



შავი ზღვის საერთაშორისო უნივერსიტეტი

კომპიუტერული ტექნოლოგიების და საინჟინრო ფაკულტეტი

**მანქანათა მარშრუტიზაციის მრავალ-დეპოიანი პრობლემის
ამოხსნის ეფექტიანობისა და წარმადობის გაზრდა (სამხრეთ
კავკასიის ლოგისტიკის ქსელის მაგალითზე)**

არტიომა მერაბიანი

კომპიუტერული მეცნიერების სადოქტორო დისერტაციის ავტორეფერატი

თბილისი, 2017

სამეცნიერო ხელმძღვანელი:

ირაკლი როდონია

(სახელი, გვარი)

(შავი ზღვის საერთაშორისო უნივერსიტეტის პროფესორი, დოქტორი

(აკადემიური წოდება)

(ხელმძღვანელის ხელმოწერა)

ექსპერტები (სახელი, გვარი & აკადემიური წოდება):

1. პროფესორ, დოქტორი ალექსანდრე მილნიკოვი



2. პროფესორ, დოქტორი ნოდარ მომცელიძე

3.

ოპონენტები (ექსპერტები (სახელი, გვარი & აკადემიური წოდება):

1. პროფესორ, დოქტორი გურამ ლეჟავა

2. პროფესორ, დოქტორი ბიბიგულ კოშოევა



3. ასოც. პროფესორ, დოქტორი ხათუნა ბარდაველიძე

შესავალი

დისერტაცია იკვლევს რეალური დროის ტრაფიკის მონაცემებს არასტაბილური სტოქასტური ქსელის ოპტიმალურ სატრანსპორტო მარშრუტიზაციას. ჩვენი მიზანია განვაკვიტოთ სისტემური მიდგომა რეალურ დროში საინფორმაციო ტექნოლოგიებთან ინტეგრირებული სატრანსპორტო სისტემების განხორციელებაში. VRP- ისა და TSP- ის სფეროებში ჩატარებული მრავალი კვლევის საფუძველზე ჩვენ შეგვიძლია განვახორციელოთ ისინი ჩვენი მეთოდოლოგიისათვის. ჩვენი კვლევის უპირველესი მიზანია ოპტიმალური მძღოლის დასწრების დროს განსაზღვრული გადაწყვეტილების მიღების პროცედურების შემუშავების გზების მოძიება ოპტიმალური გამგზავრების დროს და ოპტიმალური მარშრუტიზაციის პოლიტიკა სტოქასტური დროის შეცვლის ტრაფიკის ქვეშ. საქართველოში საგზაო ქსელის დაფუძნებულ კვლევებთან ერთად, ჩვენ ვგულისხმობთ მნიშვნელოვან უპირატესობებს ამ დანახარჯების გამოყენებისას დანახარჯებისა და სატრანსპორტო საშუალებების შემცირების თვალსაზრისით, ხოლო მომსახურების მიწოდების დაკმაყოფილების ან მომსახურების ხარისხის გაუმჯობესება მხოლოდ დროის უწყვეტი მიწოდებისათვის. ამგვარი სისტემების მარშრუტიზაცია და კონტროლი სატრანსპორტო და სატრანსპორტო საშუალებები უნდა გაკეთდეს უფრო ზუსტად და მარტივად. ეს იმას ნიშნავს, რომ ლოგისტიკის ინდუსტრიის ბევრ სექტორს შეუძლია გააუმჯობესოს მათი მუშაობა და მათი მომსახურება უფრო იაფი გახდეს, რაც გავლენას ახდენს საბოლოო მომხმარებლისთვის. ჩვენი ალგორითმი ადაპტირებულია და რეაგირებს სტოქასტური ეფექტისა და შეზღუდვების რაოდენობის რეალურ ლოგისტიკურ ქსელში.

მნიშვნელობა

ლოგისტიკური ქსელები და მათი ამოცანები დღესდღეობით ყველაზე მნიშვნელოვანი ადგილია ქართული ლოგისტიკური ქსელის სასიცოცხლო მნიშვნელობადან საერთაშორისო გადაზიდვების (აბრეშუმის გზა) მზარდი მოთხოვნის კონტექსტში. არსებული მზარდი მოთხოვნების დაკმაყოფილება ჯერჯერობით არ არის განვითარებული. უფრო მეტიც, ჩვენთვის ცნობილი ალგორითმული მეთოდები და ტექნიკა არ მოიცავენ საერთაშორისო გადაზიდვების (აბრეშუმის გზა) პრაქტიკულ და რეალურ საჭიროებებს. აქედან გამომდინარე, არსებობს აუცილებლობა ისეთი მიდგომებისა და მეთოდების შემუშავებისა, რომლებიც მთლიანად დააკმაყოფილებენ ზემოხსენებულ პრობლემებსა და ამოცანებს. ეს მიდგომები და მეთოდები უნდა გაიზარდოს ისე, რომ ლოგისტიკური ქსელის გამტარუნარიანობა და მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ეფექტის გენერირება მოახდინონ. თანამედროვე საზოგადოება

საჭიროებს მუდმივ ზრდას ტრანსპორტის მოცულობაში, საიმედოობის გაზრდაში და უსაფრთხოების ხარისხში. ეს მოითხოვს სატრანსპორტო ქსელის ინფრასტრუქტურის გაუმჯობესების ზრდას, მოქნილი, რეგულირებადი ლოგისტიკის სისტემაში. ამავდროულად, საინვესტიციო რისკი მნიშვნელოვნად იზრდება იმ შემთხვევაში, თუ სატრანსპორტო ქსელის განვითარება არ არის გათვალისწინებული, იმის გათვალისწინებით, რომ მისი მონაკვეთების დატვირთვის განაწილება გათვალისწინებულია. ამ ნიმუშების იგნორირება იწვევს ხშირი ფორმირების საცობებს, გადატვირთვის გარკვეული ხაზების და კვანძების ქსელის, ავარიებით გარემოს დაზიანებას. სატრანსპორტო ნაკადების თეორია შეიმუშავებს სხვადასხვა მეცნიერებების მეცნიერებმა - ფიზიკოსებმა, მათემატიკოსებმა, ოპერაციების კვლევის სპეციალისტებმა, ტრანსპორტირების სპეციალისტებმა და ეკონომისტებმა. რის შედეგადაც მოძრაობის პროცესების შესწავლის ფართო გამოცდილება დაგროვდა. თუმცა, ზოგადი დონის კვლევა და მისი პრაქტიკული გამოყენება არ არის საკმარისი.

თეორიული ღირებულება

როგორც ცნობილია, ფართო თეორიული მეთოდები არსებობს ამ სფეროში. თუმცა, ისინი ვერ დააკმაყოფილებენ ქართული ლოგისტიკური ქსელის პრაქტიკულ მოთხოვნებს, კერძოდ კი ახალი განვითარებული განზრახ აბრეშუმის გზის ლოგისტიკური ქსელის გავლენას. დღესდღეობით არსებული მეთოდოლოგიების უმეტესობა ვერ უზრუნველყოფს რეალური ლოგისტიკური ქსელების გადაწყვეტის სრულ სპექტრს. ეს თეორიული მიდგომა იქნება გამოყენებული როგორც პრაქტიკული და კონკრეტული ალგორითმების საფუძველი. მაგალითად, არსებული პარადიგმის, VRP- ის გაურკვეველობა და სტოქასტური ხასიათის სრულად არ არის ასახული. ამასთან დაკავშირებით თეზისი ახალ თეორიულ მიდგომებს (რეალური გარემო პრაქტიკული საჭიროებების აღრიცხვა) შეამუშავებს. ამგვარი პრობლემების გადაჭრა შეუძლებელია სატრანსპორტო ქსელების მათემატიკური მოდელირების გარეშე. მათემატიკური მოდელების ძირითადი ამოცანა არის სატრანსპორტო ქსელის ფუნქციის ყველა პარამეტრის განსაზღვრა და პროგნოზირება, როგორცაა ქსელის ყველა ელემენტზე მოძრაობის ინტენსივობა, საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ქსელში მოძრაობის მოცულობები, საშუალო მოძრაობის სიჩქარეები, დაგვიანებები და დროის დანაკარგები. ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, თეზისის მიდგომა განხორციელდა და დიდი მნიშვნელობა აქვს მომავალ კვლევებზე.

პრაქტიკული ღირებულება

შემდეგი კვლევის ძირითადი მიზანია გამოიძიოს არსებული მიდგომები მრავალპარტიული სატრანსპორტო საშუალების მარშრუტის პრობლემაში, გამოავლინოს თავისი ლოგისტიკური ქსელის პრაქტიკული საჭიროებების შესაბამისობა და ახალი ტექნიკისა და მეთოდების შემუშავება, რომლებიც დააკმაყოფილებენ ზემოთ აღნიშნული მოთხოვნების დაკმაყოფილებას. კერძოდ, თეზისი უნდა განვითარდეს შემდეგი საკითხები:

- თეორიული მიდგომა, რომელიც მართავს VRP- ს გაურკვევლობასა და სტოქასტურ ხასიათს რეალური ცხოვრების გარემოში.
- მათემატიკური მოდელები, რომელთაც შეუძლიათ ზუსტად შეაფასონ სატრანსპორტო სტოქასტური პარამეტრები, როგორცაა საგზაო ტომები, შემუშავება გამოწვეული დაგვიანებით და ა.შ.
- მოდელების, ალგორითმების შერწყმა და გამოყენებითი ტექნიკური საშუალებები, რომლებიც უზრუნველყოფენ პრაქტიკულად მისაღები ოპტიმალური მარშრუტების მიებას და მოწინავე ტექნოლოგიების გამოყენებას. გარდა ამისა, შემუშავებული ჩარჩო უნდა უზრუნველყოს მომხმარებლის მარშრუტების შეცვლა ერთდროულად და პარალელურად.
- ფართოდ გამოიყენება ALNS ალგორითმის მოდიფიკაცია (რაც არ შეიძლება გამოვიყენოთ გამოძიების ქვეშ მყოფი ლოგისტიკური ქსელების პრაქტიკულ საჭიროებებზე); ეს მოდიფიკაცია პირდაპირ უნდა იყოს საქართველოს სატრანსპორტო ქსელის პირობებში.
- შესაბამისი პროგრამირების ჩარჩო, რომელიც ეფექტურად ახორციელებს განვითარებულ ჰურეციკებსა და ალგორითმებს, ზუსტად უნდა იყოს შერჩეული ან შემუშავებული ნულიდან.
- დეტალური სტატისტიკური მონაცემების დეტალური კვლევა, რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ძირითადი საგზაო მახასიათებლების შესახებ (როგორც გზის შემუშავების ტიპები, დაგვიანებით და ა.შ.) ინტერესის სფეროებზე.

ამგვარი მონაცემების არარსებობის შემთხვევაში, დისერტაციაში უნდა შემუშავდეს განსაზღვრის საიმედო მეთოდები და ამგვარი ინფორმაციის მოპოვება.

- შერჩეული პროგრამირების საშუალებები, რომლებიც ხელს შეუწყობს პრაქტიკაში ეფექტიანად განხორციელებულ მეთოდებს.
- შემოთავაზებული მიდგომებისა და ალგორითმების ტექნიკური განხორციელება მაქსიმალურად უნდა იყოს ეფექტური.

სიახლე

შემუშავდა ალგორითმებისა და გამოყენებითი ხელსაწყოების ახალი კომპლექტი, რომელიც შემუშავებულია ოპტიმალური მარშრუტების ძიების შესახებ (ალტერნატიული პირობების გათვალისწინებით დაგეგმილი მარშრუტების გათვალისწინებით) და ავტონომიური კომპონენტების ანსამბლების ახალი ტექნოლოგიის გამოყენების შესახებ. კერძოდ, განვითარებული პროგრამის კომპლექსი მომხმარებლებს საშუალებას აძლევს შეცვალონ დროულად არსებული მარშრუტები ადგილობრივი ინფორმაციის საფუძველზე და აირჩიონ ყველაზე ხელმისაწვდომი მარშრუტები, რომლებიც ასახავს ადგილობრივ რეალურ სიტუაციას. განვითარებული კომპლექსის ორიგინალობა იმაში მდგომარეობს იმაში, რომ ყველა აუცილებელი გათვლებია ავტონომიური კომპონენტები, რომლებიც დაკავშირებულია კონკრეტული მანქანებით, მონაცემთა ბაზების ვირტუალურ მანქანებში. ეს საშუალებას აძლევს მომხმარებლებს შეცვალონ მარშრუტები ერთდროულად და პარალელურად ისე, რომ ავტომანქანებში ძვირადღირებული აპარატურის და პროგრამული უზრუნველყოფის ინსტალაციის გარეშე. მოგვიანებით მნიშვნელოვნად ამცირებს აუცილებელი გათვლების ხანგრძლივობას და ღირებულებას. დისერტაციაში შემუშავებული ტექნოლოგია ხელს შეუწყობს უპილოტო მანქანების მოძრაობის დაგეგმვის ეფექტურობასა და უსაფრთხოებას.

კვლევის მეთოდები

თეზისი გამოყენებულ იქნა შემდეგი მეთოდები:

- საჭირო მონაცემების შეგროვება და კლასიფიკაცია და შეფასება.
- კვლევაში ჩართული აუცილებელი მნიშვნელოვანი პარამეტრების მოპოვების მოდელირება და სიმულაცია.
- გლობალური ოპტიმიზაციის მეთოდების ინტენსიური გამოყენება.
- პროგრამების გადაწყვეტის ფართო სპექტრის განვითარება და გამოყენება.

თანამედროვე თანამედროვე ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებების დანერგვა შემოთავაზებული მოდელების და ალგორითმების მაქსიმალური ეფექტურობის უზრუნველსაყოფად, რამაც შესაძლოა მნიშვნელოვანი ხარჯების შემცირება გამოიწვიოს.

თეზისის შეზღუდვები

სომხეთისა და აზერბაიჯანის ლოგისტიკური ქსელების მონაცემების არარსებობის გამო ამ დისერტაციას საფუძვლად დაედება ქართულ ლოგისტიკური ქსელის რეალისტურ ინფორმაცია. თუმცა, ყველა განვითარებული მეთოდი და ალგორითმი შეიძლება გამოყენებული იქნას სომხეთისა და აზერბაიჯანის ლოგისტიკის ქსელში მნიშვნელოვანი ცვლილებების გარეშე.

თავი I - ლიტერატურის მიმოხილვა

პრობლემის განხილვა

დისერტაცია განიხილავს მარშრუტის სატრანსპორტო საშუალებების პრობლემებს დროთა განჯრებით რეალურ დროში. ოპერატიული მართვის ეფექტურობის გასაუმჯობესებლად, გამოიყენებს მობილური კავშირგაბმულობის ტექნოლოგიებზე დაფუძნებულ საინფორმაციო და საკომუნიკაციო სისტემებს. ეს მოიცავს, უპირველეს ყოვლისა, მობილურ კომუნიკაციას რეალურ დროში საკონტროლო ცენტრსა და მძღოლებს შორის. ჩვენი მიზანია მაქსიმალური ავტომატიზირება მარშრუტების დაგეგმვა და სატრანსპორტო საშუალებების შემდგომი კონტროლი და მათი მარშრუტის შესაძლო სირთულეების შესახებ ინფორმაციის მიწოდება. ალგორითმები და მეთოდები უნდა მუშაობდნენ სტაბილურად და სწრაფად, ტრანსპორტირების

სტოქასტური ხასიათის გათვალისწინებით და შესაძლო დაუგეგმავი დაგვიანებით. მაქსიმალური ავტომატიზაცია გულისხმობს, რომ თითოეული მანქანა აღჭურვილი უნდა იყოს GPS-ით და ყველა მძღოლს უნდა ჰქონდეს სმარტფონი, რომ მიიღოს ინფორმაცია მარშრუტების, გეგმებისა და შესაძლო სირთულეების შესახებ. ასე რომ datacenter-ს შეუძლია გააკონტროლოს პროცესის ნაკადი. როგორც ზემოთ აღინიშნა, თითოეული მანქანა უნდა იყოს დაკავშირებული ACE-ს და თითოეული AC დაუკავშირდეს თითოეულ სატრანსპორტო საშუალებას. ამკარაა, რომ ასეთი უზარმაზარი მეთოდი ვერ შეძლებს ყოველთვის დაასრულოს ყველა ამოცანა, რომელიც გამოწვეულია ტრანსპორტის სტოქასტური ხასიათის გამო. ამიტომ მიგვაჩნია, რომ ოპტიმალური გადაწყვეტა უახლოეს მომავალში უნდა მოხდეს, რათა შეამცირდეს კომპანიის მთლიანი დანახარჯები და მაქსიმალურად მოემსახუროს კლიენტებს ყოველდღიურად.

VRP

სატრანსპორტო მარშრუტიზაციის პრობლემა (VRP) უკვე გაანალიზებულია და აღწერილი. VRP არის უმძიმესი ოპტიმიზაციის კომბინატორიული პრობლემა. VRP წარმოდგენილი როგორც “რა არის ოპტიმალური მარშრუტი სატრანსპორტო საშუალებების ფლოტისთვის, რათა მოხდეს ამ მომხმარებლისთვის მიწოდება?” ამ პრობლემის რეალურ პირობებში გამოყენების სირთულე არის ტრაფიკის სტოქასტური ქცევა და უამრავი დამატებითი შეზღუდვა. ამ უკიდურესად რთულ კომბინატორულ ოპტიმიზაციის პრობლემისთვის შემოთავაზებულია ზუსტი და სავარაუდო ალგორითმები. ასეთი პრობლემებისადმი ინტერესი გამოწვეულია არა მხოლოდ მათი დიდი მნიშვნელობისა, არამედ გადაწყვეტილების სირთულესთან. ამ საკითხზე რამდენიმე მიმოხილვა და მონოგრაფია გამოქვეყნდა. ყველაზე მნიშვნელოვანია კ. დ. ქრისტოფიდის, გ. ლაპარტის, დღესდღეობით ტექნოლოგიები და სრულიად განსხვავებული მიდგომები, ამ სფეროში შექმნილია უამრავი ახალი კვლევა. სატრანსპორტო მარშრუტიზაციის პრობლემა ეხება ნებისმიერ ან ყველა საკითხს, სადაც საუკეთესო დახურული მარყუჟის სისტემის მეთოდები, რომლებიც სრულად განსხვავებულ ინტერესებს შეეხება, ისევე, როგორც ამ შემთხვევაში ქალაქებსა და

ქვეყნებში. დისერტაციაში მოცემულია VRP- ის გადაჭრის მრავალი განსხვავებული მიდგომა, განხილული და შემოთავაზებული.

TSP

თავად VRP ეფუძნება მოგზაურობის გაყიდვების პრობლემას (TSP), რომელიც გამოთვლითი მათემატიკის ერთ-ერთი ყველაზე ინტენსიური პრობლემაა. TSP- ის მთავარი პრობლემა მოგვარდება შემდეგნაირად: "თითოეული ქალაქების ქალაქებსა და დისტანციებზე სიარულის გათვალისწინებით, რა არის უმოკლეს მარშრუტი, რომელიც ეწვევა თითოეულ ქალაქს ზუსტად ერთხელ და უბრუნდება წარმოშობის ქალაქს?" მოგზაურე გამყიდველის პრობლემა (TSP) ერთ-ერთი ყველაზე მარტივია გასაგებია, თუმცა მაინც NP- ის რთული მარშრუტიზაციის პრობლემაა.

ამ პრობლემის მოგვარების სხვადასხვა ჰუმერისტიკა ასევე განიხილება, როგორცაა ჰერციკარსი *Insertion heuristics*, *Greedy heuristic*, *Nearest neighbor heuristics* *Christofide heuristic*, *Lin-Kernighan heuristics*, *Tabu* ბეზნა, *simulated annealing* და *Ant colonisation heuristics*.

ალგორითმები

გენეტიკური ალგორითმები (GAs) არის ადაპტური ძიების ალგორითმი, რომელიც ეფუძნება ბუნებრივი შერჩევისა და გენეტიკის ევოლუციურ იდეებს. როგორც ისინი წარმოადგენენ ოპტიმიზაციის პრობლემების გადაჭრის შემთხვევითი ძიების ინტელექტუალურ ექსპლუატაციას. GA- ს ძირითადი მეთოდები შემუშავებულია ევოლუციისათვის აუცილებელი ბუნებრივი სისტემების პროცესების სიმულაცია, განსაკუთრებით იმ პრინციპების დაცვით, რომლებიც პირველ რიგში ჩარლზ დარვინის მიერ "სიმახინჯის გადარჩენის" პრინციპების დაცვას ითვალისწინებენ.

CE (ჯვარედინი ენტროპიის) მეთოდი შეიძლება მოხსენიებული იყოს როგორც მოდელის დაფუძნებული ძიების ალგორითმი და საკმაოდ მარტივი, ეფექტური და ღირსეული საშუალებაა COP- ის რთული პრობლემების გადაჭრისა და შესწავლისათვის. CE მეთოდს აქვს ორი ეტაპი. პირველ რიგში იგი ქმნის რამოდენიმე შემთხვევითი მონაცემებს (საჭიროა კვლევებისთვის, როგორცაა მარშრუტები, კვანძები და ა.შ.) გარდა ამისა, იცვლება სტოქასტური მექანიზმის დაზუსტება ინფორმაციის მიხედვით და უფრო ოპტიმალური ნიმუში მოჰყვება შემდეგნაირად.

სიმულაციური თეორია CE ტექნოლოგია აჩვენებს კარგ შედეგებს განსაზღვრავს ზუსტი მათემატიკური მეთოდები რომლებიც გამომდინარეობენ სწრაფი და ოპტიმალური წესებით. მკვლევარებისთვის ასევე ადვილია ასეთი მიდგომა უკვე გამოყენებული მრავალი ოპტიმიზაციის პრობლემისთვის.

Branch and Bound (B & B) მეთოდოლოგია დღესდღეობით ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მიდგომაა კომბინატორული ოპტიმიზაციის ფართომასშტაბიანი NP რთული საკითხების გადაწყვეტისათვის. ოპტიმიზების განხორციელების საზღვრების განხორციელება დღევანდელ საუკეთესო შედეგთან ერთად საშუალებას აძლევს ალგორითმს გამოიყურებოდეს მხოლოდ ზომიერ პასუხად.

ევოლუციური ალგორითმები არის არაწრფივი შემთხვევითი ოპტიმიზაციის პრინციპის კლასი. მთავარი ევოლუციური ალგორითმის პრინციპი ეფუძნება ჩვენს ბუნებას. ამ ტიპის ალგორითმები ტენდენციას ეყრდნობიან ევოლუციის ძირითად იდეას. EA გამოთვლითი მიდგომები საჭიროა ბუნების კანონების და ევოლუციის რთული ოპტიმიზაციის პრობლემების გადასაჭრელად. ასეთი მიდგომა გამოიყენება ბევრ სფეროში, ძირითადად ოპტიმიზაციის პრობლემისა და სწავლის პრობლემისთვის. ოპტიმიზაციის მიზნით, პრობლემის არეალის ოპტიმალური გადაწყვეტის პოვნა. ოპტიმიზაციის პრობლემები და სწავლის პრობლემები ერთმანეთთან ურთიერთკავშირშია. ევოლუციური ალგორითმების მიხედვით, თითოეული ადამიანი მთელი მოსახლეობისათვის არის პრობლემის პოტენციური გადაწყვეტა.

ჩვენი დისერტაციისთვის გადავწყვიტეთ, ახალი მიდგომა აღმოვაჩინოთ ჩვენს ქალაქში (ან ქვეყანაში), სადაც შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს შეჯახების და საცობის ყველაზე დიდი ალბათობას. ტრანსპორტის სამინისტროს ან Google- ის ან სხვა სისტემების სტატისტიკური მონაცემების არარსებობის გამო, რომელსაც შეუძლია უზრუნველყოს ზუსტი სტატისტიკური მონაცემები ყველაზე გადაუჭრელი მარშრუტებისთვის, გადავწყვიტეთ, რომ თბილისში სიმულაციები გავატაროთ. რომელიც მოგვიანებით დაემატება ACE- ისა და datacenters- ს. სიმულაციის დახმარებით ყველაზე პრობლემური ზონები (მარშრუტები) გამოვლინდება.

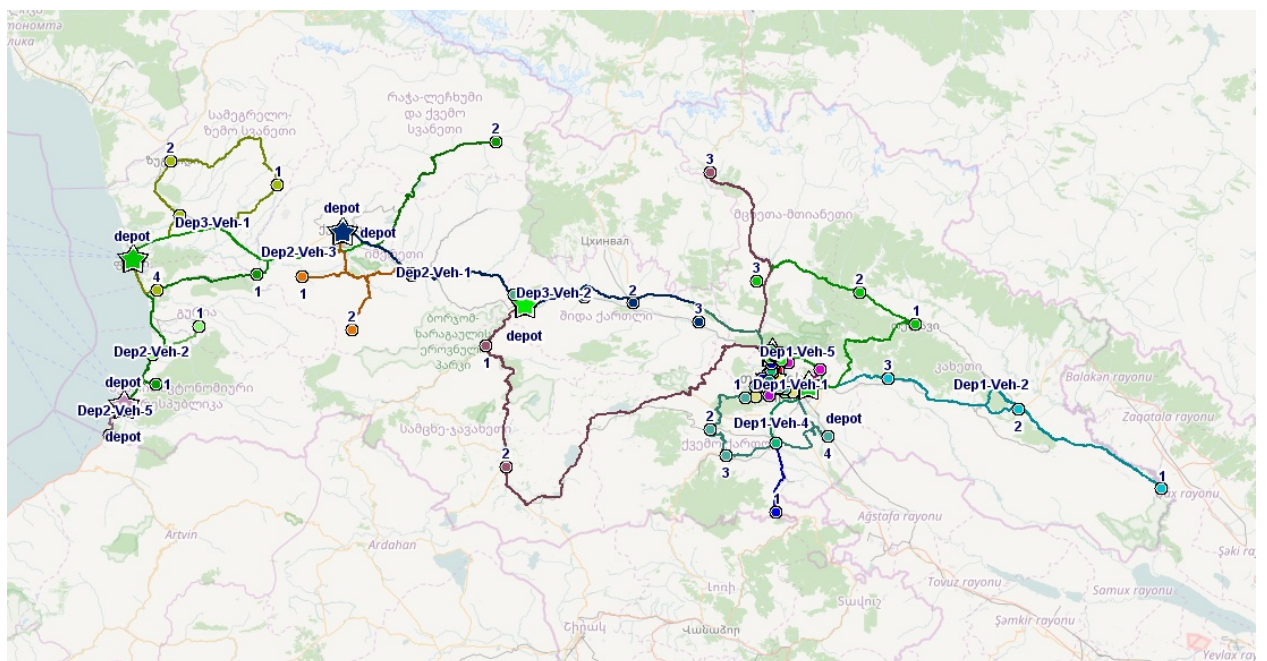
რა თქმა უნდა სიმულაციები, სტოქასტური რეალურ ცხოვრებასთან დაკავშირებული სიტუაციას არ იწინასწარმეტყველებენ, მაგრამ ამ სტატისტიკური მონაცემები MATsim გამოთვლებისგან მიიღება მონაცემთა ბაზისთვის.

შემოთავაზებულია ავტონომიური კომპონენტების ანსამბლების (ACE) იდეა, რომელიც შემოთავაზებულია რეალურ სამყაროში მრავალპროფილიანი სატრანსპორტო მარშრუტის დაგეგმვის დროს (MDVRPTW). ყველა მანქანა მიზნული იქნება თითოეული შესაბამისი ავტონომიური კომპონენტის AC (ვირტუალური მანქანა datacenter) და გაუზიარებს ელექტრონულ მონაცემებს ყველა სხვა მანქანას. გარდა ამისა, AC-ების გადაადგილება შეუძლია მარშრუტების შესასვლელად ალტერნატიული მარშრუტების მოსაძებნად, რაც საშუალებას მისცემს მანქანებს დროულად დააკმაყოფილონ ფანჯრები და, ამავე დროს, თავიდან აიცილონ გადატვირთული გზები. დოკუმენტში ასევე შემოთავაზებულია სატრანსპორტო საშუალებების დინამიური ანსამბლების შექმნის მოდელი.

კომპონენტების დეტალური აღწერა, კომპონენტების ცოდნა, პროცესები და ინტერფეისები მოცემულია.

თავი II მეთოდოლოგია

დაგეგმვის პირველი მარშრუტები



დისერტაცია იყენებს კვლევის თანამედროვე მეთოდებს, მათემატიკური მოდელების მშენებლობას, ადგილობრივი ძიებისა და კომპიუტერული სირთულის თეორიას, ისევე როგორც ექსპერიმენტული კვლევის მეთოდოლოგიას კომპიუტერული ტექნიკისა და კომერციულ პროგრამული პაკეტების გამოყენებით პროგრამირების პრობლემების გადაჭრის მიზნით. მარშრუტის ქსელის ჩამოყალიბება მნიშვნელოვანი ეტაპია ქალაქის ეფექტური სატრანსპორტო სისტემის განვითარებაში. რაციონალურად ჩამოყალიბებული მარშრუტის ქსელი რაციონალურად განვითარდება, რამდენადაც კარგად და ჰარმონიულად ინტეგრირებული იქნება ქალაქის სატრანსპორტო ქსელში, იმდენად მოსახლეობის და მომხმარებლის მომარაგებაც გაუჯობებს. მოსახლეობის მოტორიზაციის დონის ზრდასთან ერთად, გზებზე დატვირთვა იზარდა, რომლის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნაწილია სადისტრიბუციო და ლოგისტიკური კომპანიების სატრანსპორტო ფლოტი ზოგადად, სატვირთო გადაზიდვების მარშრუტზე მუშაობის სქემა შედგება ეტაპებისგან. პირველ რიგში აუცილებელია საქონლის გადაადგილებისა და საქონლის მიმღებსა და საგზაო სატრანსპორტო საწარმოებსა და მითითებულ პუნქტებს შორის უმოკლეს დისტანციებზე გადაადგილება ამ პუნქტებს შორის დისტრიბუციის წარმოება. ამის შემდეგ, ამ მანძილების გათვლა და გათვალისწინება. ბოლო ეტაპზე, გასათვალისწინებელია დროს ჩარჩოები რომლებში უნდა მოახერხონ მანქანების მდოლებმა მოაწოდონ პროდუქცია მომხმარებლებს. ამ შემთხვევაში, რა თქმა უნდა, ცნობილი უნდა იყოს დეპოს და მიმღებთა მისამართები, ტრანსპორტირების ტვირთის ნომრები და დასახელებები ისევე როგორც მანძილი ყველა გამგზავნისა და მიმღებს შორის.

თავი III MDVRPTW- ის გადაჭრის ადაპტირებადი რეალურ სამყაროს ალგორითმი

მგზავრობის დრო შეფერხებები ძირითადად ხდება, მოძრაობის შეფერხებების გამო, მაგალითად, საცობები პიკის საათებში. ინციდენტები, როგორცაა ავტომანქანის ავარია, ამინდი, გზის რემონტი, სპეციალური ღონისძიებები და სხვა. ამ ტიპის შეფერხებები იწვევს "არარეგულარული" საცობს, სადაც მისი მდებარეობა და სიმძიმე არაპროგნოზირებადია.

საცობების არსებობა და მათი თავისებურებები წინასწარ ცნობილი არ არის, თუმცა აღმოჩენილია მხოლოდ თავდაპირველი მარშრუტის დასასრული.

სატრანსპორტო მარშრუტების თავდაპირველი მარშრუტის შექმნა და მათი ადაპტაცია, ხდება სატრანსპორტო საშუალებების ცენტრალური საწყობიდან გასვლის შემდეგ, მარშრუტიზაცია განსაზღვრულია თავდაპირველი ფიქსირებული გეგმის საშუალებით. დროებითი დისპეჩერიზაციის მეთოდი გამოიყენება GPS ინდიკატორების გამოყენებით და ხელახლა ოპტიმიზაციის პროცედურა იწყება იმისთვის, რომ ახალი საგზაო მარშრუტების განსაზღვრა მოხდეს ყოველ ჯერზე მგზავრობისას ორ წერტილს შორის. სატრანსპორტო საშუალებებისთვის, რომლებიც მარშრუტების შეცვლის პროცესშია, datacenter-ები ქმნიან ხელოვნურ შუალედური გზის მონაკვეთებს.

განმეორებითი ოპტიმიზაციის ალგორითმი ხორციელდება გრაფაში, რომელიც ასევე შეიცავს ამ ხელოვნურ მონაკვეთებს.

თეორიული მიდგომა (პირველადი ეტაპის პასუხების მოძიება: თავდაპირველი (ყოვლისმომცველი) მარშრუტი ყველა დეპოსთვის, ყველა ზემოხსენებული ავტომობილისთვის), ხორციელდება ღია წყაროების ინსტრუმენტების მეშვეობით.(JRESP) ყველა მანქანა უნდა აკონტროლოს აგენტმა. Agent base ორიენტირებული მიდგომა შეასრულებს მარშრუტიზაციას და კოორდინირებას ონლაინ რეჟიმში. VRP- ის მოდელირება Agent base კოორდინაციამ შეიძლება მოიტანოს რიგი უპირატესობები მარშრუტიზაციის სფეროში.

Agent base მიდგომა მოიცავს განაწილებული გამოთვლების შესაძლებლობას, სხვადასხვა მომხმარებლების მონაცემების კომპლექსებთან დაკავშირების შესაძლებლობას, რეაგირება მოახდინოს ადგილობრივი რეალურ საგზაო სიტუაციაში და რეალურ დროში (ონლაინ რეჟიმში) დაგეგმვისა და მარშრუტიზაციის შესაძლებლობებზე.

მეთოდოლოგია

MDVRPTW პრობლემის გადაჭრის ადაპტაციური ალგორითმი ნაჩვენების დისრტაციაში. რეალური სიტუაციები, ისევე, როგორც გზების მრავალფეროვანი შეფერხების ტიპები, მკაცრად გააზრებული და ალგორითმის ფარგლებში. გადატვირთვის პერიოდის შეფასების რეალისტური და საიმედო გზების დაძლევის ტენდენცია გვაქვს იმისათვის, რომ გამოვიყენოთ MatSim ფართომასშტაბიანი აგენტის

დაფუძნებული სიმულაციური ინსტრუმენტი. ეს ინსტრუმენტი საშუალებას აძლევს მომხმარებელს შექმნას და აწარმოოს რთული სიმულაციური მოდელები, რომლებიც ძალიან ახლოს არიან რეალურ სამყაროში. ჩვენი მიდგომა ახორციელებს დამატებით უნარშეზღუდულ ელემენტებს ანსამბლების კონცეფციას. ყველა მანქანა უკავშირდება შესაბამისი ავტონომიური კომპონენტის AC (ვირტუალურ მანქანას datacenter) და სხვადასხვა ტიპის სატრანსპორტო საშუალებებთან გაცვლას. გარდა ამისა, აისი დანიშნულია მარშრუტები, რათა მოძებნოთ შესაფერისი ალტერნატიული მარშრუტები, რომლებიც შეცვალონ ავტომობილის დროებითი ფანჯრების მოთხოვნების დაკმაყოფილება და, ამავე დროს, თავიდან აიცილონ გადატვირთული გზები. ადაპტური ალგორითმს შეუძლია გადართვა და პოულობს ალტერნატიულ მარშრუტზე რამდენიმე მანქანას პარალელურად, რაც ხელს შეუწყობს შემოთავაზებული მიდგომის შესრულებას.

აღწერილობაში იყო აღწერილი MDVRPTW- ის განხილვა (დროებით Windows- ის მრავალპროფილიან სატრანსპორტო მარშრუტიზაციის დაგეგმვა). თავდაპირველი ყოველდღიური გეგმა მიღებულ იქნა ადაპტაციური დიდი სამეზობლო ძიების გამოყენებით (ALNS) და Bound Heuristics. მაგრამ ეს თავდაპირველი გეგმა მხოლოდ კომპლექსური გადაწყვეტის პირველი ეტაპია. სინამდვილეში, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ეს არის იდეალური გზა საგზაო მოძრაობისთვის, არ განიხილავს უამრავი რეალისტური გარემოთი, როგორც საგზაო შემთხვევებისა და ასე შემდეგ. ეს არ შეიძლება ჩაითვალოს, როგორც მისაღები გადაწყვეტა რეალური ცხოვრების ტრაფიკის მოდელით. საგზაო ქსელის სწრაფი რაოდენობის გაზრდისა და საგზაო ქსელის შეზღუდული შესაძლებლობების გამო, სატრანსპორტო მოძრაობა ყოველდღიური პრობლემა გახდა.

სატვირთო შეფერხების გამო დიდი შეფერხების მიზეზი ძალიან ძვირია იმ კომპანიებისათვის, როგორებიცაა ლოჯისტიკური სერვისები და სადისტრიბუციო კომპანიები, რომლებსაც ყოველდღიურად ვატარებთ. კონკრეტულ შემთხვევაში, ასეთა დაგვიანებებმა შეიძლება გამოიწვიოს მასიური ხარჯები დამატებით სატრანსპორტო ოპერატორებზე და დამატებითი სატრანსპორტო საშუალებების გამოყენებაზე, ხოლო თუ ისინი არ აღრიცხავს ავტომობილის მარშრუტის გეგმის ფარგლებში, ისინი იწვევენ მომხმარებელთა დაგვიანებით ჩამოსვლას ან მართვის

წესების დარღვევას. აქედან გამომდინარე, საგზაო ჯამების აღრიცხვა მოიცავს მასიური პოტენციალურ ღირებულებათა დაზოგვას. ჩვენ შევქმენით ALNS ალგორითმის მოდიფიკაცია (დაწერილი იესტრში).

სატრანსპორტო ლოგისტიკის სფეროში გადაწყვეტილების მხარდამჭერი სისტემების ერთ-ერთი ძირითადი ფუნქცია არის სატრანსპორტო ქსელზე სხვადასხვა მიზნებისათვის შემოვლითი მარშრუტების ღირებულების თვალსაზრისით ეფექტური გამოთვლა და მშენებლობა.

ჩვენი ალგორითმი ითვალისწინებს კავშირების გაბერვის ალბათობას, დაკავებული მარშრუტების გათავისუფლების ალბათობის შეფასებას. ჩვენი მოდიფიკაციის ალგორითმი შეუძლია დაგეგმოს მარშრუტები ნებისმიერი დაწყებული და დასრულების კვანძების. რეალურ დროში ადაპტაციის უზრუნველსაყოფად შემოთავაზებული ჰუმერაზია იყენებს ავტონომიური კომპონენტების (AC) და ავტონომიური კომპონენტების ანსამბლების კონცეფციას (ACE). ACS წარმოადგენს ერთეულებს ერთგულ ცოდნასა და რესურსებს, რომელთაც შეუძლიათ ითანამშრომლონ სხვადასხვა გამოთვლებით. ასევე დინამიურად ორგანიზებული არიან აგვ-ში. ACE- ის AC წევრები უკავშირდებიან ურთიერთდამოკიდებულების ურთიერთკავშირს პრედიკატებს.

შემოთავაზებული ადაპტური ალგორითმის ფსევდო-კოდი:

input: nsp: number of service points; RTW[nsp]: required time windows array;
PH[29]: planning horizon (starting and ending times);
nv: amount of available vehicles; np: amount of given characteristics of vehicles;
VP[nv,np]: vehicles characteristics array;
TCMD: travel and congestion management database ;
SRD: MatSim simulation results database;

Output: nr: amount of generated routes; RI[r]: set of generated routes;

NSSP: amount of successfully served service points;

OSSP: amount of overdue (delayed) serviced service points

1. **while** CurrentTime < PH[29] **do:**

2. spatial-temporal event occurs (a vehicle arrives to a service point at a certain time)
3. $t \leftarrow$ current time
4. $i \leftarrow$ number of a vehicle arrived to some service point at time t

5. $j \leftarrow$ number of service point SP at which the vehicle V_i arrived at time t
6. $r \leftarrow$ number of route along which the vehicle V_i travels at time t
7. $k \leftarrow$ number of SP, connected to SP_j in route r
8. $MCong[j,k] \leftarrow$ congestion status of arc A_{jk}
9. $TW[r,j] \leftarrow$ required time window for the service point j in the route r
10. $CT_{jr} \leftarrow$ type of congestion;
11. $tcong_{jr}^0 \leftarrow$ starting time of congestion occurrence
12. $tcong_{jr}^{clear} \leftarrow$ expected time of congestion clearance
13. $\varphi \leftarrow$ congestion duration; $c \leftarrow$ road non- congested capacity; $\rho \leftarrow$ road capacity during the congestion; $q \leftarrow$ arrival rate of vehicles to the congested arc
14. Autonomic component AC_i receives a message from vehicle V_i
15. $CDW_{jr} \leftarrow$ cost to pay the driver that waits at the service point SP_j and executes the route r (see formula 1)
16. $CTW_{kr} \leftarrow$ cost (penalty) of violation the time windows assigned to the SP_k when executing the route r (see formula 1)
17. **if** $CDW_{jr} \leq CTW_{kr}$ **then**
18. decision: wait at SP_j
19. **else**
- decision: reschedule and generate new route r^*
(by using the modified ALNS algorithm)
21. **end if**
22. **if** r^* **is null then**
23. decision: wait at SP_j
24. **end if**
25. Nssp++ or Ossp++
23. store obtained results to TCMD
24. **end while**
25. display obtained results

თავი IV Deeco-ს გამოყენება

შემოთავაზებულია ავტონომიური კომპონენტების ანსამბლების (ACE) იდეა, რომელიც შემოთავაზებულია რეალურ სამყაროში მრავალპროფილიანი სატრანსპორტო მარშრუტის დაგეგმვის დროს Windows- თან (MDVRPTW). ყველა მანქანა გამოიყენება თითოეული შესაბამისი ავტონომიური კომპონენტის AC (ვირტუალური მანქანა datacenter) და გაზიარება ელექტრონული მონაცემები ყველა სხვა მანქანა. გარდა ამისა, AC- ების გადაადგილება შეუძლია მარშრუტების შესასვლელად ალტერნატიული მარშრუტების მოსაძებნად, რაც საშუალებას მისცემს მანქანებს დროულად დააკმაყოფილონ ფანჯრები და, ამავე დროს, თავიდან აიცილონ გადატვირთული გზები. დოკუმენტში ასევე შემოთავაზებულია სატრანსპორტო საშუალებების დინამიური ანსამბლების შექმნის მოდელი (დეკონსტრუქტურის

გადაუდებელი ანსამბლები) მოდელირება. კომპონენტების დეტალური აღწერა, კომპონენტების ცოდნა, პროცესები და ინტერფეისები მოცემულია.

წინა ნაწილში ჩვენ ვთვლიდით, რომ ადაპტური ალგორითმი გადაჭარბებული დროებით ავტომობილის მარშრუტის დაგეგმვის დროის Windows (MDVRPTW) პრობლემის მოსაგვარებლად. ჰურეზირიზმი მიზნად ისახავს რეალური რეალურ სამყაროში სცენარის განვითარებას, ისევე როგორც მრავალფეროვანი საცობების ნაირსახეობების არსებობას. საცობი წარმოადგენს უმნიშვნელოვანესი არსებულ ფაქტორებს MDVRPTW პრობლემის პროდუქტიული და პრაქტიკულად მისაღები გადაწყვეტისათვის. საგზაო ჯემი სერიოზული დაგვიანებით იწვევს.

კომპონენტის ცოდნა გამოირჩევა სხვა კომპონენტებისა და გარემოს ინტერფეისების საშუალებით (ხაზები 5, 60). ინტერფეისი (მაგ., ხაზები 1-2) წარმოადგენს კომპონენტის ცოდნის ნაწილობრივ ხედვას. კერძოდ, ერთი კომპონენტის ინტერფეისი შეიძლება გადაფარვასა და მრავალ კომპონენტს შეუძლია უზრუნველყოს იგივე ინტერფეისი, რაც საშუალებას მისცემს კომპონენტების პოლიმორფულობას.

შემადგენელი პროცესები არსებითად რბილი რეალურ დროშია, რაც კომპონენტის ცოდნის მანიპულირებაა. პროცესი ხასიათდება როგორც ფუნქცია (ხაზები 23-27), რომელიც დაკავშირებულია შეყვანისა და გამოგონების ცოდნის ველების სიასთან (ხაზი 21,22). პროცესის ექსპლუატაციას ახორციელებს Runtime ჩარჩოები და მოიცავს ყველა შეყვანის ცოდნის დარგში ატომური გზით მიღებას, პროცესის ფუნქციის გამოთვლას და ატომებს ყველა გამომავალი ცოდნის დარგში.

გამოგონების აქტიური კომპეტენციის მქონე კავშირი ფრჩხილებში, კომპონენტური პროცესები ექვემდებარება ციკლური დისპეჩერიზაციას, რომელიც კვლავ მართავენ Runtime Runtime [22]. პროცესი შეიძლება დაგეგმილი იყოს პერიოდულად (ხაზის 74), ანუ, განმეორებით შესრულებული ამ პერიოდის განმავლობაში, ან გამოიწვია (ხაზი 28), ანუ შესრულებული, როდესაც დინამიური მდგომარეობა დაკმაყოფილებულია.

1. **interface** RouteSegmentsCongestionAware:

2. initialSP, routeSegment, congestionStatus, expectedCongestionInducedDelay

3. **interface** RouteSegmentAvailabilityAggregator:

4. position, timetable, routeSegmentsAvailability

5. **component** Vehicle **features** RouteSegmentAvailabilityAggregator:

6. **knowledge:**

7. position = GPS(...),

```

8.     currentSP=(position, ...),
9.     routeSegmentsAvailability=List<segmentsStatus>
10.    timetable = List<TimeWindowsForSPs>,
11.        route = {
12.            List<SPs>,
13.            onSchedule=TR
14.            isFeasible=TRUE
15.        },
16.    expectedCongestionInducedDelay=(...),
17.    vehicleParameters=List<Parameters>,
18.    costDriverWaitPayment=(...),
19.    costViolationTimeWindows=(...)

20.    process computeNewRoute:
21.        in routeSegmentsAvailability, in timetable,
22.        inout route
23.        function:
24.            if (!route.isFeasible  $\wedge$  (costDriverWaitPayment
25.                >costViolationTimeWindows))
26.                route  $\leftarrow$  ME.ALNS.computeRoute (position, timetable,
27.                    routeSegmentsAvailability)
28.        scheduling: periodic(2000)

29.    process checkRouteFeasibility:
30.        in route, in position, in timetable, in routeSegmentsAvailabilities,
31.        out route.isFeasible
32.        function:
33.            route.isFeasible  $\leftarrow$  ME.checkRouteFeasibility (route, position, timetable,
34.                routeSegmentsAvailabilities)
35.        scheduling: triggered(changed(routeSegmentsAvailabilities)  $\vee$ 
36.            changed(onSchedule))

37.    process computeCostDriverWaitPayment:
38.        in routeSegment,
39.        in CongestionInducedDelay,
40.        in vehicleParameters,
41.        out CostDriverWaitPayment
42.        function:
43.            CostDriverWaitPayment $\leftarrow$  ME.computeCostDriverWaitPayment(routeSegment,
44.                vehicleParameters, CongestionInducedDelay)
45.        scheduling: triggered(changed(changed(routeGenerated.isFeasible)  $\vee$ 
46.            changed(onSchedule)  $\vee$ 
47.            changed(routeSegmentsAvailabilities) )

48.    process computeCostViolationTimeWindows:
49.        in routeSegment,
50.        in CongestionInducedDelay,
51.        in vehicleParameters,
52.        out costViolationTimeWindows
53.        function:
54.            costViolationTimeWindows  $\leftarrow$ 
55.                ME.computeCostViolationTimeWindows(routeSegment,
56.                    CongestionInducedDelay, vehicleParameters)
57.        scheduling: triggered(changed(changed(routeGenerated.isFeasible)  $\vee$ 
58.            changed(onSchedule)  $\vee$ 
59.            changed(routeSegmentsAvailabilities) )

```

```

60. component RouteSegmentsCongestion features RouteSegmentsCongestionAware:
61.   knowledge:
62.     initialSP=(...),
63.     endSPs =List<adjacentSPs>,
64.     routeSegment =(initialSP, endSP ∈ endSPs),
65.     segmentAvailability=(...),
66.     congestionStatus=[congestionStatus, type, startingTime,
67.                       expectedCongestionClearanceTime,
68.                       congestionClearanceProbability],
69.     expectedCongestionInducedDelay=(...)

70.   process observeSegmentAvailability:
71.     out segmentAvailability
72.     function:
73.       segmentAvailability ← MessageFromVehicle.getSegmentCurrentAvailability
74.     scheduling: periodic(1000)

75.   process computeCongestionInducedDelay:
76.     in routeSegment,
77.     in congestionDuration, in segmentNonCongestedCapacity,
78.     in segmentCongestedCapacity, in arrivalRate,
79.     out CongestionInducedDelay
80.     function:
81.       CongestionInducedDelay ←
82.         ME.computeCongestionInducedDelay(routeSegment,
83.         congestionDuration, segmentNonCongestedCapacity,
84.         segmentCongestedCapacity)
85.     scheduling: triggered(changed(congestionStatus) )

```

ანსამბლი ახორციელებს დინამიკას სავალდებულო კომპონენტებს შორის და ამგვარად განსაზღვრავს მათ კომპოზიციას და ურთიერთქმედებას. დეკორში, კომპოზიცია არის ბინა, რომელიც გამოიხატება ანდუმში დინამიური ჩართულობით. ანსამბლის მონაწილე კომპონენტებს შორის, ყოველთვის ასრულებს ანსამბლის კოორდინატორის როლს, ხოლო სხვები კი როლს თამაშობენ. ეს განისაზღვრება დინამიურად (სამუშაო ჩარჩოს ამოცანა) ანსამბლის წევრობის პირობით.

```

1.   ensemble UpdateRouteSegmentAvailabilityInformation
2.     coordinator: RouteSegmentAvailabilityAggregator
3.     member: RouteSegmentsCongestionAware
4.     membership:
5.       ∃ vehicle ∈ coordinator. routeSegmentsAvailability:
6.         isAvailable(member.routeSegmentsAvailability)==TRUE
7.     knowledge exchange:
8.       coordinator: routeSegmentsAvailability ← member. routeSegmentsAvailability
9.       coordinator: expectedCongestionInducedDelay ← member.
10.        expectedCongestionInducedDelay

```

11. scheduling: periodic(2000)

An examples of a *component* definition has the form of a Java class:

```
1. @DEECoComponent
2. public class Vehicle extends ComponentKnowledge {
3.     public Position position;
4.     public ServicePoint currentSP
5.     public List< TimeWindowsForSPs > timetable;
6.     public Map<ID, segmentsStatus > routeSegmentsAvailability
7.     public Route route;
8.     public Delay expectedCongestionInducedDelay;
9.     public List <vehicleParameters> vehicleParameters
10.    public Cost costDriverWaitPayment,
11.    public Cost costViolationTimeWindows

12. public Vehicle() {
13.     // initialize the initial knowledge structure reflected by the class fields
14. }

15. @DEECoProcess
16. public static void computeNewRoute(
17.     @DEECoIn("routeSegmentsAvailability ") @DEECoTriggered Map<...>
18.         routeSegmentsAvailability
19.     @DEECoIn("timetable") List< TimeWindowsForSPs > timetable,
20.     @DEECoInOut("route") Route route
21. ) {
22.     // re---compute the vehicle's route if it's infeasible
23. }

24. @DEECoProcess
25. @DEECoPeriodScheduling(2000)
26. public static void checkRouteFeasibility (
27.     @DEECoIn("route") Route route,
28.     @DEECoIn("timetable") List< TimeWindowsForSPs > timetable,
29.     @DEECoIn("position") Position position,
30.     @DEECoOut("route.isFeasible") OutWrapper<Boolean> isRouteFeasible
31. ){
32.     // determine feasibility of the route
33. }
34. ....
35. }
```

კომპონენტის განმარტებას აქვს Java კლასის ფორმა (იხილეთ ზემოთ კოდი). ასეთი კლასის აღნიშვნა @DEECoComponent ანოტაცია და ვრცელდება ComponentKnowledge კლასის. კომპონენტის თავდაპირველი ცოდნის სტრუქტურა გადალახულია კლასიდან არა-სტატიკურ დარგებში (ხაზები 3-11). დროს runtime, ამ საწყის ცოდნა სტრუქტურა ინიციალიზაცია მეშვეობით სტატიკური ინიციალიზატორების მეშვეობით ან კონსტრუქტორი კლასის (ხაზები 12-14). კომპონენტის პროცესები

განისაზღვრება, როგორც კლასიფიკაციის საჯარო სტატიკური მეთოდები, @DEECoProcess (მაგ., ხაზები 15-23).

პროცესის შეყვანისა და გამოყვანის ცოდნა წარმოდგენილია მეთოდების პარამეტრებით.

პარამეტრები აღინიშნება ერთ-ერთ ანოტაციებზე @DEECoOut ან @DEECoOutOut, რათა განისაზღვროს პროცესის შეყვანისა და გამოყვანის ცოდნის დარგში (მაგ., ხაზები 17-20). თითოეული ანოტაცია ასევე მოიცავს ცოდნის სფეროს იდენტიფიკატორს, რომელიც ასოცირებული მეთოდის პარამეტრი წარმოადგენს.

როდესაც არასამთავრობო სტრუქტურული ცოდნის სფერო წარმოადგენს პროცედურის არარსებობას / ცოდნას, ასოცირებული მეთოდის პარამეტრია ტექნიკური მიზეზების გამო (რომელიც დაკავშირებულია ჯავის უძრავ ნივთთან), რომელიც შედის OutWrapper ობიექტის შიგნით (მაგ., ხაზი 30). პროცესის პერიოდული დაგეგმვა განისაზღვრება პროცესის მეთოდის @DEECoPeriodicScheduling ანოტაციის საშუალებით, რაც ითვალისწინებს მისი პარამეტრით (ხაზის 25) მილიწამებში გამოხატული პერიოდი. გამოიწვია დაგეგმვა განისაზღვრება @DEECoTriggered მეთოდის პარამეტრის ანოტაცია, რომლის შეცვლაც გამოიწვევს პროცესის აღსრულებას (ხაზები 17-19).

დასკვნა და სამომავლო სამუშაოები

MDVRP- ის მთავარი მიზანია დისტანციის შემცირება და დისტანციის შემცირების საფუძველზე, ასევე მთელი მოგზაურობის საერთო ხარჯების შემცირება, ზოგიერთი ეფექტური ჰუმერისტიკის გამოყენება ამ პრობლემის მიმართ. არსებობს VRP და TSP- ის გადაჭრის მრავალი მეთოდი ზუსტი მეთოდებით, რომლებიც აღწერილია ამ თეზისში. მაგრამ ასეთი მეთოდებით ოპტიმალური გადაწყვეტილებები არ შეიძლება მიღებული იყოს ძალიან ბევრი შეზღუდვა და რეალური ცხოვრების გარემოს სირთულე. ასეთი შეზღუდვები, როგორც ადამიანური ფაქტორი და სატრანსპორტო საცობი არ განიხილება უმეტესი ჰუმერისტიკის თვალსაზრისით. ადრე ამ თეზისი LNS და ALNS და მათი გაგრძელება მოკლედ განმარტა. ორივე მეთოდი აქვს დიდი პოტენციალით, მაგრამ მაინც არ არის საკმარისი რეალურ მსოფლიო ტრანსპორტის

პრობლემების განხორციელებაზე. თუმცა, ზოგადად, ეს მოცემული ჰუმერიკა კარგად მუშაობს დანაწევრების გადაწყვეტილებებთან. შემოთავაზებული იქნა მრავალი ძლიერი მეტაპერიოლოგია, როგორც ტაბუს ძიებისა და გენეტიკური ალგორითმი. მაგრამ მხოლოდ მრავალი მიდგომისა და ჰუმერისტიკის მიღებით და დანერგვით შეგვიძლია მივიღოთ სასურველი შედეგები. ჩვენს დისერტაციაში ჩვენ შემოგვთავაზეთ ჰუმუსიზმი, რომელსაც შეუძლია ოპტიმალური გადაწყვეტილებების მიღება. ჩვენ მიგვაჩნია, რომ ჩვენი მიდგომა ხელს შეუწყობს ლოგისტიკის დარგში ჩვენი ქვეყნის მდგომარეობას ამ სფეროში.

ჩვენს თეზში შესწავლილი და შემუშავებული იქნა შემდეგი ნივთები:

- თეორიული მიდგომა, რომელიც ითვალისწინებს VRP-ს რეალური ცხოვრების გარემოს გაურკვევლობასა და სტოქასტურ ბუნებას სატრანსპორტო სფეროში
- მათემატიკური მოდელები, რომლებიც განსაზღვრავენ და განსაზღვრავენ სატრანსპორტო ქსელის ფუნქციონირების ყველა პარამეტრს, როგორცაა სატრანსპორტო ინტენსივობა ყველა ქსელურ ელემენტზე, საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ქსელში მოძრაობის მოცულობებში, მოძრაობის სიჩქარის საშუალო სიჩქარით (დაგვიანებით გამოწვეული დაგვიანებით) .
- შემუშავებულია ალგორითმებისა და გამოყენებითი ხელსაწყოების კომპლექტი, რომლებიც გაერთიანებულია ავტონომიური კომპონენტების ანსამბლების ახალი ტექნოლოგიის ოპტიმალური მარშრუტებისა და გამოყენებისათვის ცნობილი ალგორითმების გამოყენებასთან. განვითარებული პროგრამის კომპლექსი მომხმარებლებს საშუალებას აძლევს დროულად შეცვალონ არსებული მარშრუტები ადგილობრივი ინფორმაციის საფუძველზე და აირჩიონ ყველაზე ხელმისაწვდომი მარშრუტები, რომლებიც ასახავს ადგილობრივ რეალურ სიტუაციას. კომპლექსი ასევე საშუალებას აძლევს მომხმარებლებს შეცვალონ მარშრუტები ერთდროულად და პარალელურად ისე, რომ ავტომანქანებში ძვირადღირებული აპარატურის და პროგრამული უზრუნველყოფის დამონტაჟების გარეშე.

- ალკოჰოლური ალგორითმის მოდიფიცირება ALNS, რომელიც შემოთავაზებულია და განხორციელდა ავტონომიური კომპონენტების მხრიდან (ვირტუალური მანქანების) ნაწილობრივი მარშრუტების დაგეგმვა.
- გამოყენებული იქნა ალგორითმების მოდიფიცირების სსრწმინდის ჩარჩო ჩარჩო. ჯავის ენაზე დაყრდნობით, ეს ჩარჩო საშუალებას იძლევა მოხერხდეს აღწერო და საჭირო გადაწყვეტილებების მიღება.
- გადატვირთული პერიოდის შეფასების რეალისტური და საიმედო გზების გადალახვა ჩვენ გვაქვს ტენდენცია MatSim- ის ფართომასშტაბიანი აგენტის დაფუძნებული სიმულაციური საშუალებით. ეს ინსტრუმენტი საშუალებას მოგვცემს შევასრულოთ კომპლექსი სიმულაციური მოდელი, რომელიც ძალიან ახლოს არის რეალურ სამყაროში.
- შეთავაზებული იქნა და შემუშავდა დეკომო მოდელის განხორციელება სატრანსპორტო საშუალებების დინამიური ანსამბლები და არაგაბარითული მარშრუტების სეგმენტებში.

ნაშრომი თეორიული და ექსპერიმენტული ხასიათისაა. მიღებულია სხვადასხვა მარშრუტიზაციის პრობლემების ახალი თვისებები, მათემატიკური მოდელები ცნობილია და ახალი მათემატიკური მოდელები იქმნება, შემუშავებულია გადაწყვეტის რიცხვითი მეთოდები. განვითარებული მეთოდები ხორციელდება პროგრამების კომპლექტად. მათ აჩვენეს მათი ეფექტურობა და შეიძლება გამოყენებულ იქნას დიდი ზომის პრაქტიკული პრობლემების მოგვარებაში

პუბლიკაციების ნუსხა

- 1) Prangishvili A, Shonia O, Rodonaia I, Merabiani A., (2017) Adaptive Real-World Algorithm of Solving MDVRPTW (Multi Depots Vehicle Routing Planning with Time Windows) Problem. *International Journal of Transportation Systems*, is.(2), p.1-6

- 2) Rodonaia I., Merabian A. (2016) Real-world applications of the vehicle routing problem in Georgia., *Journal Technical Science & Technologies (JTST)* IBSU vol. 5, is. (2) p.40 - 44
- 3) Merabiani A. (2017) Application of DEECO Framework to MDVRPTW Problem. "Automated Control Systems" (Online-Journal) is. N1(23)
- 4) Rodonaia I., Rodonaia M., Merabiani A. (2017) Application of Autonomic Component Ensembles Methods and Cloud Computing to MDVRPWTM Problem *Journal Technical Science & Technologies (JTST)* IBSU vol. 6, is. (1) p.30 -36