

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ლაშა ნოზაძე

დრონზე დაფუძნებული MANET-IoT-ის ეფექტურობის  
ამაღლების მეთოდის შემუშავება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა: „ინფორმატიკა“

შიფრი: 0401

თბილისი

2022 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის  
კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტში

ხელმძღვანელი: ნანი არაბული

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2022 წლის „\_\_\_\_\_“ \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის

სისტემების ფაკულტეტის საბჭოს სხდომაზე,

კორპუსი \_\_\_\_\_, აუდიტორია \_\_\_\_\_

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს მდივანი \_\_\_\_\_

## ნაშრომის საერთო დახასიათება

**თემის აქტუალობა.** წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომის აქტუალობას განსაზღვრავს მისი შემადგენელი არაერთი ნაწილი. პირველ მათგანად შეგვიძლია დავასახელოთ უკაბელო-დეცენტრალიზებული ქსელების ტენდენციურობა, რომელიც განმსჭვალულია თანამედროვე სამეცნიერო საზოგადოების დიდი ყურადღებით. ასევე ტექნოლოგიური საზოგადოების ყურადღების ქვეშაა ნივთების ინტერნეტი, რომლის მზარდი პოტენციალი ყველასათვის თვალსაჩინო და შესამჩნევია არამარტო სამეცნიერო წრეებში, არამედ ყოველდღიურ ცხოვრებაშიც. რაც შეეხება თემის ერთ-ერთ საკვანძო საკითხს - დრონებს, ხაზგასმით შეიძლება აღინიშნოს ამ მოწყობილობით მსოფლიოს დაინტერესება. დრონებმა გამოიყენება ადამიანის ცხოვრებისა და მოღვაწეობის არაერთ სფეროში ჰპოვეს.

სულ რაღაც რამდენიმე ათეული წელია ტექნოლოგიური საზოგადოების ყურადღება მიიპყრო თანამედროვე ტენდენციით განმსჭვალულმა სისტემებმა, ესენია: IoT (Internet of Things) - ნივთების ინტერნეტი, რომელშიც საყოფაცხოვრებო-წვრილმან ობიექტებს აქვთ ქსელური კავშირი, რა დროსაც ისინი აგზავნიან და იღებენ მონაცემებს და MANET (Mobile Ad-hoc Network) - მობილური (უკაბელო) მიზნობრივი ქსელი - დეცენტრალიზებული ტიპის ქსელი, სადაც თითოეული კვანძი ასრულებს, როგორც ჰოსტის (Host), ისე მარშრუტიზაციის ფუნქციას. ამ ორი სისტემის ტანდემი წარმატებით გამოიყენება ისეთ პროექტებში როგორცაა „ჭკვიანი სახლი“, მცირე ოფისი და ა.შ. ნაშრომში მოცემულია, თუ როგორ უნდა გვქონდეს სრულყოფილი უკაბელო ლოკალური ქსელი იქ, სადაც არანაირი ცენტრალიზებული ინფრასტრუქტურა არ არსებობს. მასში განხილულია თითოეული სისტემა და წარმოდგენილია მათი ერთობლივი გამოყენების გზა. დამუშავებული მასალა და კვლევებიდან მიღებული შედეგი

გადმოგვცემს არსებული პრობლემის ეფექტურად გადაჭრის გზას და სწორ აქცენტებს გააკეთებს მომავალში საკვლევ საკითხებთან დაკავშირებით.

### **კვლევის მიზანი და ამოცანები.**

წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის მიზანია MANET-IoT-ის კონცეპტების შესწავლა და მათი გამოყენებით მონაცემთა გადაცემის საშუალებების გაუმჯობესება არასტანდარტულ, საგანგებო/საომარ სიტუაციებში. ინფორმაციის შეგროვება-დამუშავება უკაბელო კომუნიკაციის ტექნოლოგიებისა და ტექნიკის გამოყენებით. დისტანციურად ოპერირებადი დრონისათვის უწყვეტი კვების წყაროთი უზრუნველყოფა, რაც საშუალებას მოგვცემს მოვახდინოთ აღნიშნული მოწყობილობის გამოყენების ეფექტურობის ამაღლების მეთოდის შემუშავება და შესაბამისი მოდელის აგება.

**კვლევის საგანია** - უკაბელო გადაცემის სისტემები საკომუნიკაციო ქსელები, მარშრუტიზაციის ალგორითმები, სამხედრო კომუნიკაციის ტაქტიკური მოთხოვნები, დრონის გამოყენების სპეციფიკა.

### **კვლევის მეთოდები.**

იმისათვის, რომ დასახული მიზნისთვის მიგვეღწია, წინამდებარე სამეცნიერო ნაშრომი დაფუძნებულ იქნა, როგორც თეორიულ ისე ემპირიულ კვლევებზე და რთული ობიექტების პროცესების შესწავლის ანალიზის მეცნიერულ საფუძვლებზე. საკითხზე მუშაობის პერიოდში შესწავლილი და გამოყენებული იქნა თანამედროვე მეცნიერებაში არსებული თეორიული და პრაქტიკული მიღწევები, შრომები და დაგროვებული ცოდნა. ნაშრომში გამოყენებულია თეორიული და ემპირიული კვლევების ზოგადი მეთოდები, როგორცაა: შედარება, ინდუქცია და დედუქცია, მეცნიერული მტკიცებულებები, დაკვირვებები, გაზომვები, მოდელირება და სხვ.

### **კვლევის მეცნიერული სიახლეა:**

✓ გამოკვლეული, გაანალიზებული და დადგენილია ის მთავარი ფაქტორები, რომლებიც ხელს შეუწყობს არასტანდარტულ, საგანგებო/საომარ სიტუაციებში საკომუნიკაციო საშუალებების კავშირის

გაუმჯობესებას და მართვის ეფექტიანობას და აგებულია მათემატიკური მოდელი;

✓ გამოკვლეულია დისტანციურად ოპერირებადი დრონისთვის ეფექტიანობის შეფასების მთავარი მიდგომები. დამუშავებულია, უკაბელო კომუნიკაციის ტექნოლოგიებისა და ტექნიკის გამოყენებით ინფორმაციის შეგროვებისა და დისტანციური მარშრუტიზაციის პროცესი;

✓ შემუშავებულია ახალი პრაქტიკული გადაწყვეტა უკაბელო ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილი დრონისათვის, რომელიც ხორციელდება MANET-IoT-ის შერწყმის საფუძველზე.

### **კვლევის პრაქტიკული მნიშვნელობა**

ნაშრომში წარმოდგენილ ახლებურ მიდგომას და სამეცნიერო სიახლეს გააჩნია არა მხოლოდ თეორიული დასაბუთება, არამედ პრაქტიკული მნიშვნელობა შესაბამისი მიმართულებით მომუშავე ადამიანებისა თუ სფეროთათვის. აღსანიშნავია ადამიანის მოღვაწეობის რამდენიმე სფერო, სადაც ყველაზე მეტად იქნება გამოსაყენებელი წარმოდგენილი გადაწყვეტა, ესენია სამხედრო და უსაფრთხოების, ასევე სამაშველო სამუშაოების ჩატარების და სხვადასხვა ექსპედიციების მოწყობისა და საჭიროების სფეროები.

### **ნაშრომის აპრობაცია**

ნაშრომის მნიშვნელოვანი საკითხები წარმოდგენილი იყო საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში, სასწავლო პროცესით გათვალისწინებულ ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტზე კოლოქვიუმებისა და თემატური სემინარების სახით. დისერტაციის ძირითადი შინაარსი მოხსენებული იყო საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე:

1. „საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები“ სტუ, 2021წ. თბილისი;

2. შუა აღმოსავლეთის საერთაშორისო კონფერენცია თანამედროვე სამეცნიერო კვლევების შესახებ. 2021წ. თურქეთი, ანკარა.

პუბლიკაციები: დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია სამ სამეცნიერო ნაშრომში.

#### **ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა:**

ნაშრომი შეიცავს შესავალს, სამ თავს, დასკვნას, გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას (105 დასახელება). სადოქტორო ნაშრომის საერთო მოცულობა შეადგენს 108 გვერდს, მათ შორის 31 ნახაზს, 5 ცხრილს.

### **დისერტაციის ძირითადი შინაარსი**

დისერტაციის შესავალში გადმოცემულია დისერტაციის ზოგადი დახასიათება, თემის აქტუალობა, მიზანი და გადასაწყვეტი ამოცანები. ასევე სამეცნიერო სიახლე და კვლევის პრაქტიკული მნიშვნელობა.

პირველ თავში აღწერილია მობილური მიზნობრივი ქსელი MANET (Mobile Ad-hoc Network). მობილური adhoc ქსელი, რომელიც ჩამოყალიბებულია მობილური კვანძებით და რომლებიც ატარებენ უკაბელო გადამცემ მოწყობილობებს, ხშირად გამოიყენება სამხედრო, სტიქიური უბედურებების აღმოფხვრის, საველე გამოკვლევის, ჭკვიანი ქალაქის და სხვა სფეროებში. გამოკვლეულია MANET ქსელს რამდენიმე უნიკალური მახასიათებელი:

ავტონომიურობა და ინფრასტრუქტურა - თითოეული კვანძი მოქმედებს განაწილებულად თანასწორობის პრინციპით (Peer-to-Peer), სადაც მოქმედებენ დამოუკიდებელი მარშუტით და ქმნიან დამოუკიდებელ მონაცემებს. ქსელის მენეჯმენტი განაწილებულია სხვადასხვა კვანძებზე, რომელიც ართულებს შეცდომების გამოვლენას და მართვას.

მხტუნავი მარშრუტიზაცია - არ აქვს განსაზღვრული მარშუტი, თითოეული კვანძი მოქმედებს როგორც მარშრუტიზატორი და აგზავნიან ერთმანეთის ინფორმაციას მობილურ ჰოსტებს შორის, რაც უფრო მეტ მოწყობილობას გამოიყენებს მით უფრო ამცირებს ჩარევას და ზრდის მთლიანი ქსელის გამტარუნარიანობას.

დინამიურად ცვლადი ქსელის ტოპოლოგიები - ქსელურ ტოპოლოგიას ყოველგვარი წინასწარ განსაზღვრის გარეშე შეუძლია შეიცვალოს მარშრუტი, რაც ზრდის პაკეტის დაკარგვის შანსს.

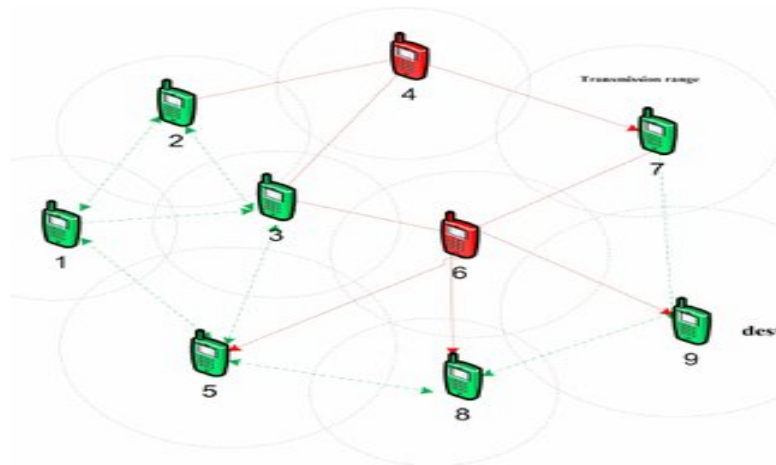
ქსელის გაფართოება - ბევრი MANET აპლიკაცია მოიცავს დიდ ქსელს, ათობით და ათასობით მობილურ კვანძს, როგორც სენსორული და ტაქტიკური ქსელები, ამიტომ მასშტაბი კრიტიკულად მნიშვნელოვანია ასეთი ქსელის გამართვისათვის

ენერჯის შეზღუდული მოქმედება - რადგან თითოეული კვანძი მოქმედებს როგორც ორი მოწყობილობა, მიმღები და მარშრუტიზატორი ერთდროულად, დამატებით ენერჯიაა საჭირო პაკეტის გასაგზავნად სხვა კვანძიდან. ამიტომ ენერგოეფექტურობის გაზრდა მნიშვნელოვანია პაკეტების გადაცემისას.

მობილური მიზნობრივი ქსელისა და ნივთების ინტერნეტის ქსელის (MANET-IoT) ქსელის ენერგოეფექტურობა მიიღწევა პროგრამული ცვლილებებით - კვანძები რომლებიც დაკარგავენ ენერჯიას ან მცირე მარაგით იქნებიან ამოცნობილნი მიიღებენ ნაკლებ სამუშაო დატვირთვას და გატარების კოეფიციენტი იქნება შეზღუდული. აღნიშნული კვანძების ელექტრო ენერჯიით მომარაგებისათვის დაგვჭირდება მზის ბატარეები და მძლავრი აკუმულატორები, რომლებიც იქნება შენაცვლებადი. მათ უნდა გააჩნდეთ დუბლირებული სოკეტი წყვეტის გარეშე გადართვის შესაძლებლობით იმისათვის, რომ შესაძლებელი იყოს მათი ამოღება და დამუხტვა. ეს ყოველივე გამოსადეგია იმ შემთხვევისთვის როდესაც მათი მონტაჟი აუცილებელია მზის სხივებისგან მოფარებულ ადგილას.

ნაშრომში აღწერილია მიდგომა კვანძების პაკეტების მობილური გადაცემისა და მონიტორინგისთვის. კვანძების რეპუტაცია ფასდება საშუალო შეწონილი მართული მონაცემთა მიდგომის გამოყენებით, რომელიც ეფუძნება წარმატებით გადაცემული მონაცემების რაოდენობას და პაკეტების კონტროლს, რომელსაც ესა თუ ის კვანძი ქმნის სხვადასხვა კვანძებზე გადაცემული საკუთარი პაკეტების წინააღმდეგ. შემოთავაზებულ

დინამიურ სისტემაში გამოიყენება პირდაპირი დაკვირვების და მონიტორინგის სპეციალური მეთოდი, იმისათვის, რომ შემცირდეს უკაბელო ქსელის საკვანძო წერტილების მიერ გამოვლენილი რეპუტაციის მართვის სისტემაში სხვადასხვა გადაცდომის შემცირება. კვანძების რეპუტაციის შესახებ უშუალოდ მიღებული ინფორმაციის გამოყენება უზრუნველყოფს, რომ საკვანძო წერტილები არ დაეყრდნონ მეორად ინფორმაციას მეზობელი კვანძების შეფასებამდე და მათ მიმართ ნაადრევი არ იყოს შეფასების დასკვნა.



სურათ 1. MANET-ის კვანძების რეპუტაციული მოდელი მათი ქცევის მიხედვით

შეიძლება ითქვას, რომ უშუალოდ მიღებულ ინფორმაციაზე დაყრდნობა დაგვეხმარება მარშრუტის მანძილისა და ხარჯების შემცირებაში და დამატებითი ენერჯის მოხმარებაში (ან დაზოგვაში).

**მეორე თავში** წარმოდგენილია მარშრუტიზაციის ალგორითმები, რომლებიც გამოიყენება MANET-ში. ქსელის დინამიური ტოპოლოგიის გამო მარშრუტიზაცია მნიშვნელოვანი საკითხია მობილურ ad hoc ქსელში.

მარშრუტიზაციის ალგორითმების ტიპები შეიძლება კლასიფიცირდეს შემდეგნაირად:

1. მარშრუტიზაციის ცხრილებში გამოყენებული ინფორმაციის საფუძველზე:



ა. უმოკლესი დისტანციის ალგორითმები, არიან ალგორითმები, რომლებიც იყენებენ მანძილის ინფორმაცია მარშრუტიზაციის ცხრილების შესაქმნელად.

ბ. კავშირის მდგომარეობის ალგორითმები, არიან ალგორითმები, რომლებიც იყენებენ კავშირის ინფორმაციას რომ შექმნან ტოპოლოგიის დიაგრამა და შემდეგ ააგოს მარშრუტიზაციის ცხრილები.

2. იმის მიხედვით, თუ როდის არის აგებული მარშრუტიზაციის ცხრილები:

ა. პროაქტიული ალგორითმები არიან ალგორითმები, რომლებიც ინარჩუნებენ დანიშნულების მარშრუტებს მაშინაც კი, თუ ისინი არ არის საჭირო კონკრეტული მომენტისთვის.

ბ. რეაქტიული ალგორითმები არიან ალგორითმები, რომლებიც მხოლოდ მაშინ ინარჩუნებენ დანიშნულების მარშრუტებს თუ ისინი არიან საჭირონი კონკრეტული მომენტისთვის.

გ. ჰიბრიდული ალგორითმები არიან ალგორითმები, რომლებიც ინარჩუნებენ მარშრუტებს ახლომდებარე კვანძებისკენ, მაშინაც კი, თუ ისინი არ არის საჭირო, ხოლო შორეული კვანძებისთვის მხოლოდ საჭიროების შემთხვევაში.

პროაქტიული ალგორითმი ასევე ცნობილია როგორც დროზე ორიენტირებული მარშრუტის ალგორითმი ტრაფიკის მოთხოვნებისგან დამოუკიდებლად. თითოეული კვანძი იყენებს მარშრუტიზაციის ინფორმაციას ქსელში სხვა კვანძების მდებარეობის ინფორმაციის შესანახად და შემდეგ ეს ინფორმაცია გამოიყენება ქსელის სხვადასხვა კვანძებს შორის მონაცემების გადასატანად.

დისტანციურად კონტროლირებადი მოწყობილობების გამოყენების სპეციფიკის აღწერისას შევხებით მათი ოპერირების სფეროებს. ფართოდ გავრცელებული შეხედულების მიხედვით დისტანციურად კონტროლირებადი მოწყობილობები - დრონები აღიქმება როგორც

მოწყობილობები, რომლებიც შთამბეჭდავი ფოტო თუ ვიდეო კადრების გადასაღებად იგზავნება ცაში. თუმცა ისინი არიან სერიოზული ბიზნეს პროექტებისა თუ სხვადასხვა მნიშვნელოვანი საქმიანობის ნაწილი. ბიზნეს ინდუსტრიაში დრონების როლის მნიშვნელოვანი ზრდის გამო, არსებობს მოსაზრებები რომელთა მიხედვითაც მოსალოდნელია ექსპონენციალური ზრდა მათი გამოყენების სფეროსა და საქმეში ჩართულობის მიხედვით. პროგრამები ბევრად უფრო ფართოა, როდესაც სენსორებით აღჭურვილი თვითმფრინავები კომბინირებულია მონაცემთა ანალიზთან და მანქანურ სწავლებასთან, რათა გამოიყენონ დიდი რაოდენობით ინფორმაციული დრონების უზრუნველყოფა. ეს კომბინაცია ქმნის თვითმფრინავების გამოყენებას ისეთი ინდუსტრიებისთვის, როგორცაა ენერჯის წარმოება, კომუნალური მომსახურება, ლოგისტიკა და სოფლის მეურნეობა, რაც საშუალებას იძლევა მონაცემების აღება და ანალიზი გზით განხორციელდეს ისეთი ამოცანები, რომლებიც ადრე რთული ან შეუძლებელი იყო.

უპილოტო საფრენი აპარატების ტექნოლოგიებში არსებული მიღწევები იძლევა ასიმეტრიული მიდგომების გამოყენების შესაძლებლობას თავდასხმების, ინფორმაციის შეგროვებისა და საფრთხის შემცველი ღონისძიებების დაწყების მიზნით. ამიტომ ხელახლა უნდა გადავხედოთ ინფორმაციას მოწინააღმდეგის ტაქტიკის შესახებ, რომელიც ეხება დაბალ სიმაღლეზე, ნელი სიჩქარით მოძრავი და მცირე ზომის უპილოტო საფრენი აპარატის გამოყენებას. ეს პრობლემა შეიძლება გაღრმავდეს იმ შემთხვევაში, თუ უპილოტო საფრენი ტექნოლოგიები გაიფადა, გახდა მეტად ხელმისაწვდომი და ადაპტირებადი. მოწინააღმდეგის მიერ უპილოტო საფრენი აპარატის მასიურმა გამოყენებამ შეიძლება სერიოზული ზეგავლენა მოახდინოს მანევრის ძალებზე. თემისთვის ასევე მნიშვნელოვანია დისტანციურად კონტროლირებადი საფრენი აპარატების პროგრამული უზრუნველყოფა. დრონის პროგრამა არის ერთგვარი ინსტრუქცია და ეუბნება საფრენ აპარატს თუ სად უნდა წავიდეს და რა უნდა გააკეთოს, A-დან B- მდე ფრენის დროს. საფრენი აპარატის მოქმედების აღქმა და მასთან

ურთიერთ კავშირი ხდება წინასწარ გაწერილი ალგორითმის შესაბამისად და მისი კომპონენტების დაკავშირება ჩატვირთული ინფორმაციის მიხედვით. დაინსტალირებული პროგრამა საფრენ აპარატში არის რთული და მუშაობს ფენის მსგავს სისტემაში.

დისტანციურად კონტროლირებადი საფრენი აპარატების გამოყენება სამხედრო დანიშნულებით ძალზედ მნიშვნელოვანი სფეროა. დრონებმა მნიშვნელოვანი როლი შეასრულეს კონტრტერორისტულ და ფართომასშტაბიან სამხედრო მოქმედებებში. ახლაც ისინი მზად არიან დაგეგმილი თუ დაუგეგმავი კონფრონტაციის ბედი გადაწყვიტონ თავისი ტაქტიკური მოქმედებით სტრატეგიული მნიშვნელობის ობიექტებზე შეტევითა და მათი მწყობრიდან გამოყვანის გზით. დრონებს მზარდი მნიშვნელობა აქვთ სამომავლო სამხედრო ოპერაციებში. დაბალი ღირებულება და მაღალი სიზუსტე აქცევთ მათ უნიკალურ იარაღად ყველა მცოდნე და გონიერი მომხმარებლის ხელში. დრონები და კუადროკოპტერები იდეალურია ძალზე საშიში და პოლიტიკურად მგრძნობიარე მისიებისთვის. თუმცა, ტექნიკური შეზღუდვები, ასევე კონკურენტული ტექნოლოგიების სავარაუდო გაუმჯობესება, განსაკუთრებით საჰაერო თავდაცვის სისტემები, უნდა ახასიათებდეს თვითმფრინავების სამხედრო როლს.

ვინაიდან დისერტაციის ახლებური გადაწყვეტისას ვიყენებთ მზის დამტენს, დისერტაციაში ასევე აღწერილია მზის პანელის მახასიათებლები. მზის პანელი ანუ ფოტო-ვოლტაური (PV) მოდული არის ფოტო-ვოლტაური უჯრედების აწყობა, რომელიც დამონტაჟებულია ჩარჩოში.

ჩვენი საჭიროების შესაბამისად განვიხილავთ მზის პანელის ერთ-ერთ პროტოტიპს, რომელიც კომერციულად ხელმისაწვდომია ონლაინ შესყიდვის საიტებზე. „ACOPower HY-3X40W1HY-LTK-3X40WPX20A (PX20A)“ არის მზის პანელი რომელიც შეგვიძლია გამოვიყენოთ ნებისმიერი მიზნობრიობით იქნება ეს ციფრული მოწყობილობა თუ მანქანის აკუმულატორი. მისი მიმოხილვისას ასევე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ განახლებადი ენერჯია თქვენი 12/24V ელემენტის ან მზის გენერატორების

დასატენად ACOPower- ის LTK 120W დასაკეცი მზის პანელის ნაკრებით. ეს პორტატული დანადგარი მოიცავს სამ დასაკეცი პანელს, რომლებიც იკეტება 22 x 17.3 x 0.8 "და იწონის მხოლოდ 3,8 კილოგრამს. ის აღჭურვილია ProteusX 20A დამუხტვის კონტროლერით LCD წაკითხვით, MC4 კონექტორებით მზის დამტენებისთვის ან სისტემის გასაფართოებლად დამატებითი პანელებით, ალიგატორის ბატარეით. ტერმინალის კლიპები და SAE to SAE გადამყვანები პირდაპირ თქვენს RV-სთან დასაკავშირებლად. SunPower მონოკრისტალური უჯრედები იძლევა 25%-იან კარგ კონვერტაციის მაქსიმალურ სიჩქარეს. გაშლის ფეხები საშუალებას აძლევს პანელს განლაგდეს ოპტიმალური დატენვისთვის.

საინტერესო ფაქტია ad hoc ტექნოლოგიის გამოყენება რადიო ქსელებში, პორტატული გადამცემებით, რომელიც ძალზედ მოსახერხებელია სამხედრო მიმართულებით მონაცემების გადაცემის საჭიროებისას. მოცემულია ინფორმაცია ფართო დიაპაზონიანი რადიოგადამცემის ფუნქციონალური მახასიათებლებისა და მისი გამოყენების პირობების შესახებ. რადიო გადამცემი მუშაობს გარკვეულ სიხშირულ დიაპაზონში მაქსიმალური დაახლოებით 10 ვატამდე სიმძლავრით. ასევე წინა თაობის მოწყობილობებთან თავსებადობის მიზნით, მასში შენარჩუნებულია გამოსხივების ძირითადი ფორმები და სიხშირული დიაპაზონი. მოწყობილობას აქვს შემდეგი შესაძლებლობები:

სიხშირული ინტერფეისი - გააჩნია რამდენიმე მოდულაციის მახასიათებელი (FM, AM და ა.შ.), სხვადასხვა სიხშირულ დიაპაზონში. გადაცემა 2300 ბტ/წმ მონაცემების გადაცემის სიჩქარით. ასევე უსაფრთხოებისა და ჩაჭერის გართულებისათვის აქვს დაცვის საშუალება - სიხშირული ხტუნვა გამოყენებულ მოდულაციის ტიპებით. ესენი წარმოადგენენ რადიოელექტრონული ბრძოლისგან დაცვის ზომებს. მოწყობილობას შეუძლია ფოტო- ან ვიდეოკამერის შეერთების შესაძლებლობა. მონაცემთა გადაცემის მაღალი სიჩქარე \_ 64 ან 192კბ/წმ IP

მონაცემთა გადაცემის შესაძლებლობა. მონაცემთა ინტერფეისი არეგულირებს USB/ethernet ან RS-232 არასიმეტრიულ ინტერფეისს.

მოწყობილობას შესაძლებლობა აქვს IP ქსელის შექმნის და ინტერნეტთან პირდაპირი მიერთების DHCP სერვერის მეშვეობით რადიოსადგურის კონფიგურაციის გარეშე და ასევე შესაძლებელია ჰქონდეს წვდომა ნებისმიერი ქსელური რესურსის მეშვეობით, როგორცაა კომპიუტერი, რომელსაც გააჩნია დაყენებული რადიო დრაივერები.

IP-ზე დაფუძნებული რეტრანსლაცია – იძლევა მრავალჯერადი რეტრანსლაციის ნახტომებსა და მრავალი რეტრანსლიატორი რადიოსადგურების მიერთების შესაძლებლობას როგორც ეზერნეტით ასევე შესაბამისი მოწყობილობის დამაგრებით Wi-Fi მოწყობილობიდან უკაბელო გადაცემის მეშვეობით.

მოწყობილობა აღჭურვილია გლობალური პოზიციონირების სისტემის (GPS) მიმღებით საკუთარი ადგილმდებარეობის შესახებ ინფორმაციის მიღების, ვითარების შეტყობინების მოხსენების ან სხვა მოწყობილობებიდან მიღებული ადგილმდებარეობის მოხსენების უზრუნველყოფად. მას შეუძლია KML File Server ფორმატით Web ბრაუზერში დედამიწის გეოგრაფიული მონაცემების გრაფიკული ჩვენება, რომლის მეშვეობითაც იგი უზრუნველყოფს ადგილმდებარეობის მოხსენებას (Google Earth და სხვა KML-ზე დაფუძნებული ვითარების შეტყობინების აპლიკაციის ინტეგრირებით). KML ფორმატირებული ადგილმდებარეობის მონაცემები უზრუნველყოფილია რადიოსადგურის ვებსერვერის ან UDP/IP პაკეტების მეშვეობით.

**მესამე თავში** მოცემულია MANET-IoT-ის შერწყმის საფუძველზე უკაბელო ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილი დრონის ახალი პრაქტიკული გადაწყვეტა. საუბარია სადაზვერვო და მარშრუტიზატორის ფუნქციით აღჭურვილ დრონზე, რომელსაც თვითონვე გადააქვს მზის უკაბელო დამტენი პლატფორმა, რაც მას მისცემს საშუალებას მართვის წერტილში დაბრუნების გარეშე შეასრულოს ამოცანა გრძელვადიან

პერსპექტივაში. ცნობილია რომ დრონებს აქვთ ფრენის შეზღუდული დრო, სწორედ კვების ბლოკის ლიმიტირებული მოცულობით, რაც დღეს დღეობით გადაუჭრელ პრობლემად რჩება. ისეთი პლატფორმის შექმნით რომლის გადაადგილებაც იმავე დრონით იქნება შესაძლებელი რომლითაც ამოცანას ვასრულებთ, მოგვცემს საშუალებას, რომ გავზარდოთ დრო და მანძილი ჩვენი მოქმედებისა.

**ქმედების სპეციფიკა მდგომარეობს შემდეგში:** დრონს შეუძლია გადაადგილდეს საკომუნიკაციო საზღვრის კიდისკენ მაქსიმალურად. განათავსოს საკუთარი დამმუხტავი პლატფორმა მოსახერხებელ ადგილას და დაიწყოს ამოცანის შესრულება, ავტონომიურად ან დისტანციური მართვით. მაშინ როდესაც ბატარიის მუხტი მიუახლოვდება მინიმუმს იგი შესაბამის სამუშაო რეჟიმში (ავტონომიური ან ცენტრალური) დაუბრუნდება იმ ლოკაციას სადაც განთავსებულია უკაბელო დამმუხტვის პლატფორმა. დამმუხტვის შემდეგ დრონი შეიძლება დავტოვოთ როგორც აქტიურ ასევე მოლოდინის (standby) რეჟიმში. აღნიშნული გადაწყვეტა წარმოადგენს სიახლეს და დრონი აღჭურვილი იქნება შუალედური გადამცემის/გამაძლიერებლის ან მარშუტიზატორის (router) ფუნქციით. რომელიც დაგვეხმარება მოქმედების არეალი გავზარდოთ უსასრულოდ. როგორც სწორხაზოვნად მოქმედების სიღრმეში ასევე სექტორულად და წრიულად. აღნიშნული სიახლე გადაწყვეტს იმ პრობლემას რომელსაც შეიძლება დავარქვათ ენერგოდეფიციტი სამუშაოს შესრულების დროს, რომელიც გვზღუდავდა სივრცეში მოქმედების დროს. იმ შემთხვევაში როდესაც საჭიროა უწყვეტი მოქმედება, ერთიდაიგივე პლატფორმა შეიძლება გამოყენებულ იქნას ორი დრონის მიერ და შენაცვლების მეთოდით უზრუნველყოს უწყვეტად მუშაობა.

ამ მიდგომას და გადაწყვეტას გააჩნია გარკვეული შეზღუდვები და ხელისშემშლელი ფაქტორები ამოცანის შესრულებისათვის, ესენია:

1. უამინდობა - განსაკუთრებით ქარი. ძლიერი ან სულაც საშუალო სიმძლავრის ქარი პირობებში შეუძლებელი იქნება დრონით ოპერირება. ასევე აღნიშნული პრობლემის გამო დასამუხტი პლატფორმა უნდა განთავსდეს რაც შეიძლება მყუდრო ადგილას, რათა არ მოხდეს ქარის მიერ მისი გატაცება და დაზიანება. ამავე დროს შეიძლება შენობის ან ხეობისთვის თავის დროებით შეფარება პლატფორმასთან ერთად.
2. ობიექტის აღმოჩენა/მოპარვა - მიუხედავად დრონის არც თუ ისე დიდი ზომისა იგი შეიძლება იყოს აღმოჩენილი მოწინააღმდეგის ან სულაც ვანდალების მიერ, რის შემდეგაც დიდი ალბათობით მოხდება მისი დაზიანება ანდა მოპარვა. ამ პრობლემის გარკვეულწილად მოგვარება შეიძლება მოწყობილობის შენიღბვით და ხმაურისა და სინათლის მაქსიმალური შეზღუდვით გამოყენებით. სამხედრო მოქმედებების დროს მნიშვნელოვანია რადიო გამოსხივების კონტროლი და მაქსიმალური შეზღუდვა, რათა არ მოხდეს მოწინააღმდეგის რადიოელექტრონული ბრძოლის საშუალებებისა და ქვედანაყოფების მიერ მისი აღმოჩენა და ადგილმდებარეობის დადგენა რადიო გამოსხივებით ან სულაც აქტიური რადიოლოკაციური სადგურების მიერ დაფიქსირება.
3. ტექნიკური შეფერხებისა და გაუმართა ოპერირებისას - მსგავს შემთხვევაში ერთადერთ გამოსავლად რჩება ფიზიკურად დაზიანებულ დრონთან მისვლა ან სხვა დრონის მიერ გაუმართავი მოწყობილობის გამოტანა.

არასტანდარტულ, საგანგებო/საომარ სიტუაციებში საკომუნიკაციო საშუალებების კავშირის გაუმჯობესების და მართვის ეფექტიანობის მათემატიკური მოდელი წარმოადგენს გამოსახულებას, რომელიც არის თეორიული გამოსახვა ნაშრომში წარმოდგენილი ახალი ტექნიკური გადაწყვეტისა.

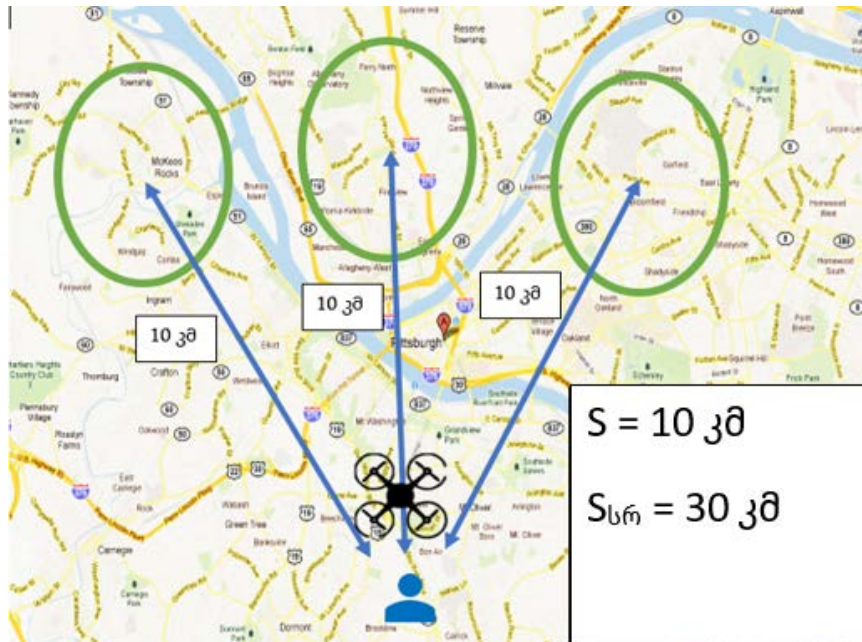
ჩვენ შემთხვევაში მნიშვნელოვანია ძირითადი მახასიათებლები:

1. მანძილი -  $s$  კმ/სთ, რომელსაც გადის დრონი მართვის A ცენტრიდან დანიშნულების ადგილამდე, სხვადასხვა რეკოგნოსცირებად ობიექტებამდე ან სათადარიგო პოზიციებამდე და პირიქით უკან დასაბრუნებლად სურათ 1.
2. დრო -  $t$  სთ, რომელიც სჭირდება მართვის A წერტილიდან დანიშნულების ადგილამდე, სხვადასხვა რეკოგნოსცირებად ობიექტებამდე ან სათადარიგო პოზიციებამდე და პირიქით უკან დასაბრუნებლად.

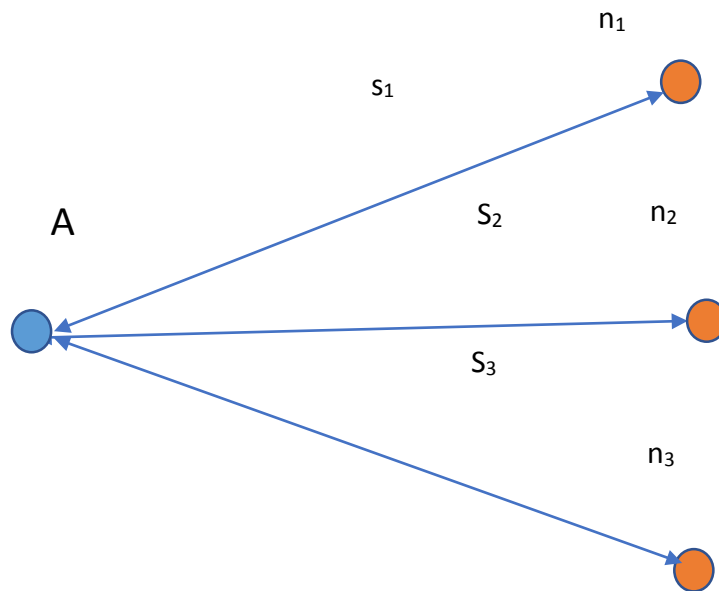
სურათ 1.-ზე გამოსახულია დრონის გადაადგილების ვექტორული მანძილი ( $S$  კმ/სთ), რომელსაც გადის დრონი საწყის A წერტილიდან დანიშნულების ადგილამდე, შესასრულებელი დავალებიდან გამომდინარე, რეკოგნოსცირებად ობიექტებამდე ან სათადარიგო პოზიციებამდე და პირიქით უკან დასაბრუნებლად. აღნიშნული სურათ 1. გვიჩვენებს იმ არსებულ მიდგომას - დრონს ტრანსპორტირებადი მზის დამტენის გარეშე საწყისი წერტილი და უხდება პირობითად 3 ობიექტის არსებობის შემთხვევაში გარკვეული მანძილით დაშორებულობის დროს, 3-ჯერ მისვლა საწყის წერტილზე იმისათვის რომ დაიტენოს ან ელემენტი შეიცვალოს და შემდეგ გააგრძელოს ამოცანის შესრულება. გამოსახულება გვიჩვენებს რომ, პირობითად 10 კმ მანძილის დაფარვა 3-ჯერ უხდება და ეს მოქმედება ზრდის ამოცანის შესრულების დროსა და მანძილს. სარეკოგნოსცირო ზონების გაზრდილი რაოდენობა პროპორციულად ზრდის ზედმეტად გაღებულ ხარჯს დროსა და სივრცეში ახალ მიდგომასთან შედარებით, რომელიც როგორც უკვე აღვნიშნეთ მოიცავს დრონის აღჭურვას საკუთარი გადასატანი დამტენით. გარდა ამისა, საომარ სიტუაციებში, სამხედრო ტაქტიკური საჭიროებისას, მოწინააღმდეგის ფრონტის სიღრმეში მოქმედების დროს დრონის მიერ ფრონტის გადაკვეთა გაცილებით მაღალი რისკის შემცველია აღმოჩენის და განადგურების თვალსაზრისით, ვიდრე მის სიღრმეში მოქმედება. სწორედ ამიტომ, ფრონტის ხაზის გადაკვეთის რაოდენობაში შემცირება პირდაპირპროპორციულად შეამცირებს მოწყობილობის



აღმოჩენის და დაკარგვის ალბათობას, რადგან საომარი მოქმედებების დროს ძირითადი ყურადღება ბუნებრივია ფრონტის ხაზზეა მიმართული.



სურათ 1.ა) დრონის ოპერირება არსებული მეთოდით.



სურათ 1.ბ) დრონის გადაადგილების გრაფიკული გამოსახულება არსებული მეთოდით.

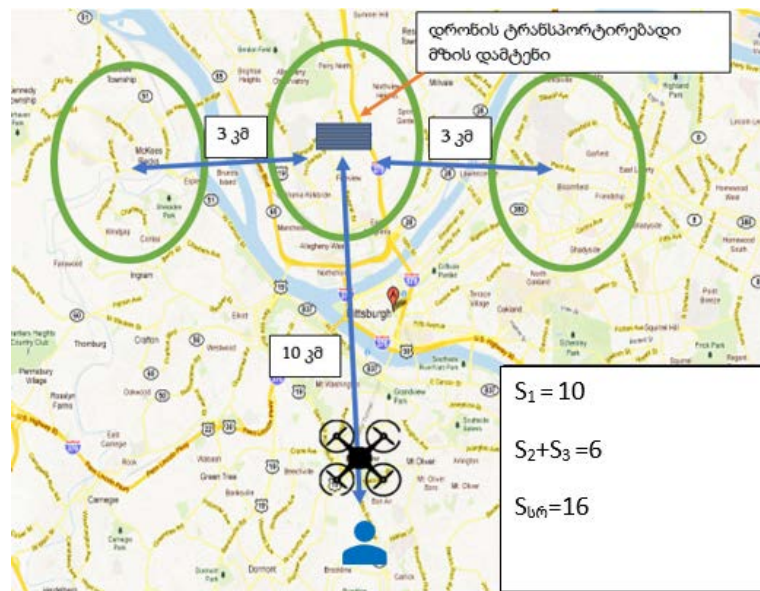
თუ მანძილს აღვნიშნავთ თითოეული n-ისთვის  $s_1, s_2, s_3$ , მაშინ დრონის მიერ ჯამურად გავლილი მანძილი შეგვიძლია გამოვსახოთ შემდეგი ფორმულით:

$$S_1 = 2(t_1 * n_1 + t_2 * n_2 + t_3 * n_3) = 2n_{საშ}t_{საშ}$$

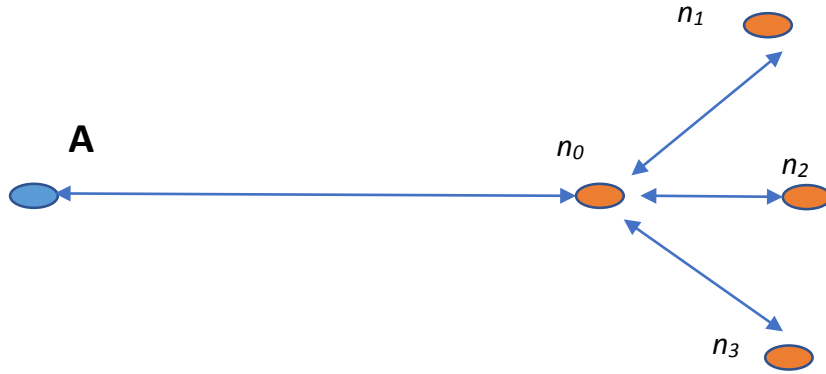
სადაც:  $n_{საშ} - n_1, n_2, n_3$  წერტილების საშუალო მნიშვნელობის ტოლია, ხოლო  $t_{საშ} - t_1, t_2, t_3$  დროის საშუალო მნიშვნელობაა. აქედან გამომდინარე რაც უფრო მეტი სამუშაო/დასაზვერი წერტილი გვექნება მით მეტი მანძილი იქნება დასაფარი საწყისი წერტილიდან დანიშნულების ადგილამდე და შესაბამისად მისი პროპორციული სიდიდე - დრო, მეტი იქნება საჭირო.

**მზის ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვის** შემთხვევაში აღნიშნული გამოსახულებას ექნება სურათზე 2 - ზე მოცემული სახე. დრონის გადაადგილების ვექტორული მანძილი (S კმ/სთ), რომელსაც გადის დრონი პირველი პუნქტიდან დანიშნულების ადგილამდე, შესასრულებელი დავალებიდან გამომდინარე, რეკოგნოსცირებად ობიექტებამდე ან სათადარიგო პოზიციებამდე და პირიქით უკან დასაბრუნებლად. აღნიშნული გამოსახულება გვიჩვენებს ახალ მიდგომას - მზის ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილ დრონს, რომელსაც საწყისი წერტილიდან უხდება მხოლოდ ერთხელ გადაადგილება (და უკან დაბრუნება მისიის ბოლოს) და დანარჩენი, პირობითად 3 ობიექტის რეკოგნოსცირება უკვე, იქვე ახლოს, ხელსაყრელ შუალედურ პოზიციაზე ბაზირებული დამტენიდან. ასეთ შემთხვევაში მოვიგებთ დროს და მანძილს გამომდინარე იქიდან, რომ მას აღარ მოუწევს 3-ჯერ მისვლა საწყის წერტილზე იმისათვის რომ დაიტენოს ან ელემენტი შეიცვალოს და შემდეგ გააგრძელოს ამოცანის შესრულება. სურათ 2 გამოსახულება გვიჩვენებს რომ, პირობითად 10 კმ მანძილის დაფარვა 3-ჯერ აღარ უხდება, რაც ამცირებს ამოცანის შესრულების დროსა და შესაბამისად მანძილს. ოპერაციის რაიონებში მისასვლელი მანძილის შემირების გამო პროპორციულად მცირდება ზედმეტად გაღებული ხარჯიც დროსა და სივრცეში ახალი

მიდგომით, რომელიც როგორც უკვე აღვნიშნეთ მოიცავს დრონის აღჭურვას საკუთარი გადასატანი დამტენით. ასევე მნიშვნელოვანია აღვნიშნოთ, რომ საომარ სიტუაციებში, სამხედრო საომარი მოქმედებების დროს, მოწინააღმდეგის ფრონტის სიღრმეში მოქმედებისას დრონის მიერ ფრონტის გადაკვეთა გაცილებით მაღალი რისკის შემცველია აღმჩენის და განადგურების თვალსაზრისით, ვიდრე მის სიღრმეში მოქმედება. სწორედ ამიტომ, ფრონტის ხაზის გადაკვეთის რაოდენობის შემცირება პირდაპირ პროპორციულად შეამცირებს მოწყობილობის აღმოჩენის და შესაბამისად განადგურების ალბათობას, რადგან ბრძოლის დროს ძირითადი ყურადღება ბუნებრივია ფრონტისკენაა მიმართული.



სურათ 2.ა) შხის ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილი დრონით ოპერირება.



სურათ2. ბ) მზის ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილი დრონით ოპერირების გრაფიკული გამოსახულება

მზის დამტენით ტრანსპორტირებადი დრონის მანძილზე დამოკიდებულების მათემატიკური მოდელი მიიღებს შემდეგ სახეს:

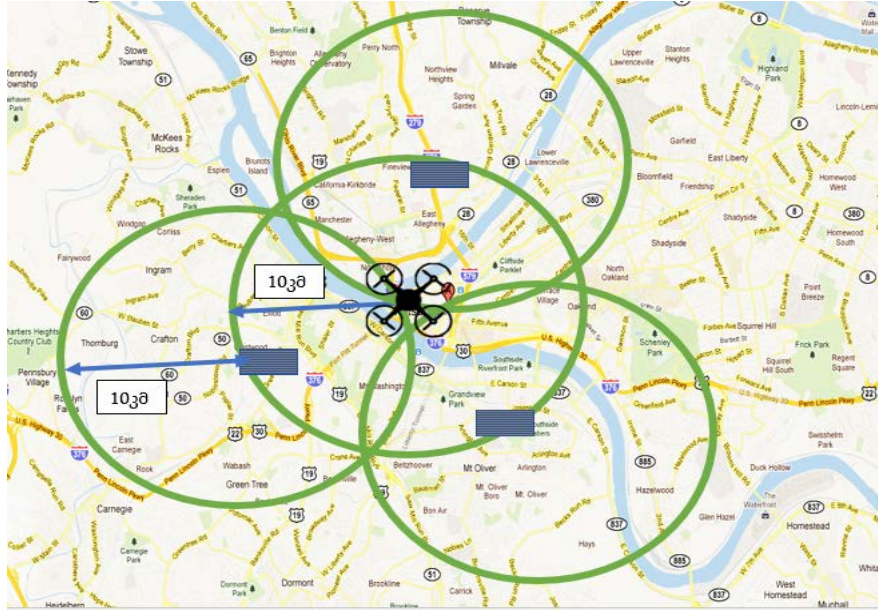
$$S_2 = 2t_0 * n_0 + 2t_1 * n_1 + 2t_2 * n_2 + 2t_3 * n_3 = 2n_{0საშ}t_{0საშ} + 2n_{საშ}t_{საშ}$$

სადაც:  $n_{0საშ}$  - დრონის ნულოვან წერტილში გადაადგილების საშუალო მნიშვნელობაა  $n_0$  წერტილიდან, ხოლო  $n_{საშ} - n_1, n_2, n_3$  წერტილებს შორის საშუალო მნიშვნელობის ტოლია. შესაბამისად  $t_{0საშ}$  - A წერტილიდან  $n_0$  წერტილში დროის საშუალო მნიშვნელობაა, ხოლო  $t_{საშ} - n_0$  წერტილიდან  $n_1, n_2, n_3$  წერტილებში გადაადგილების დროის საშუალო მნიშვნელობა.

ორივე მოდელის გათვალისწინებით, მანძილის ეფექტურობა გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$S_{ეფ} = S_1 - S_2$$

თვალსაჩინოებისთვის მოვიყვანთ აღნიშნული მათემატიკური მოდელების სხვადასხვა მახასიათებლებით შედარებას და ვაჩვენებთ რამდენად ეფექტურია მეორე მოდელი პირველთან შედარებით.



სურათ 3. მათემატიკური მოდელის ეფექტურობის კვლევისათვის შერჩეული პირველადი ტოპოლოგია

კვლევა განვახორციელეთ სხვადასხვა რაოდენობის კვანძებზე და სხვადასხვა დისტანციაზე. კვანძების რაოდენობა არის 3-დან ექვსის ჩათვლით. გადაცემის მანძილი 10კმ-დან 150კმ დიაპაზონში. ცხრილი 3 გვიჩვენებს მიღებულ შედეგებს, სადაც მუქი სტრიქონებით აღნიშნულია სტანდარტული მოდელით ნაჩვენები შედეგები.

ცხრილი 1. კვლევის შედეგები სტანდარტული მოდელით

კვანძების რაოდენობა $n$	$s_0$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$	$s_6$	$S_i$
3		100	120	90				620
4	110	10	10	20	30			360
5		100	120	90	80	130		1040
6		100	120	90	80	130	150	1340
<b>საერთო ჯამი</b>								<b>3360</b>

ცხროლ2. კვლევის შედეგები ახალი მოდელით

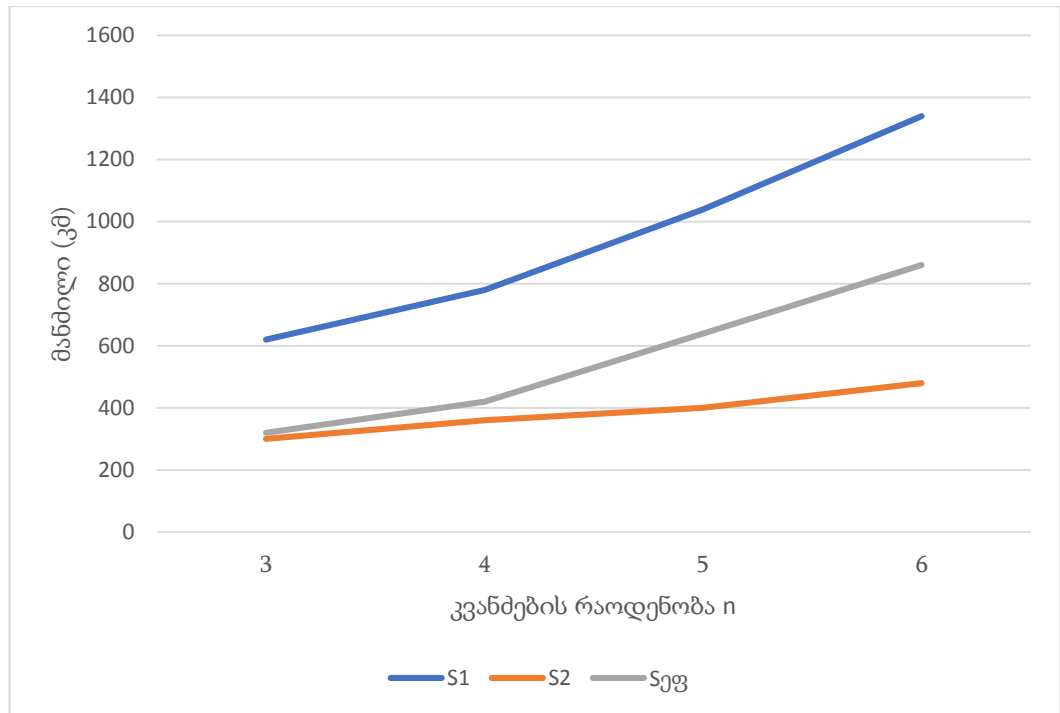
კვანძების რაოდენობა $n$	$s0$	$s1$	$s2$	$s3$	$s4$	$s5$	$s6$	$S_2$
3	110	10	10	20				300
4	110	10	10	20	30			360
5	110	10	10	20	30	20		400
6	110	10	10	20	30	20	40	480
საერთო ჯამი (კმ)								1540

თუ გავითვალისწინებთ, რომ  $S_{ეფ} = S_1 - S_2$ , მაშინ აღნიშნული ცხრილიდან შეგვიძლია მივიღოთ ეფექტურობის მაჩვენებელი.

ცხროლ3. ეფექტურობის მაჩვენებელი

კვანძების რაოდენობა $N$	$S_1$	$S_2$	$S_{ეფ}$
3	620	300	320
4	780	360	420
5	1040	400	640
6	1340	480	860

აღნიშნული ცხრილების შესაბამისად გრაფიკული გამოსახულება ნაჩვენებია სურათი 3-ზე



სურათ 3. S1, S2 და Sევ მნიშვნელობები კვანძებთან მიმართებაში

ჩვენს მიერ შემუშავებული მათემატიკური მოდელის ანალიზიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ რაც უფრო იზრდება ტრანსპორტირებადი დრონის მიერ დასაზვერი წერტილების (n) რაოდენობა, მით მეტად იზრდება ეფექტურობის მაჩვენებელი, რაც ნიშნავს, რომ ბევრად მცირდება მანძილი და შესაბამისად დროც, რომელიც საჭირო იქნება აღნიშნული მოწყობილობის ოპერირებისთვის.

## დასკვნა

წარმოდგენილ დისერტაციაში ჩვენ განვიხილეთ უსადენო Ad-hoc ქსელები, MANET-IoT-ის ტანდემი და საგანგებო/საომარ სიტუაციებში დისტანციურად ოპერირებადი მოწყობილობები.

გამოვიკვლიეთ მთავარი ფაქტორები, რომლებიც ხელს შეუწყობს არასტანდარტულ, საგანგებო/საომარ სიტუაციებში დისტანციურად

ოპერირებადი დრონის ეფექტიანობის გაზრდას და საკომუნიკაციო საშუალებების კავშირის გაუმჯობესებას და მართვის ეფექტიანობას.

შევიმუშავეთ მოდელი, რომელიც უზრუნველყოფს დისტანციურად ოპერირებადი დრონის ენერჯით უზრუნველყოფას ნებისმიერ რელიეფურ პირობებში იქაც კი სადაც ადამიანი ვერ ან არ მივა, შექმნილი საგანგებო ან საომარი სიტუაციიდან გამომდინარე. აღნიშნული მოდელი დამყარებულია სადაზვერვო და მარშრუტიზატორის ფუნქციით აღჭურვილ დრონზე, რომელსაც თვითონვე გადააქვს მზის უკაბელო დამტენი პლატფორმა, რაც მას მისცემს საშუალებას მართვის წერტილში დაბრუნების გარეშე შეასრულოს ამოცანა - დაიმუხტოს და გააგრძელოს ოპერირება თუნდაც გრძელვადიან პერსპექტივაში. ასეთი მიდგომა საშუალებას გვაძლევს გადავწყვიტოთ პრობლემა, რომელსაც შეიძლება დავარქვათ ენერგოდეფიციტი სამუშაოს შესრულების დროს, რომელიც გვზღუდავდა სივრცეში შორ ან მიუწვდომელ ადგილას მოქმედება. დრონისთვის ზემოთ აღნიშნული ფუნქციებისა და მახასიათებლების დამატება კიდევ უფრო საჭიროს და გამოსაყენებელს გახდის მას, როგორც სამხედრო ასევე სამოქალაქო მიმართულებით, მაგრამ ვინაიდან სამხედრო სპეციფიკა მოითხოვს ფარულ, გრძელვადიან, ხშირად ჩასაფრებულ და შეუმჩნეველ მოქმედებებს მიზანშეწონილი იქნება მივიჩნიოთ მისი გამოყენების ფართო არეალად.

შემუშავებულია ახალი პრაქტიკული გადაწყვეტა უკაბელო ტრანსპორტირებადი დამტენით აღჭურვილი დრონისათვის, რომელიც ხორციელდება MANET-IoT-ის შერწყმის საფუძველზე და აგებულია მათემატიკური მოდელი, რომლის ანალიზიც გვიჩვენებს, რომ რაც უფრო იზრდება ტრანსპორტირებადი დრონის მიერ დასაზვერი წერტილების (n) რაოდენობა, მით მეტად იზრდება ეფექტურობის მაჩვენებელი მანძილისა და დროის მახასიათებელი, რაც ნიშნავს, რომ ბევრად მცირდება მანძილი და შესაბამისად დროც, რომელიც საჭირო იქნება აღნიშნული მოწყობილობის ოპერირებისთვის.



თამად შეიძლება ითქვას, რომ აღნიშნული ნარკვევი წინ გადადგმული ნაბიჯია ამ მიმართულებით მომუშავე და დაინტერესებული ქართულ ენოვანი აუდიტორიისთვის, რადგან MANET-ზე ქართულად მასალები თითქმის არ მოიპოვება, შესაბამისად წარმოდგენილი დისერტაცია დაეხმარება ყველა დაინტერესებულ ადამიანს ინფორმაციის მიღებაში.

### მოხსენებები კონფერენციებზე

1. „საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები“ სტუ, 2021წ. თბილისი;
2. შუა აღმოსავლეთის საერთაშორისო კონფერენცია თანამედროვე სამეცნიერო კვლევების შესახებ. 2021წ. თურქეთი, ანკარა.

### გამოქვეყნებული ნაშრომები

1. ლ. ნოზაძე, ნ. არაბული. „MANET-ის ენერგოეფექტურობა და საიმედოობა“. სტუ–ს თემატური სამეცნიერო შრომების კრებული "მართვის ავტომატიზებული სისტემები". ISSN 1512-3979; N 1(32), Vol. 2. თბილისი 2021. 107-111 გვ.
2. ლ. ნოზაძე. „MANET-ის გამოყენება სამხედრო სფეროში“. სტუ–ს თემატური სამეცნიერო შრომების კრებული "მართვის ავტომატიზებული სისტემები". ISSN 1512-3979; N 1(32), Vol. 2. თბილისი 2021. 112-115 გვ.
3. ლ. ნოზაძე, ა. მიგინეიშვილი. „MANET-IoT ქსელების ერთობლივი გამოყენება ფიჭური დაფარვის ზონის მიღმა“. სამეცნიერო შრომების კრებული, საქართველოს დავით აღმაშენებლის სახელობის ეროვნული თავდაცვის აკადემია. ISBN 978-9941-8-2101-1; გორი 2020წ. 88-93 გვ.

## Abstract

### Develop a method for increasing the efficiency of drone-based MANET-IoT

The modern world requires even more capabilities from electronic devices and information systems. Technologies help people simplify life and make it safer and more comfortable. It is a glorious fact to invent a new, innovative way or approach, technique or technology, but no less important is their refinement and perfection. In the information age it is of the utmost importance to have information that must be timely, reliable and secure. Various modern means of communication and exchange of information help us in this matter. The issue we will address in the present paper is related to this very topic.

The aim of this study was to develop a method for increasing the reliability of long-distance communication, wireless and data-free means of transmission. Numerous scientific literatures were reviewed during the study and wireless transmission systems, tactical requirements of military communication, and specifics of drone use were examined. In addition, related topics and issues were explored during the study, which, in our opinion, may have been related to one of the topics of the study and therefore influenced the results of the study.

The aim of the presented dissertation is to study the concepts of MANET-IoT and to improve the means of data transfer using them in non-standard, emergency / war situations. Information collection-processing using wireless communication technologies and techniques. Providing a uninterruptible power supply for remotely operated drones, which will allow us to develop a method of increasing the efficiency of the use of this device and build an appropriate model. Wireless transmission systems, tactical requirements for military communication, specifics of drone use.

In order to achieve the set goal, the present scientific paper was based on both theoretical and empirical studies and the scientific basis for the analysis of the study of complex object processes. Theoretical and practical achievements, works and accumulated knowledge in modern science were studied and applied during the work on the topic. The paper uses general methods of theoretical and empirical research, such as: comparison, induction and deduction, scientific evidence, observations, measurements, modeling, etc.

The main factors that will help to improve the communication and management efficiency of the means of communication in non-standard, emergency / war situations have been researched, analyzed and established, and a mathematical model has been built; The main approaches to performance evaluation for remotely operated drones are explored. Developed information gathering and remote routing process using wireless communication technologies and techniques; A new practical

solution has been developed for a drone equipped with a wireless portable charger based on the MANET-IoT merger.

The colloquium presents the MANET-IoT tandem. Asking problems and solving them as effectively as possible with new approaches. The drone, on which we are based on MANET technology, is equipped with a solar-powered wireless charging platform, which can be transported by the aircraft itself. To prove the reliability and usefulness of the final product, we have developed a mathematical model according to which we know how much time and distance we learn with the new approach compared to the old one. These images are given in the main part of the paper.

It should be noted that no significant essays on MANET, one of the main components discussed in the paper, are sought in the Georgian language, which adds value to the paper and allows it to be useful as a Georgian related to the topic or module, or simply interested in Georgian. For the reader.

The article explains the main features and criteria of MANET, what are the pros and cons of this type of network. The main focus is on energy efficiency and reliability, which are the key issues that play the role of the Achilles heel in the development of mobile networks (and not only) and determine the viability and reliability of the network. Not many people now what is MANET, but this type of network is widely used in many smart gadgets and different portable or stationed devices. in this paper and presentation there is explained details and shown in high accuracy of as MANET as IoT, also there is some Engineering novelty. connected to drones. Latest events have shown how important and strong either tool or weapon should be a simple drone. There are different kind of drones with different functions and capabilities. Portable wireless charger is a supply that allows the drone to take it with its and land where the operation area is located. This one gives us more economy of time and battery life. Important part of dissertation is energy-efficiency and reliability of the system. That platform is suitable for use, especially in the military field. The drone should be with two main functions: surveillance and re-transmitter or router which should be used for long distance arrangement of drones used for surveillance and other objectives. I think this topic should be interesting for not only scientific but for open society.

In the case of a drone, it is possible to create a wireless charging system on the drone and a drone portable, solar-powered, seating platform that will have a connection to the drone.