეწყერი ხოკო, ენგურის წყალსაცავი (ჯვარის მუნიციპალიტეტი). ხოკოს მეწყერი უშუალო საფრთხეს უქმნის მდინარე ენგურის წყალსაცავს და ზუგდიდი-მესტიის ავტომაგისტრალს (S-7). წყალსაცავის მდგრადობას. მეწყერის ფართომასშტაბიანმა გააქტიურებამ შეიძლება დამანგრეველი პროცესები გამოიწვიოს.

- vi. მუხათგვერდის სასაფლაოს ტერიტორია (თბილისის მერია). მეწყერული პროცესები აქტიურია. მეწყერული პროცესები პერიოდულად საფრთხეს უქმნის სასაფლაოს ნაწილს და ზიანს აყენებს ერთადერთ მისასვლელ გზას.
- დასკვნები;

წარმოდგენილი სამუშაოს საბოლოო მიზანი იყო ავტონომიური კვების წყაროს მქონე (მზის ბატარეები), საკმაოდ დაბალფასიანი ზუსტი გეოფიზიკური მონიტორინგის კომპლექსური ტელემეტრული სისტემის დამუშავება, ღვარცოფის/მეწყერის გააქტიურების და ინიცირების სიგნალიზაციისათვის რადიოსიგნალის ან ინტერნეტის კავშირის გამოყენებით. სიზუსტის და დანახარჯების ეფექტურობის, ერთი შეხედვით შეუთავსებელი მოთხოვნების დაკმაყოფილება ბოლო წლებში შესაძლებელი გახდა ახალი ტექნოლოგიების დახმარებით (მაგალითად, MEMS სენსორები და ნიადაგის ტენიანობის სხვადასხვა სენსორები და მცირე ენერგომომხარების სიგნალების დამუშავების თანამედროვე ციფრულ ელემენტებთან თავსებადი მონაცემების გადაცემის ელემენტები).

პროექტი გათვალისწინებული სამუშაოების შესასრულებლად შეირჩა (MEMSIC)-ტიპის არჩარების და აკუსტიკური ემისიის სენსორების ოპტიმალური ეკონომიური ვარიანტები ბექდური და ინტერნეტის წყაროებით. დამატებით შესწავლილ იქნა (MEMSIC)-ში შემავალი დახრისმზომის სისტემის გამოყენების შესაძლებლობები. დამზადებულია მრავალფუნქციური სენსორის კომპლექსი, რომელიც ზომავს არჩარებას, დახრებს, სინოტივეს. არჩარების და დახრის სენსორების ჩანაწერები შედარებულია მაღალი ხარისხის საფირმო ხელსაწყოების (TROMINO, TILTMETER 701 APPLIED GEOMECHANICS) ჩანაწერებთან. შედეგები დამაკმაყოფილებელია. ნიადაგის ტენიანობის ორი სხვადასხვა ტიპის სენსორი იქნა დამზადებული და გამოცდილი. არჩარების და აკუსტიკური ემისიის სენსორები გამოცდილია ბურიჯ-კნოპოვის ლაბორატორულ მოდელზე. ჩანაწერები განხორციელდა მრავალარხიან ოსცილოსკოპზე PICOSCOPE 4824.

მეწყერსაშიში უზნების მონიტორინგისა და მეწყერების გააქტიურების საშიშროების შესახებ განგაშის სიგნალის გამომუშავებისა და გავრცელებისათვის შემუშავებული იქნა სისტემა, რომელიც რეალურ დროში, მეწყერსაშიში უბანზე დაკვირვებული რამდენიმე ფიზიკური პარამეტრის კომპლექსური დამუშავებისა და გაანალიზების საფუძველზე იღებს გადაწყვეტილებას უზნის მიმდინარე აქტიობის დონის, ან საგანგაშო სიტუაციის შესახებ. სისტემაში გამოყენებული საველე გადამწოდები-სენსორები წარმოდგენენ წყალგაუმტარ, დაცულ მოწყობილობას, რომელიც შეიცავს სამკომპონენტო ანალოგური აქსელერომეტრი-დახრისმზომის მინი-მოდულს: MMA7361, გრუნტის გაწყლოვანების რადიოსიხშირული სენსორის მინი-მოდულს: 2.7GHz Radar Sensor და ტემპერატურის წრფივი მზომის ნახევარგამტარულ მინი-მოდულს: LM35.

პროცესირების სისტემა ახდენს თითოეული სენსორიდან მიღებული სიგნალის ამპლიტუდის, ფაზის და სპექტრული მახასიათებლის დიფერენცირებას საყრდენი სენსორის ინფორმაციასთან მიმართებაში. ანომალური ტრენდის შემთხვევაში, თუ დაკვირვებული სხვაობა აღემატება უზნის ხმაურის ბუნებრივ ტრენდულ მონაცემს, სიტემა გამოიმუშავებს გაფრთხილებას ან განგაშის შესაბამის ინფორმაციას, რომელიც შეიძლება გადაიცეს GSM მონაცემების სახით და მომენტალურად განთავსდეს დაშორებულ სერვერზე განთავსებულ მონაცემთა ბაზაში, გაიგზავნოს SMS მოკლე ტექსტური შეტყობინებების სახით და მიეწოდოს საგანგებო სიტუაციების მართვის სტრუქტურებს ან გადაიცეს კოდირებული დაცვის მქონე რადიოსიგნალების სახით უახლოეს დასახლებულ პუნქტში, სადაც დამონტაჟებული იქნება რადიოსიხშირული მიმღები-დეკოდერი და ლოკალური ხმოვანი თუ ტექსტური განგაშის უზრუნველყოფის მოწყობილობა.

მეწყერსაშიში ზონიდან ფიზიკური ველების მიმდინარე პარამეტრების მნიშვნელობების მისაღებად Arduino mega 2560-ს მიერთებულია ანალოგური დამუშავების პლატფორმის გამოსასვლელებთან, სადაც თავს იყრის ჩვენს მიერ შემუშავებული მგმნობიარე სენსორების მოწოდებული, გამლიერებული, გაფილტრული და წინასწარ დამუშავებული ინფორმაცია. სენსორები მაღალის სიზუსტით ზომავენ მეწყერსაშის უბანზე დაკვირვებულ მიმდინარე მახასიათებელ პარამეტრებს (არჩარებები, დახრები, ტენიანობა, ტემპერატურა). აღნიშნული მონაცემების ათვლა მიმდინარეობს უწყვეტად და ისინი იგზავნება მთავარი ციფრული დამუშავების პლატფორმისკენ წინასწარ მომზადებულ ანალოგურ მიმღებ პორტებზე. ანალოგურ ფორმატში შემოსული ინფორმაცია ხვდება შესაბამის შესასვლელებზე. ციფრული პლატფორმის ანალოგურ-ციფრული გარდაქმნის არხებში მიმდინარეობს მიღებული სიგნალების ლოგირება და რეგისტრაცია, ხოლო შემდეგ კი შემოსული ინფორმაციის ექსტორულ ნაკადებად ჩამოყალიბება და შესაბამისი დროის მარკერების თანხლებით მიწოდება მთავარი პლატფორმის ბუფერისათვის, ნაკადების დასამუშავებლად.

ვინაიდან, მონიტორინგის სისტემის განთავსება შესაძლოა მოხდეს გლობალური კომუნიკაციებისათვის მიუწვდომელ ადგილზე, შეუძლებელია მონაცემთა გადაცემისათვის საკაბელო ინტერნეტით სარგებლობა. ჩვენს სისტემაში მონაცემთა გადაცემისთვის გამოყენებულია მობილური (GSM მონაცემების ტრაფიკი) ინტერნეტის წვდომა. კერძოდ, ვიყენებთ GSM sim900-ს მოდულს, რომელიც მორგებულია ჩვენს მიერ არჩეულ მთავარ პლატფორმაზე და ექვემდებარება ოპერირებისას მოსახერხებელ

მართვას. ამავდროულად არის ენერგოეკონომიური და გადაცემის პროცესში ახასიათებს მდგრადი სამუშაო პარამეტრები. იმისათვის, რომ დაკვირვების სისტემა იყოს კიდევ უფრო მდგრადი და რეზერვირებული, ინფორმაციის კარგების გარეშე, გარანტირებული მიღებისთვის საჭიროა დამატებითი მექანიზმები სასერვერო სისტემაში. კერძოდ, იგულისხმება მეხსიერების ბარათის მიერთება მთავარ ციფრულ პლატფორმაზე (Arduino mega 2560) . ამისათვის ვიყენებთ Micro SD(TF) Storage Board -ს, სადაც განვათავსეთ 16 გბ იანი ფლეშ მეხსიერება, რითაც უზრუნველყოფილია მონაცემთა ჩაწერის უწყვეტი პროცესი. აღნიშნულ მეხსიერების ბარათზე ჩაწერის პროცესი სავალდებულოა იმისათვის, რომ გადაცემის ტრაფიკის შეყოვნებისას მოხდეს მონაცემთა ლოკალური დაგროვება, ხოლო სრულფასოვანი კავშირის აღდგენის შემდეგ გამოყოფილ სერვერზე მოხდეს დანაკლისი მონაცემების შევსება.

პროექტში განხილული იყო რისკის ოთხი ელემენტი: მოსახლეობა, მილსადენები, კაშხლები და გზები. მოსახლეობის რაოდენობის შეფასება მოხდა მოსახლეობის საყოველთაო აღწერის (2016 წ.) მიხედვით. მილსადენების, გზების და კაშხლების მონაცემები მიღებული იქნა არქივებიდან და ღია წყაროებიდან.

საბოლოო შედეგი გათვლილია თითოეული რეგიონის ჯამური ზარალის რისკისა და რისკის დონის მიხედვით. ეს არის მეწყერული-საფრთხის შემცველი მოვლენების სივრცული ალბათობა სხვადასხვა დონისათვის (დაბალი, ზომიერი და მაღალი მგრძობიარე სივრცის) ფიზიკური მოწყვლადობის (დაბალი, ზომიერი და მაღალი მგრძობიარე ტერიტორიები) და რისკის ქვეშ მყოფ ელემენტებთან (თითოეული მგრძობიარეობის კლასი).

არსებულ სისტემებთან შედარებით ჩვენი დანადგარი რამდენიმე სიახლით ამოირჩევა:

1. ჩვენი სისტემა გაცილებით დაბალფასიანია ვიდრე არსებული დანადგარები (საბაზისო ელემენტების ფასი 1000 \$ რიგისაა
2. აქტიურ უბანზე მოთავსებული დახრილობის და აჩქარების სენსორების მონაცემების საფუძველზე: შედარება ხდება ეტალონური (reference) სენსორის მონაცემებთან, რის შედეგად გამოიშვება დიფერენციალური სიგნალი, რომლის მიხედვით ფასდება წონასწორული მდგომარეობიდან გადახრა. ეს მნიშვნელოვნად ამცირებს არასასურველი ხმაურების დონეს.
3. ადრეული შეტყობინება გამოიშვება მულტი-სენსორების მონაცემების საფუძველზე: ბოლო წლებში მიღებული დაკვირვებების მონაცემების საფუძველზე განგაშის ალგორითმი გაყოფილია ორ ნაწილად, გრძელვადიან (ტენიანობის პარამეტრით) და მოკლევადიან (დახრების და აჩქარებების მონაცემებით, რაც ასევე სიახლეს წარმოადგენს).
4. გამოყენებულია დახრების რეგისტრაციის ახალი მეთოდიკა MEMS აქსელერომეტრების (სიგნალის სიზშირული ფილტრაციის?) საშუალებით.
5. გრუნტში ტენიანობის გასაზომად გამოყენებულია ელექტრომაგნიტური, რადიოსიხშირული სენსორი (2.7GHz Radar Sensor)

დასკვნით ეტაპზე ჩატარდა ჩვენი ადრეული შეტყობინების სისტემის ტესტირება რეალურ მეწყერულ უბანზე. საცდელ ობიექტად შერჩეულ იქნა ქ. თბილისში თემქა-ში დამეწყრილი უბანი (გლდანის მეწყერი), რომელიც სერიოზულ საფრთხეს უქმნის საცხოვრებელ კორპუსებს.

მიღებული შედეგები პრინციპულად ადასტურებენ, რომ მეწყერების მონიტორინგის და ადრეული შეტყობინების ეკონომიური ტელემეტრული სისტემა („მოდარაჯე ძაღლი“) იძლევა მეწყერულ სხეულში მიმდინარე პროცესის მონიტორინგის, საშიშროების დონეების დადგენის და ინფორმაციის უწყვეტად და ოპერატიულად გადმოცემის საშუალებას.

- სამომავლო რეკომენდაციები;

რეკომენდირებულია დამუშავებული ადრეული შეტყობინების სისტემის წარდგენა დაინტერესებულ სახელმწიფო ორგანიზაციებში, კერძოდ, გარემოს დაცვის და სოფლის მეურნეობის სამინისტროში და საგანგებო სიტუაციების სააგენტოში, რათა ძვირადღირებულ უცხოურ აშს-ებთან პარალელურად გამოყენებულ იქნას საქართველოში დამუშავებული ავტონომიური ეკონომიური ტელემეტრული ადრეული შეტყობინების სისტემა.

დანართები (ასეთის არსებობის შემთხვევაში);

7. დამატებითი ინფორმაცია, რომლის გაზიარებაც გსურთ ფონდისათვის

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: _____