

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

## ვაჟა დოგრაშვილი

შეზღუდული მობილობის მგზავრების სატრანსპორტო მომსახურების  
გაუმჯობესება ლოგისტიკური მიდგომების გამოყენებით

მიმართულება/სპეციალობა: 0407ინჟინერია/ტრანსპორტი

ტრანსპორტის დარგში ინჟინერიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარმოდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

ქუთაისი 2019

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფესორი ფრიდონ გოგიაშვილი

რეცენზენტები: ოთარ გელაშვილი -საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,  
პროფესორი

აკაკი გირგვლიანი -აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,  
პროფესორი

დისერტაციის დაცვა შედგება 2019 წლის 05 ნოემბერს 14<sup>00</sup>საათზე

საინჟინრო - ტექნიკური ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს მიერ შექმნილ

სადისერტაციო კომისიის სხდომაზე. მისამართი: 4600. ქუთაისი. თამარ მეფის

ქ. 59, I კორპუსი აუდ. №1114.

დისერტაციის გაცნობა შესაძლებელია აკაკი წერეთლის სახელმწიფო

უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკაში მისამართზე: 4600. ქუთაისი. თამარ მეფის ქ. 59.

ავტორეფერატი დაიგზავნა “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_

(თარიღი)

სადისერტაციო საბჭოს

მდივანი, ასოც. პროფესორი

\_\_\_\_\_ /ნ. სახანბერიძე/

(ხელმოწერა)

## სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

**თემის აქტუალობა.** ქალაქის ეკონომიკის უმნიშვნელოვანეს სფეროს წარმოადგენს საქალაქო სამგზავრო გადაყვანები, მაგრამ ამჟამად ის სრულად ვერ აკმაყოფილებს საქართველოს ქალაქების ყველა მცხოვრებლებისა და სტუმრების მოთხოვნებს. მაგალითად, გართულებულია შეზღუდული შესაძლებლობის პირთა სატრანსპორტო მომსახურება. მათ საკმაოდ უმძიმით, ხოლო ზოგჯერ არ შეუძლიათ ისარგებლონ საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტით, რადგანაც ისინი აღჭურვილნი არ არიან ჩასხდომა-ჩამოსხდომის სპეციალური მოწყობილობებით.

შეზღუდული მობილობის პირთა (შმპ) სატრანსპორტო მომსახურების სპეციფიკა მდგომარეობს შემდეგში: აუცილებელია საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტისა და სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ობიექტების აღჭურვა სპეციალური საშუალებებით, რომლებიც უზრუნველყოფს მათ მოხერხებულ, უსაფრთხო და საიმედო ტრანსპორტაბელურობას.

თანამედროვე ეტაპზე სატრანსპორტო სისტემა, ლოგისტიკური მიდგომის პოზიციიდან გამომდინარე, საჭიროებს სამგზავრო გადაყვანების მართვის ეფექტურ ღონისძიებათა კომპლექსის დამუშავებას. ტრანსპორტზე ლოგისტიკური პრინციპების გამოყენება საშუალებას მოგვცემს განსაზღვრული დანახარჯებით მივიღოთ მგზავრების მომსახურების მაღალი დონე, მათი უსაფრთხო, საიმედო და უწყვეტი მიყვანა განწყის დროის მიხედვით დანიშნულ ადგილზე.

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის გენერალური ანსამბლიის მიერ 2006 წლის 13 დეკემბერს მიღებული კონვენცია ინვალიდების უფლებების შესახებ ითვალისწინებს, რომ მონაწილე-სახელმწიფოებმა სათანადო ზომები მიიღონ რათა შეზღუდული შესაძლებლობის მქონე ადამიანებისათვის სატრანსპორტო მომსახურება გახდეს ხელმისაწვდომი.

ამჟამად როგორც საქართველოში, ასევე სხვა ქვეყნებში აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს შეზღუდული შესაძლებლობის ადამიანების სოციალური რეაბილიტაცია. ერთერთ მნიშვნელოვან ამოცანას მიეკუთვნება უსაფრთხოების ნორმატივების გათვალისწინებით ინვალიდების ტრანსპორტაბელურობის უზრუნველყოფა საზოგადოებრივი ტრანსპორტის გამოყენებით, აგრეთვე სატრანსპორტო და საგზაო ინფრასტრუქტურის ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფა. დღესდღეობით აღნიშნული პრობლემების ინოვაციური გადაწყვეტა მოითხოვს სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების ჩატარებას.

საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტის ლოგისტიკური სისტემის მართვაში, ლოგისტიკის თეორიისა და მოდელების, აგრეთვე ლოგისტიკური მიდგომების გამოყენებით მოსახლეობის სხვადასხვა ჯგუფისათვის და მათ შორის შეზღუდული მობილობის პირთათვის, სატრანსპორტო უზრუნველყოფის გაუმჯობესებული ეფექტური სისტემის დანერგვა განსაზღვრავს ნაშრომის აქტუალობას, რომელსაც ექნება თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა საქართველოს ქალაქების, რეგიონებისა და მთლიანად ქვეყნის ეკონომიკისათვის.

**კვლევის მიზანი და ამოცანები.** სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის მიზანს წარმოადგენს ლოგისტიკური მიდგომით საქალაქო სამგზავრო გადაზიდვების მართვის სისტემის ეფექტურობის გაზრდა და შეზღუდული მობილობის პირთა სატრანსპორტო უზრუნველყოფის ლოგისტიკური სისტემის ფორმირების მეთოდოლოგიის დამუშავება. მიზნის მიღწევის შედეგად საქართველოს ქალაქებისათვის მივიღებთ საიმედო, ეკონომიურ, უსაფრთხო და ეკოლოგიურად სუფთა საქალაქო სამგზავრო სატრანსპორტო სისტემას, რომელიც ორიენტირებული იქნება ყველა ფენის მოქალაქეებზე, მათ შორის შეზღუდული შესაძლებლობის ადამიანებზე, მაშასადამე მთლიანად საზოგადოების ინტერესებზე.

მითითებული მიზნის მისაღწევად აუცილებელია გადაიჭრას შემდეგი **ამოცანები**:

- შეზღუდული შესაძლებლობის პირთა გადაყვანების ორგანიზაციისა და მართვის საზღვარგარეთული გამოცდილების ანალიზის ჩატარება;
- სამგზავრო ტრანსპორტით მომსახურების სფეროში თანამედროვე ლოგისტიკური ტექნოლოგიების გამოყენების თავისებურებების გამოკვლევა;
- საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტით გადაზიდვებზე მოსახლეობის შეზღუდული მობილობის ჯგუფის მოთხოვნათა დონის შეფასება;
- საქალაქო სამგზავრო გადაზიდვების მართვის პროცესის გაუმჯობესების მოდიფიცირებული მოდელისა და ლოგისტიკური მიდგომის გამოყენებით მათი გადაწყვეტის ალგორითმის დამუშავება;
- საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტის ლოგისტიკურ სისტემაში შეზღუდული შესაძლებლობის პირთა უსაფრთხო ტრანსპორტაბელურობისათვის საჭირო სატრანსპორტო საშუალებებისა და სპეციალური მოწყობილობების რაოდენობების განსაზღვრის მეთოდის დამუშავება;
- შეზღუდული შესაძლებლობის მქონე ადამიანების სატრანსპორტო მომსახურებაზე საინფორმაციო-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების ტიპური სისტემების დამუშავება;
- საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტით შეზღუდული შესაძლებლობის პირთა სატრანსპორტო მომსახურების ლოგისტიკური სისტემის გაუმჯობესების ღონისძიებების დამუშავება.

**კვლევის საგანს** წარმოადგენს ქალაქის ფარგლებში საზოგადოებრივი ტრანსპორტით მოსახლეობის სხვადასხვა ჯგუფის, მათ შორის შეზღუდული შესაძლებლობის პირთა, გადაყვანების პროცესი.

**კვლევის ობიექტს** წარმოადგენს ქ. ქუთაისის საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტის ლოგისტიკური სისტემა შეზღუდული შესაძლებლობის პირთა მოთხოვნილებისა და გადაყვანების უზრუნველყოფის კუთხით.

**კვლევების მეთოდები.** კვლევების ჩასატარებლად გამოყენებული იქნა სტატისტიკის გამოყენებითი და სპეციალურად დამუშავებული კომპიუტერული პროგრამები, სტატისტიკური ანალიზის, მათემატიკური და ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელირების აგრეთვე სოციოლოგიური გამოკითხვებისა და მგზავროთნაკადების განსაზღვრის ნატურალური კვლევის მეთოდები.

ექსპერიმენტული კვლევები ჩატარდა სახმელეთო საქალაქო საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მარშრუტებზე.

კვლევების ყოველ ეტაპზე გამოყენებული იქნება კომპიუტერული, ვიდეო-აუდიო ტექნიკა და თანამედროვე ინოვაციური ტექნოლოგიები.

**კვლევის სამეცნიერო სიახლე** მდგომარეობს ლოგისტიკური მიდგომების საფუძველზე, შეზღუდული მობილობის პირების გადაყვანების გათვალისწინებით, საქალაქო სამგზავრო სატრანსპორტო სისტემის გაუმჯობესების თეორიულ-მეთოდური ასპექტების და სამეცნიერო-პრაქტიკული რეკომენდაციების დამუშავებაში.

ავტორის მიერ დისერტაციაში მიღებული შედეგების სამეცნიერო სიახლეს წარმოადგენს:

1. შეზღუდული შესაძლებლობის პირების საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტის მომსახურების მოთხოვნილების დონეზე და მისაწვდომობაზე ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე, განისაზღვრა მათი გადაყვანების ლოგისტიკური ჯაჭვის ყველა ელემენტი, რომლებიც გავლენას ახდენს საქალაქო ინფრასტრუქტურის მისაწვდომობის დონეზე.

2. ლოგისტიკური მოდელის მიხედვით დამუშავებულია შეზღუდული შესაძლებლობის პირების მჭიდრო დისლოკაციის ადგილებში გამავალი სპეციალიზირებული მარშრუტის სქემა.

3. გამოყენებული ეკონომიკურ -მათემატიკური მოდელის საფუძველზე შექმნილი საანგარიშო ალგორითმით, შშპ-ის გადაყვანებზე მინიმალური ლოგისტიკური დანახარჯების მიხედვით, განისაზღვრება კონკრეტულ მარშრუტზე მოძრავი შემადგენლობისა და „სოციალური ტაქსის“ რაოდენობის ოპტიმალური თანაფარდობა.

4. გენეტიკური ალგორითმის საფუძველზე შექმნილია მგზავრთა გადაყვანების მართვის პროცესის ოპტიმიზაციის მეთოდი საქალაქო ავტობუსების მოძრაობის განრიგის საკონტროლო სისტემით „GPS-ავტობუსი-ინტერნეტი-დისპეჩერი“, რომლითაც შესაძლებელია:

- მარშრუტზე გასაშვები მოძრავი შემადგენლობის ოპტიმალური რაოდენობის განსაზღვრა;

- თითოეული ავტობუსებისათვის ოპტიმალური განრიგის დადგენა, საგზაო სიტუაციის მიხედვით განრიგისა და მოძრაობის სიჩქარის კორექტირება;

- მოძრაობის გრაფიკის დარღვევის მიზეზის დადგენა.

**პრაქტიკული ღირებულება.** კვლევის შედეგებისა და რეკომენდაციების გამოყენება საქალაქო სამგზავრო გადაყვანების ლოგისტიკური სისტემის მართვის პროცესში გაუმჯობესებს საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტის მართვის სისტემას და შედეგად გაიზრდება ქალაქის მოსახლეობის, მათ შორის შეზღუდული მობილობის პირთა, სატრანსპორტო მომსახურების ხარისხი;

დისერტაციაში მიღებულ შედეგებს და რეკომენდაციებს აქვს სამეცნიერო - პრაქტიკული ღირებულება, საქართველოს ქალაქებში მცხოვრებთათვის, მათ შორის შეზღუდული შესაძლებლობის პირთათვის სატრანსპორტო და საგზაო ინფრასტრუქტურის მისაწვდომობის უზრუნველყოფაში.

პროექტის განხორციელების შედეგად შექმნილი ინტელექტუალური პროდუქტის გამოყენების ძირითადი სფეროებია:

-სახელმწიფო მართველობითი ორგანოები, ქალაქის მუნიციპალიტეტის ტრანსპორტის განყოფილებები, ავტოსატრანსპორტო გადამზიდავი ფირმები და ინდივიდუალური მეწარმეები:

- საქალაქო სამგზავრო გადაზიდვების მართვის გაუმჯობესების პრობლემებზე მომუშავე სამეცნიერო-კვლევითი და უმაღლესი დაწესებულებები;
- უმაღლესი სასწავლო დაწესებულების ტრანსპორტის მიმართულებით სტუდენტების სასწავლო პროცესი.
- სასწავლო-ლაბორატორიული და ტრანსპორტის მენეჯერთა მომზადება-გადამზადების ტრენინგ-ცენტრები.

**სამუშაოს აპრობაცია.** სადისერტაციო კვლევის ძირითადი დებულებები და შედეგები წარმოდგენილი იყო სამეცნიერო მოხსენებებსა და გამოსვლებში:

1. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საინჟინრო ტექნიკური ფაკულტეტის მშენებლობისა და ტრანსპორტის დეპარტამენტის ტრანსპორტის მიმართულების სამეცნიერო-პრაქტიკულ სემინარებზე (ქ. ქუთაისი 2015-2018 წწ.);
2. IX საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე (ქ. კატოვიცე, პოლონეთი 2018 წ.);
3. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკულ კონფერენციაზე „სატრანსპორტო ხიდი ევროპა-აზია“ (ქ. ქუთაისი, საქართველო 2017 წ.).

**გამოქვეყნებული მასალები.** დისერტაციის მასალების მიხედვით გამოქვეყნებულია 4 ნაშრომი, მათ შორის ერთი “Scopus”-ის მონაცემთა ბაზაში შემავალ საერთაშორისო ჟურნალში “ TRANSPORT PROBLEMS”, ერთი ERISH PLUS-ის მონაცემთა ბაზაში შემავალ საერთაშორისო ჟურნალში „JUVENIS SCIENTIA“. აღნიშნული ჟურნალები რეკომენდირებულია აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საინჟინრო-ტექნიკური ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს მიერ.

**სამუშაოს სტრუქტურა და მოცულობა.** დისერტაცია შედგება ოთხი თავისაგან და შეიცავს 8 ცხრილს, 21 ნახაზს, 2 დანართს და ლიტერატურის 114 დასახელებას. საერთო მოცულობა შეადგენს 154 გვერდს.

### სამუშაოს შინაარსი

**შესავალში** დასაბუთებულია თემის აქტუალობა, განსაზღვრულია კვლევის მიზანი, საგანი და ობიექტი, მოყვანილია კვლევის ამოცანები, სამუშაოს სამეცნიერო სიახლე და პრაქტიკული ღირებულება.

**პირველ თავში** დახასიათებულია საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტით მომსახურების მართვის სისტემების ანალიზი, ჩამოყალიბებულია კვლევის მიზანი და ამოცანები. სამგზავრო საავტომობილო გადაყვანების ორგანიზაციასა და მართვასთან დაკავშირებული საკითხები მოცემულია როგორც საქართველოსა და საზღვარგარეთელი სპეციალისტების ნაშრომებში, ასევე საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ასოციაციების ანგარიშებში. მათში განხილულია:

- მგზავრთა გადაადგილების მოთხოვნილების, გადაყვანებისა და მარშრუტების, სამარშრუტო ქსელში საავტომობილო გადაყვანების ორგანიზების ტექნოლოგიური

ამოცანების გადაწყვეტის საკითხები, ტარიფების განსაზღვრა და საბილეთო სისტემის ორგანიზაცია, სამგზავრო საავტომობილო ტრანსპორტის კონტროლი და მუშაობის აღრიცხვა;

- საზოგადოებრივ ტრანსპორტი აუცილებელად ხელმისაწვდომი უნდა იყოს ყველასთვის, განსაკუთრებით კი სოციალურად დაუცველთათვის. ამასთანავე აუცილებელია საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ადაპტირებული სისტემებით აღჭურვა, რომ სხვადასხვა კატეგორიის მომხმარებლები იყვნენ მაქსიმალურ კომფორტში;

- შეზღუდული მობილობის პირთა (შმპ) სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ობიექტებთან ხელმისაწვდომობა;

- შმპ გადაყვანების ორგანიზაციისა და მართვის საზღვარგარეთული გამოცდილებების ანალიზი;

საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის სამინისტროს სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით, 2017 წელს საქართველოში რეგისტრირებულია სახელმწიფო სოციალური დახმარების მიმღები 125104 შეზღუდული შესაძლებლობის პირი საერთო მოსახლეობის (3 729 500) დაახლოებით 3-3,4% -ია, მაშინ, როდესაც ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით ქვეყნების უმეტესობაში ეს რიცხვი საშუალოდ 10%-ს აღწევს.

სხვადასხვა ქვეყნის გამოცდილება აჩვენებს, რომ სახელმწიფოს ერთ-ერთ პრიორიტეტს სწორედ შმპ საზოგადოებასთან ადაპტაცია წარმოადგენს.

სამგზავრო ტრანსპორტზე ლოგისტიკური მიდგომების გამოყენება სატრანსპორტო მომსახურების პროცესის ოპტიმიზირების საშუალებას იძლევა, არსებული რესურსების რაციონალური გამოყენების საფუძველზე უზრუნველყოფს სხვადასხვა კატეგორიის მომხმარებელთა მოთხოვნილების დაკმაყოფილებას.

**მეორე თავში** მოყვანილია საქალაქო მარშრუტებზე მგზავრთნაკადების გამოკვლევის მეთოდები და სავლელ პირობებში ექსპერიმენტალური გამოკვლევის თავისებურებანი.

მგზავრთა გადაყვანის პროცესში საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტის მართვაში ლოგისტიკური მიდგომების გამოყენებისათვის საჭიროა მგზავრთნაკადის რეალური მაჩვენებლების საავტობუსო და მიკროსავტობუსო მარშრუტებს შორის გადანაწილების რაოდენობრივი შეფასება.

მიზანშეწონილია საქალაქო სამგზავრო გადაყვანების გამოკვლევები ჩატარდეს მაშინ, როდესაც მგზავრთნაკადის უთანაბრობის კოეფიციენტი უტოლდება 1,0-ს ან იცვლება 1,0-ის მახლობელ ზღვრებში.

წლის სეზონის გამოსაკვლევი თვის შერჩევისათვის ვიყენებთ სამგზავრო გადაყვანების მოცულობის სეზონური უთანაბრობის კოეფიციენტს ( $K_{ბ,შ,i}$ ), რომელიც წლის  $i$ -ური თვისათვის განისაზღვრება ფორმულით:

$$K_{ბ,შ,i} = \frac{P_{ბ,გ,i} \cdot n_1}{P_{ბ} \cdot n_{ო,i}} \quad (1)$$

სადაც:  $P_{b,i}$ - სამგზავრო გადაყვანების მოცულობაა  $i$ -ურ თვეში;  $P_{\theta}$ - სამგზავრო გადაყვანების მოცულობაა წლის განმავლობაში;  $n_{\theta,i}$ - თვეში კალენდარული დღეების რაოდენობა.

წინა წლებში ჩატარებული გამოკვლევების სტატისტიკური მონაცემების თანახმად ქალაქ ქუთაისში მგზავრების გადაყვანის საშუალო შეწონილმა რაოდენობამ შეადგენა 32,122 მილიონი.

უთანაბრობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა  $K_{ს.უ.i} = 1,011$  აპრილის თვეში ყველაზე ახლოს არის 1,0-თან, ამიტომ მგზავრთნაკადის გამოკვლევისათვის სტაბილური თვე არის აპრილი, ხოლო მგზავრთნაკადის ყველაზე მეტად დაძაბულ თვეა ოქტომბერი. სამგზავრო გადაყვანების ყველაზე დაბალი მაჩვენებელი გვაქვს აგვისტოს თვეში.

ამონარჩევების მინიმალური მოცულობა ( $P_{\theta}$ ) განისაზღვრება გენერალური ერთობლიობის წილობრივი მაჩვენებლის მიხედვით, შემდეგი ფორმულით:

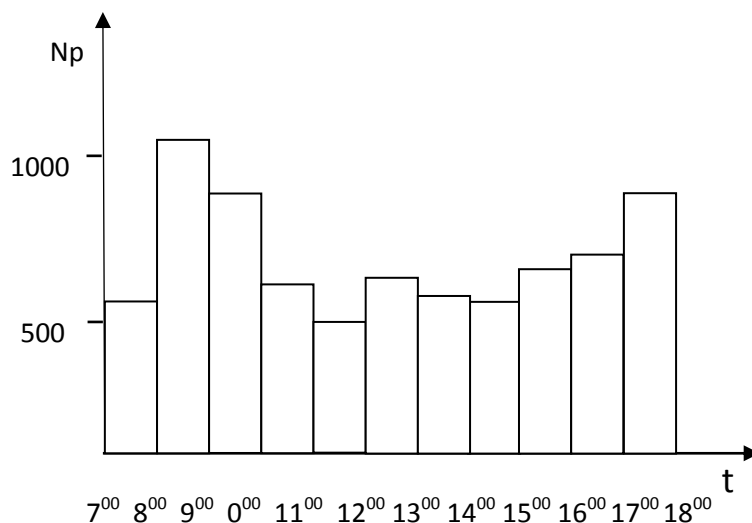
$$P_{\theta} = \frac{t^2 \cdot w(1-w) \cdot P_0}{\Delta^2} \quad (2)$$

$\Delta$  - ამონარჩევთა რეპრეზენტატულობის ზღვრული დასაშვები ცდომილება;  $t$  - ამონარჩევთა რეპრეზენტატულობის ცდომილების ჯერადობა;  $w(1-w)$ - განაწილების ვარიაციის ხარისხი.

ამორჩევითი მეთოდის გამოყენებისათვის განისაზღვრა სამგზავრო გადაყვანების მინიმალური მოცულობა ფორმულით:

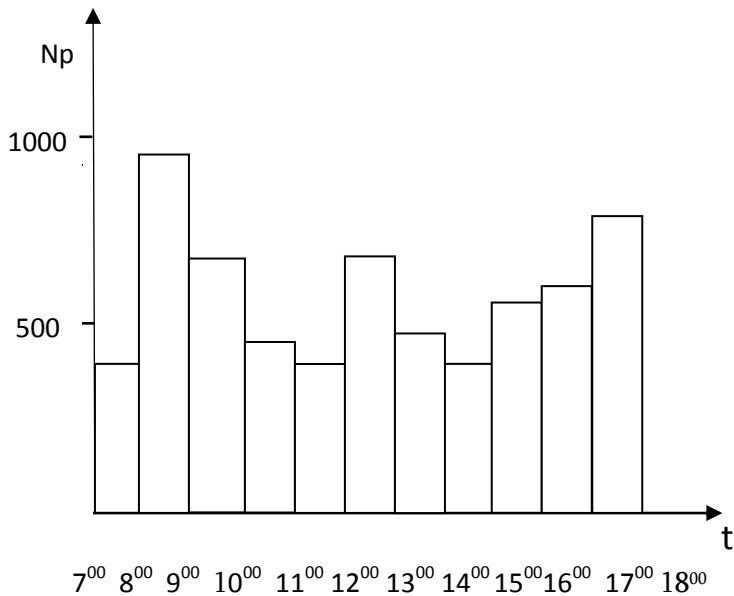
$$P_{\theta} = \frac{t^2 \cdot w(1-w) \cdot P_0}{\Delta^2} = \frac{1,96^2 \cdot 0,5(1-0,5) \cdot 32,125}{5^2} = 1,234 \text{ მლნ. მგზავრი} \quad (3)$$

ამონარჩევთა მეთოდის გამოყენებისათვის საკმარისია გამოვიკვლიოთ წლიური სამგზავრო გადაყვანების რაოდენობის 3,841%.



ნახ.1. საქალაქო მარშრუტზე მგზავრთნაკადების დიაგრამა (ავტობუსი)  
Fig.1. The diagram of passenger flows on the city route (bus)





ნახ.2. საქალაქო მარშრუტზე მგზავრთნაკადების დიაგრამა (მიკროავტობუსი)  
 Fig.2. The diagram of passenger flows on the city route (minibus)

ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგად მიღებული მგზავრთნაკადების მონაცემები მარშრუტების №1 და №5 წყვილის მაგალითზე წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე და ნახ.2. ორივე მარშრუტისათვის განაწილების ჰისტოგრამა იცვლება თითქმის მსგავსი კანონზომიერებებით. გამოკვლეული იქნა აგრეთვე ორივე სახის მარშრუტზე სატრანსპორტო სქემების თანმხვედრ მონაკვეთებზე გადაყვანილი მგზავრების რაოდენობებს შორის თანაფარდობა, რომელიც საავტობუსო მარშრუტების სასარგებლოდ არ აჭარბებს 5%-ს.

**მესამე თავში** მოყვანილია საქალაქო ავტობუსებით მგზავრთა გადაყვანისას შმპ მომსახურების ლოგისტიკური მოდელები.

საქალაქო ტრანსპორტის ინტეგრირებულ სისტემაში შმპ სატრანსპორტო მომსახურების ლოგისტიკური მოდელი წარმოადგენდეს ერთიანი სატრანსპორტო სისტემის ფუნქციონალურ რგოლს.

დასახული ამოცანის გადაწყვეტისას განხორციელდა:

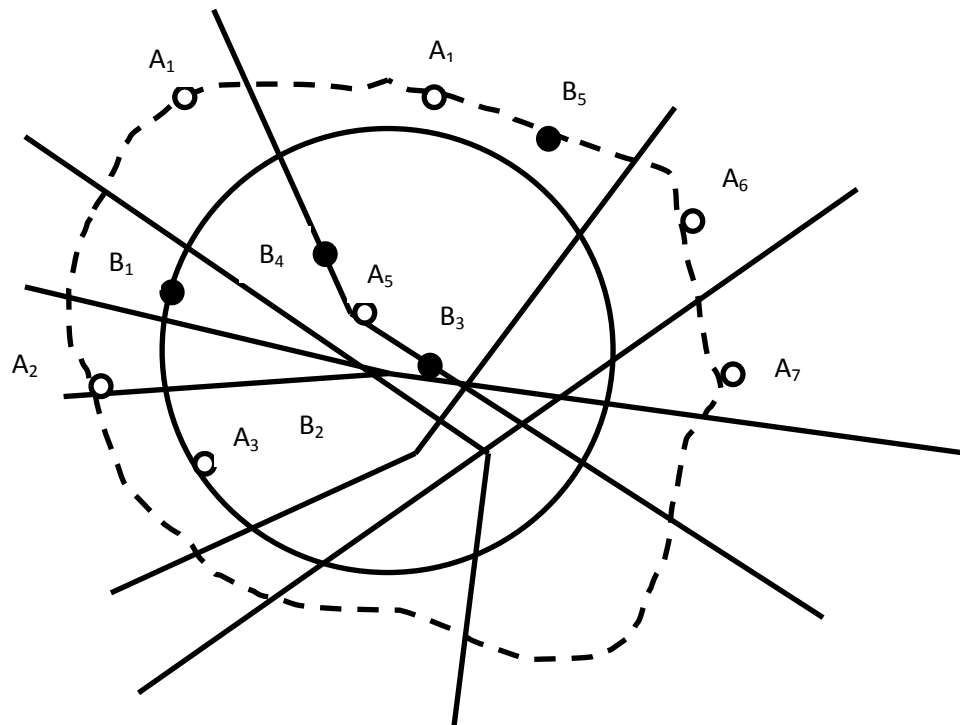
- შმპ სპეციალიზირებულ რეგულარულ სამგზავრო მარშრუტების ოპტიმალური რაოდენობის განსაზღვრა;
- შმპ სპეციალიზირებულ რეგულარულ სამგზავრო მარშრუტზე ყველა ავტობუსი აღჭურვილი უნდა იყო ადაპტური მოწყობილობებით ;
- საქალაქო ტრანსპორტის მოქმედ სატრანსპორტო სქემებთან მაქსიმალურად თავსებადი ახალი სპეციალიზირებული მარშრუტის სქემის დაგეგმარება.

შმპ სატრანსპორტო მომსახურების ლოგისტიკური მოდელის ორგანიზებისათვის საქალაქო ტრანსპორტის (ნახ.3) მოქმედ მარშრუტებზე მინიმუმ ერთი ავტობუსი

აღჭურვილი უნდა იყოს მათთვის განკუთვნილი ადაპტირებული მოწყობილობით. მოდელის ეფექტურად ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია ახალი მარშრუტის სქემა გადაიდეს შშპ შეკრებისა ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ) და ძირითადი მიზიდვის ( $B_1, B_2 \dots B_n$ ) პუნქტებში, ამასთან ერთად გადაკვეთოს მოქმედი მარშრუტების სქემები მინიმუმ ერთ წერტილში მაინც, რათა შშპ ერთი გადასხდომით შეძლოს გადაადგილდეს ქალაქის ტერიტორიაზე განთავსებულ ნებისმიერ ობიექტთან.

შეზღუდული შესაძლებლობის პირთა სოციოლოგიური გამოკითხვის შედეგების ანალიზის საფუძველზე განისაზღვრა:

- ქალაქის ტერიტორიაზე შშპ მუდმივი საცხოვრებელი ადგილების მდებარეობა და რაოდენობა ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ) ;
- ქალაქის ტერიტორიაზე შშპ სატრანსპორტო მიზიდვის ადგილების მდებარეობა და რაოდენობა ( $B_1, B_2 \dots B_n$ );



ნახ.3. საქალაქო ავტობუსებით შშპ სატრანსპორტო მომსახურების სქემა

- ძირითადი მარშრუტები;      - - - შშპ განკუთვნილი მარშრუტი;
  - ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ) - ქალაქის ტერიტორიაზე შშპ საცხოვრებელი ადგილები;
  - ( $B_1, B_2 \dots B_n$ ) - შშპ სატრანსპორტო მიზიდვის ადგილები;
- Fig.3. The transport service scheme for disabled people by city bus**
- Major routes;      - - - routes for disabled persons;
  - ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ) - habitual residences of persons with disabilities in the city's territory;
  - ( $B_1, B_2 \dots B_n$ ) - places attracting persons with disabilities.

- შშპ პრიორიტეტული სატრანსპორტო მიმართულებები;
- კვირის დღეების მიხედვით თითოეულ მიმართულებაზე სამგზავრო გადაყვანების რაოდენობის პროგნოზირება;

ქალაქ ქუთაისის მაგალითზე განსაზღვრული იქნა შშპ კომპაქტურად განთავსების 4 პუნქტი და ქალაქის რაიონების მიხედვით ისეთი წერტილები სადაც ხელმისაწვდომი იქნება ერთეულად მაცხოვრებელი შშპ-სათვის საქალაქო საავტობუსო ტრანსპორტი. ანკეტური გამოკითხვებით დადგინდა, რომ სატრანსპორტო მომსახურებაში მგზავრობის მიზნობრიობის შემდეგი მიმართულებები: 52% სამედიცინო დაწესებულებებში მგზავრობა; 30% კულტურულ-საყოფაცხოვრებო, სავაჭრო და სპორტული ობიექტები; 12% სოციალური დაცვის დაწესებულებები; 6% სხვადასხვა გადაადგილებები. რაც შეეხება შშპ სასწავლო და სამუშაო გადაადგილებებს ისინი ხორციელდება შესაბამისი დაწესებულებების მიერ სპეციალიზირებული ტრანსპორტით. ნახ.4-ზე მოცემულია ქ. ქუთაისის სატრანსპორტო ქსელი, რომელზეც პუნქტირით დატანილია შშპ პირებისათვის განკუთვნილი ახალი რეგულარული მარშრუტის სქემა, რომელიც შედგენილია ანკეტური გამოკითხვის მონაცემების გათვალისწინებით.

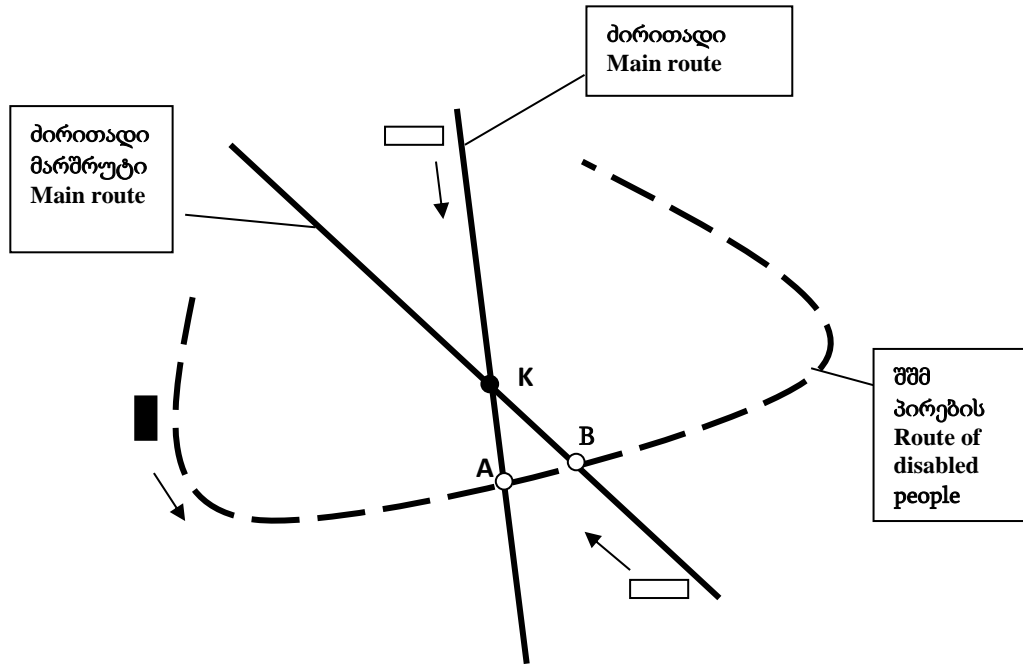


ნახ.4. ქ.ქუთაისის სატრანსპორტო ქსელი შშპ პირებისათვის განკუთვნილი ახალი რეგულარული სამარშრუტო სქემით

**Fig. 4. The Kutaisi transport network, with a new regular route scheme for people with disabilities**

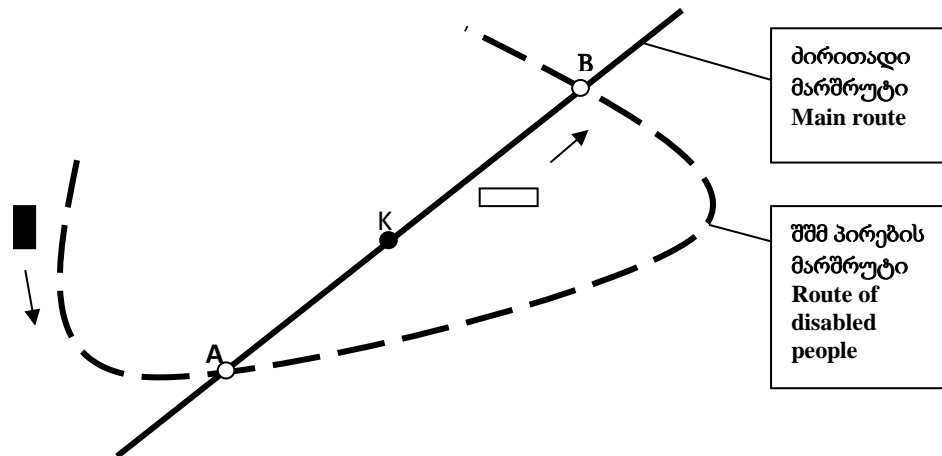
როგორც ნახ.4-დან ჩანს აღნიშნულ მარშრუტს ძირითად საქალაქო მარშრუტებთან აქვს მინიმუმ ერთი გადაკვეთის წერტილი, რითაც შშპ-სათვის ქალაქის ნებისმიერი წერტილი ხდება ხელმისაწვდომი. სპეციალურ მარშრუტზე ყველა ავტობუსი -ადაპტირებულია, ხოლო ძირითადზე - ერთი ან ორი ავტობუსი.

შშპ-სათვის განკუთვნილი სპეციალური რეგულარული მარშრუტის ავტობუსიდან ძირითად საქალაქო მარშრუტის ავტობუსში გადასხდომის წერტილის შერჩევის ორი შემთხვევაა: 1) სპეციალიზირებულ მარშრუტს აქვს თითო გადაკვეთა (ნახ.5) მიზიდვის წერტილამდე მიმავალ მინიმუმ ორ ძირითად საქალაქო მარშრუტთან; 2) სპეციალიზირებულ მარშრუტს აქვს ორი გადაკვეთა მიზიდვის წერტილამდე მიმავალ ერთ ძირითად მარშრუტთან (ნახ.6).



ნახ. 5. სპეციალიზირებული მარშრუტის ძირითად მარშრუტთან გადაკვეთის სქემა  
Fig. 5. The scheme of intersection of specialized and major routes

შშპ მგზავრობაზე საერთო დროის დანახარჯების გაზრდის აღმოსაფხვრელად გამოყენებული იქნება ქუთაისის საქალაქო ტრანსპორტის ოპერატიული მონიტორინგის სისტემა (აღჭურვილი GPS სისტემით), რომლითაც შშპ შეეძლება ოპერატიულად მიიღოს ინფორმაცია გადასხდომის წერტილიდან თუ რა მანძილზეა დაშორებული ადაპტირებული მოწყობილობით აღჭურვილი სამარშრუტო ავტობუსი. GPS საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით შშპ აქვს საშუალება ასევე შეირჩიოს გადასხდომის ოპტიმალური ვარიანტი, რომ შემცირდეს მგზავრობაზე საერთო დროის დანახარჯები.



ნახ.6. სპეციალიზირებული მარშრუტის ძირითად მარშრუტთან გადაკვეთის სქემა: A და B -გადაკვეთის წერტილები, K- მიზიდვის წერტილი.

Fig. 6. The scheme of intersection of specialized and major routes A and B crossing points, K-attracting point

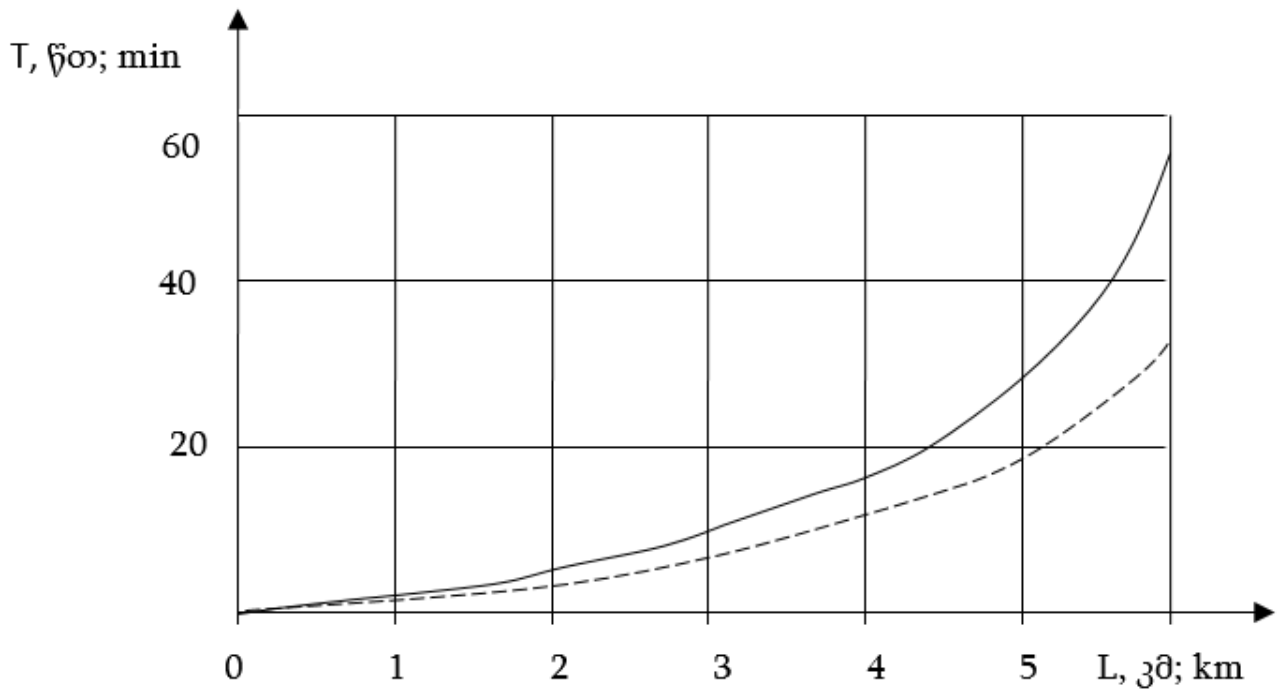
■ - სპეციალიზირებულ მარშრუტზე მომუშავე ავტობუსი, რომელიც აღჭურვილია შშპ პირებისათვის ადაპტირებული მოწყობილობით.

□ - ძირითად მარშრუტზე მომუშავე ავტობუსი, რომელიც აღჭურვილია შშპ პირებისათვის ადაპტირებული მოწყობილობით.

■ - bus running on the specialized route equipped with the adapted devices for disabled persons.

□ - bus running on the major route equipped with the adapted devices for disabled persons.

მგზავრობაზე დროის დანახარჯების შეფასებისათვის ჩატარებულ იქნა ექსპერიმენტული გამოკვლევები ორი ვარიანტისათვის: 1) შემთხვევითი გადასხდომის პირობებში; 2) GPS საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით. ნახ.7-ზე მოცემულია შშპ პირისათვის მგზავრობაზე საერთო დროის დანახარჯის დამოკიდებულება მგზავრობის მანძილთან ორივე ვარიანტისათვის. როგორც გრაფიკებიდან ჩანს მგზავრობაზე დროითი დანახარჯები შემთხვევითი გადასხდომის პირობებში 60 ... 80%-ით მაღალია ვიდრე GPS საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით.



ნახ. 7. მგზავრობაზე საერთო დროის დანახარჯები.

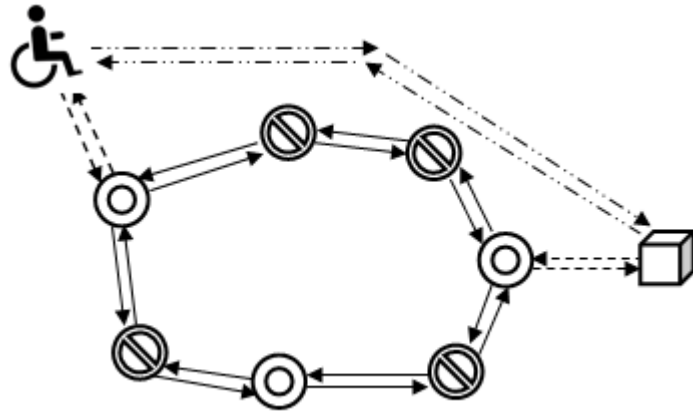
Fig. 7. Total travel time costs

- შემთხვევითი გადასხდომის პირობებში; --- გადასხდომა GPS საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით.
- Under conditions of random transfers; --- transfer using GPS technologies.

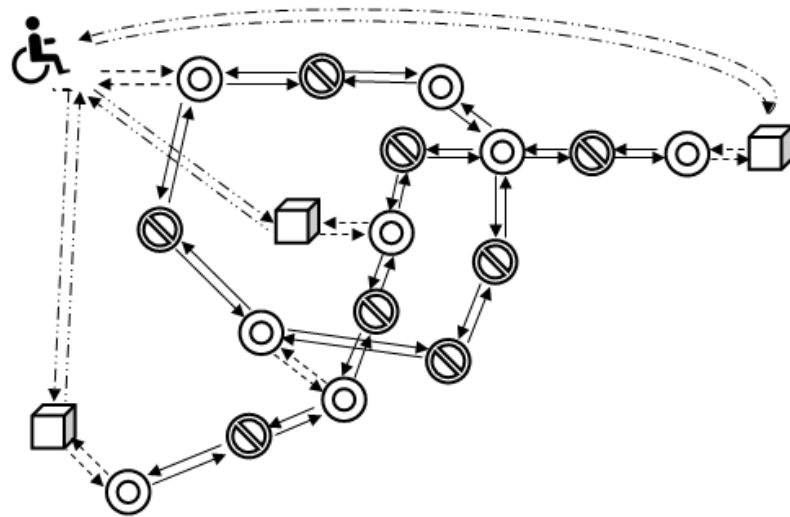
შპს სატრანსპორტო მომსახურების ლოგისტიკურ სისტემაში მგზავრის თვალსაზრისით ოპტიმალური იქნება ისეთი მგზავრობა, რომელიც შესრულდება მინიმალურ დროში მაქსიმალური კომფორტით და მისაღები ტარიფით.

შპს სამგზავრო გადაყვანებზე დროითი დანახარჯების ოპტიმიზაციის კვლევის მიზნით დამუშავებული იქნა სატრანსპორტო მომსახურების ორი ძირითადი სქემა (ნახ.8), სახელდობრ: ა.-„სოციალური ტაქსი“ განკუთვნილი მხოლოდ შეზღუდული მობილობის პირთათვის; და ბ.- საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტთან ერთობლიობაში გადაიყვანს აგრეთვე შეზღუდული მობილობის ჯგუფის წარმომადგენლებს.

დანიშნულების ადგილამდე მინიმალურ დროში გადაყვანისათვის საჭირო ადაპტირებული სატრანსპორტო საშუალებების რაოდენობის განსაზღვრისათვის გამოყენებული იქნა შპს სატრანსპორტო მომსახურების ლოგისტიკური სისტემის ეკონომიკურ -მათემატიკური მოდელი.



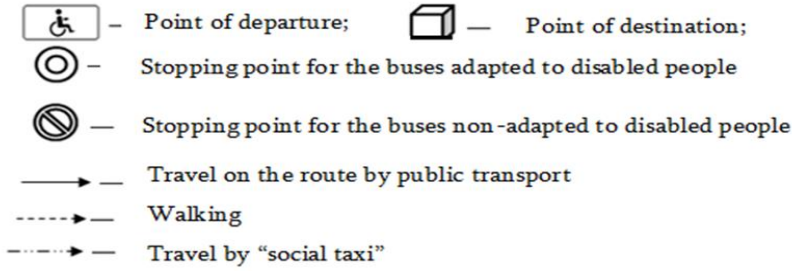
ა. (a)



ბ.(b)

- ♿ — გამგზავრების ადგილი; 
 □ — დანიშნულების ადგილი;
- შეზღუდული შესაძლებლობების პირთათვის ადაპტირებული ავტობუსის გაჩერების ადგილი;
- შეზღუდული შესაძლებლობების პირთათვის არაადაპტირებული ავტობუსის გაჩერების ადგილი;
- > — მარშრუტზე საზოგადოებრივი ავტობუსით მოძრაობა;
- - - - -> — ქვეითად გადაადგილება;
- · - · - ·> — მოძრაობა „სოციალური ტაქსით“.





ნახ.8. შეზღუდული შესაძლებლობის პირთა სამგზავრო გადაყვანის სახის შერჩევის სქემა ა. ერთი მარშრუტით სარგებლობის შემთხვევაში; ბ. რამოდენიმე მარშრუტით სარგებლობისას (გადაჯდომით).

Fig. 8. Sceme for choosing the type of passenger transport of disabled people, a) when using one route; b) when using several routes (including transfer).

შეზღუდული მობილობის პირთა თვალსაზრისით მიზნის ფუნქცია წარმოდგენილია შემდეგნაირად

$$M_{a.a.s} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[ t_{ij}^{დაკ} + t_{ij}^{შერ} + \left( (0,5 + P_{a\phi,yij}) I_{aodij} + \frac{l_{sa\phi i}}{V_{ij}} \right) K_{გადაჯ} + t_{ij}^{გან} \right] \rightarrow \min, \quad (5)$$

სადაც  $i = 1, \dots, n$ -მოსახლეობის შეზღუდული მობილობის პირთა ჯგუფის ნაირსახეობა;  $j = 1, \dots, m$ -მოსახლეობის შეზღუდული მობილობის პირთა სატრანსპორტო მომსახურების ვარიანტი;  $t_{ij}^{დაკ}$  -გადაყვანის სახის შერჩევის, დაკვეთის და ლოდინის შესრულების დრო;  $t_{ij}^{შერ}, t_{ij}^{გან}$  - j-ური მოძრავი შემადგენლობის გამგზავრების ადგილიდან, დანიშნულების ადგილზე მისვლისა და გასვლის მანძილის შერჩევაზე და განხორციელებაზე დახარჯული დრო (გზა უნდა გადიოდეს შეზღუდული მობილობის პირთათვის სპეციალურად აღჭურვილ მარშრუტზე);  $I_{aodij}$ - მოძრავი შემადგენლობის მოძრაობის ინტერვალი, დამოკიდებული მარშრუტზე ავტობუსების რაოდენობაზე;  $P_{a\phi,yij}$  - მგზავრის ჩასხდომის მტყუნების ალბათობა სატრანსპორტო საშუალებაში თავისუფალი ადგილების არ არსებობის გამო;  $l_{sa\phi i}$ -მგზავრობის საშუალო მანძილი;  $V_{ij}$ - j-ური მოძრავი შემადგენლობის მიმოსვლის სიჩქარე;  $K_{გადაჯ}$ -გადაჯდომადობის კოეფიციენტი.

სატრანსპორტო მომსახურების დამკვეთის (გადამზიდავის) თვალსაზრისით მიზნის ფუნქცია წარმოდგენილია შემდეგნაირად

$$M_{დაკ} = \sum_{k=1}^z \cdot \sum_{j=1}^m \cdot \sum_{b=1}^p \left[ W_{kjb}^{დაკ,შშპ} \right] \rightarrow \min \quad (6)$$

სადაც  $k = 1, \dots, z$ -ქალაქში საქალაქო საზოგადოებრივი ტრანსპორტის სახეები;  $j = 1, \dots, m$ -სატრანსპორტო მომსახურების ვარიანტი;  $b = 1 \dots p$ -შშპ სატრანსპორტო მომსახურების მარშრუტები;  $W_{kjb}^{დაკ,შშპ}$  -მომსახურების ვარიანტის მიხედვით სხვადასხვა საქალაქო საზოგადოებრივი ტრანსპორტით შშპ გადაყვანებზე გაწეული დანახარჯი.

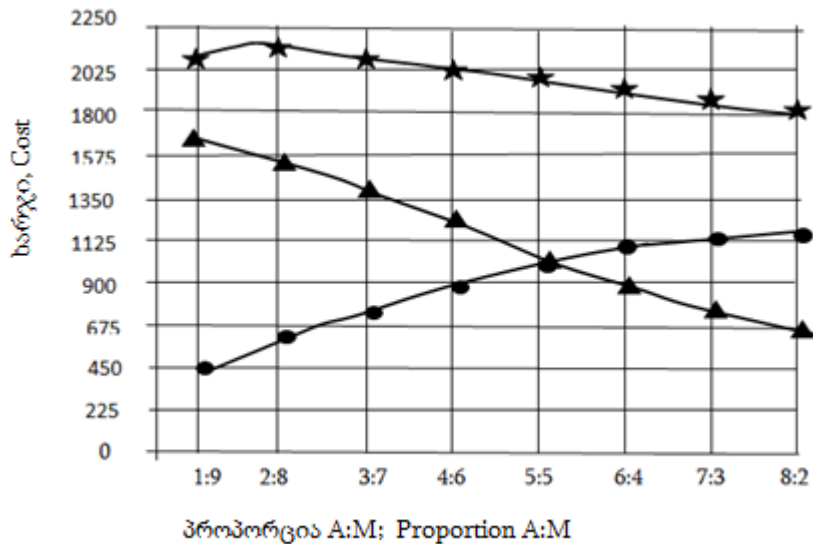


შეზღუდული შესაძლებლობის მგზავრის გადაადგილებაზე დახარჯულ ჯამური დრო განისაზღვრება ფორმულით

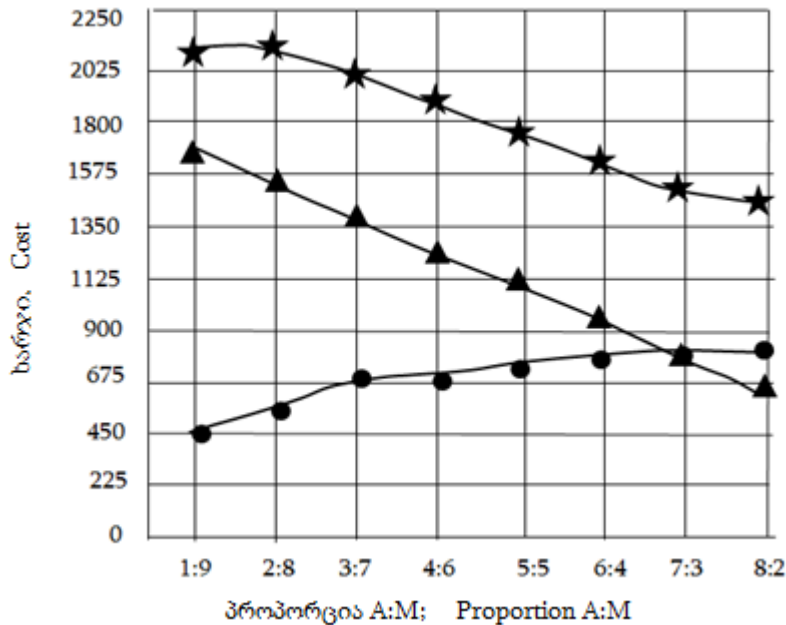
$$T = 2 \cdot t_{\text{გ}} + (\sum_i^N t_{\text{ლი}} + \sum_i^N t_{\text{აი}}) \cdot K_{\text{გადაჯ}} \quad (7)$$

სადაც  $t_{\text{გ}}$ -შპზ გაჩერებასთან (ან გაჩერებიდან) ფეხით მისვლაზე დახარჯული დრო, წთ;  $t_{\text{ლი}}$ -ავტობუსის ლოდინზე დახარჯული დრო, წთ;  $t_{\text{აი}}$  -ავტობუსით მგზავრობაზე დახარჯული დრო, წთ;  $N$  -გადაჯდომების რაოდენობა;  $K_{\text{გადაჯ}}$  -გადაჯდომადობის კოეფიციენტი.

კვლევის შედეგების ფრაგმენტიდან (ნახ. 9 ა,ბ) ჩანს, რომ, შპზ „სოციალურ ტაქსით“ გადაადგილებაზე მოთხოვნის გაზრდით იზრდება დანახარჯები მათ შორისა გადამზიდავის. გრაფიკებიდან (ნახ.9. ა) ჩანს, რომ ფიქსირებული მოთხოვნის შემთხვევაში აუცილებელია 5 დაბალიატაკიანი ავტობუსი (A) საქალაქო მარშრუტზე მომუშავე 10-დან და 5 „სოციალური ტაქსი“ (M). იგივე მარშრუტისათვის (ნახ.9. ბ) საჭიროა 3 ადაპტირებული მიკროავტობუსი ე.წ „სოციალური ტაქსი“, რაც საშუალებას იძლევა შემცირდეს მგზავრთა გადაყვანაზე ჯამური ლოგისტიკური დანახარჯები, კერძოდ მგზავრთა გადაყვანაზე ჯამური ლოგისტიკური დანახარჯები შემცირდა  $(1450/1875) \times 100 = 23\%$ -ით. ამავდროულად დაბალიატაკიანი ავტობუსების რაოდენობის 5-დან 7-მდე გაზრდით შესაძლებელია გადაზიდვების ხარისხის გაუმჯობესება.



ა. (a)



ბ. (b)

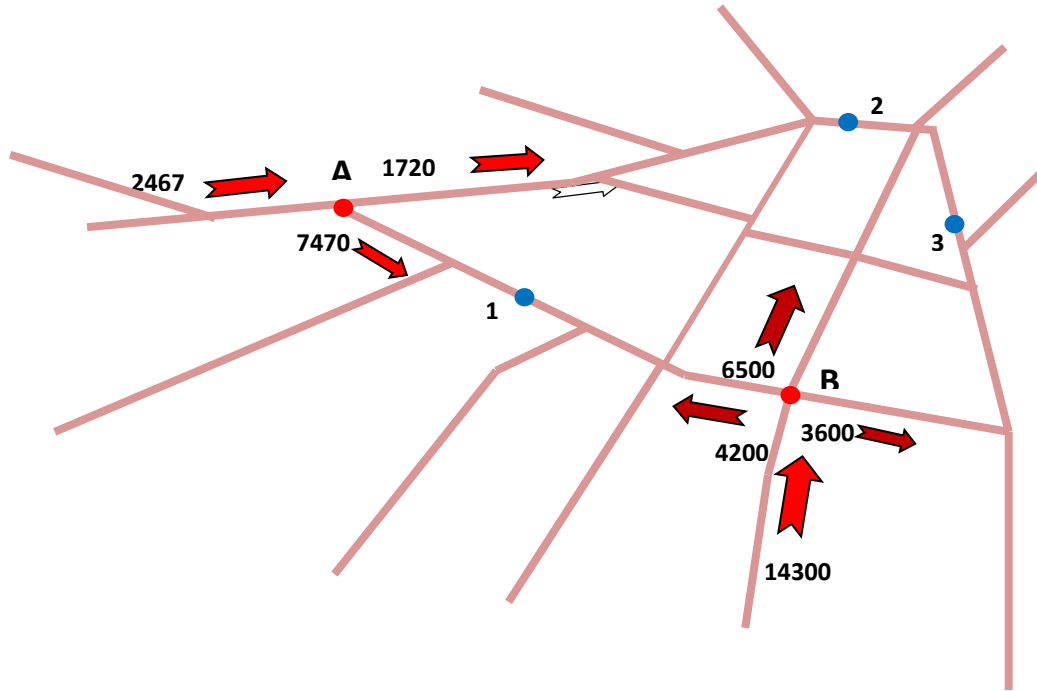
▲ გადამზიდველის ხარჯი; ● მგზავრების ხარჯი;  
 ★ ჯამური ხარჯი; A - დაბალიატაკიანი სატრანსპორტო საშუალება; M - ძალიან მცირე ტევადობის შეზღუდული შესაძლებლობის პირთათვის ადაპტირებული სატრანსპორტო საშუალება „სოციალური ტაქსი“.

▲ Costs of the carriers, ● costs of passengers;  
 ★ total costs; A - low-floor bus;  
 M - „social taxi“

ნახ.9. მოსახლეობის შშპ გადაყვანების და გადამზიდვის დანახარჯები მიხედვით მოძრავი შემადგენლობის რაოდენობის თანაფარდობა

Fig.9. The relationship between the numbers of motive power according transportation and carriers' costs for the carriage of disabled persons

მეოთხე თავში მოყვანილია მგზავრთა გადაყვანის მართვის პროცესის ოპტიმიზაციის ლოგისტიკური მოდელები და გაანგარიშების შედეგები. ჩატარებული კვლევების ანალიზით გამოიკვეთა მგზავრთნაკადის მაღალი ინტენსივობით და სიმკრივეთ, ქ.ქუთაისის სამარშრუტო ქსელში, ორი ყველაზე მეტად დაძაბული უბანი A და B (ნახ.10.).



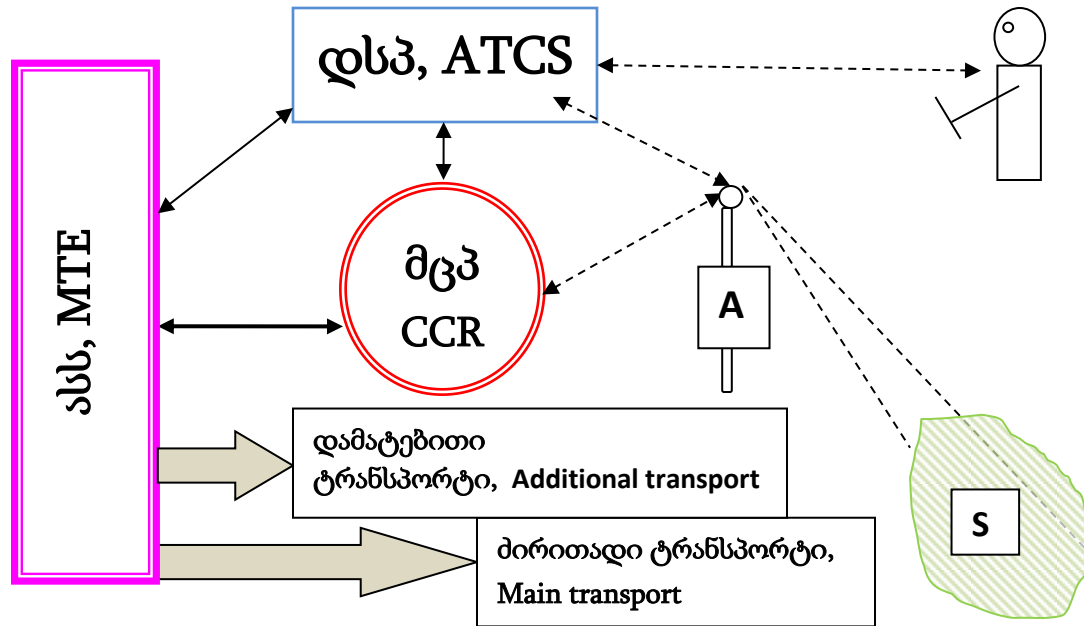
ნახ.10. ქ.ქუთაისის სამარშრუტო ქსელში მგზავრთნაკადების სიდიდეები  
 Fig. 10. The values of passenger flows in the Kutaisi transport network

აქედან გამომდინარე, აუცილებელი გახდა შექმნილიყო საქალაქო ტრანსპორტით მომსახურების ადაპტური მართვის სქემა (ნახ. 11.), რომელიც უზრუნველყოფს ქსელს მიაწოდოს განწესის შესაბამისი რაოდენობის ავტობუსი, ხოლო დამატებითი სატრანსპორტო ერთეულები მიეწოდება მგზავრთნაკადის მიხედვით დამატებულ უბანს.

მართვის ცენტრალური პუნქტი (მცპ) მგზავრების მიერ დაკავებულ S არეს ფართობის მიხედვით განსაზღვრავს მოსალოდნელი მგზავრთნაკადის რაოდენობას და გადაცემს დამატებით სადისპეჩერო პუნქტს (დსპ) ინფორმაციას დამატებითი ავტობუსის მიწოდების საჭიროების შესახებ. დამატებითი სატრანსპორტო ერთეულის რაოდენობა და მიწოდების დრო განისაზღვრება მოსალოდნელი მგზავრთნაკადის მიხედვით.

დამატებითი სატრანსპორტო ერთეულების შეყვანის პროცესი ავტოსატრანსპორტო საწარმოსათვის იწვევს დამატებით ხარჯებს მგზავრების 1კმ მანძილზე გადაყვანის გადაანგარიშებით, მაგრამ იზრდება სატრანსპორტო მომსახურების ხარისხი და სატრანსპორტო საშუალების მუშაობის რესურსი.

მგზავრთნაკადით გადატვირთულ უბნებზე მოქმედ სისტემაში პიკის საათებში ავტობუსების გადატვირთვით გამო საექსპლუატაციო ხარჯები იზრდება თითქმის 20 % - მდე, ხოლო ტექნიკური სერვისის ხარჯები ორჯერ, ვიდრე პიკთაშორის საათებში მუშაობისას. დამატებითი ტრანსპორტის შეყვანისას საექსპლუატაციო ხარჯები გაიზარდა 10...15 %-ით, მაგრამ ტექნიკური სერვისის ხარჯები შემცირდა 60 %-მდე, ამასთან ერთად მიღწეული იქნა მგზავრობაზე დახარჯული ჯამური დროის შემცირება და კომფორტაბელობის ამაღლება.



ნახ.11. საქლაქო სამგზავრო ტრანსპორტით მომსახურების ადაპტური მართვის სქემა

Fig. 11. The adaptive management scheme of urban passenger transport services

A-ავტობუსის გაჩერება; S-არე, რომელზედაც განლაგებულია მგზავრები; ასს-ავტოსატრანსპორტო საწარმო, მცპ-მართვის ცენტრალური პუნქტი, დსც-დამატებითი სადისპეტჩერო პუნქტი.

A - Bus stop; S - the area occupied by passengers; MTE-motor transport enterprise,CCR - centralized control room; ATCS - additional traffic control station.

მგზავრთა გადაყვანის პროცესის მართვის ოპტიმიზაციის დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად შემოთავაზებულია ამ ამოცანის პირობებთან ადაპტირებული გენეტიკური ალგორითმის გამოყენება. ამასთან საჭიროა განვიხილოთ ისეთი ცნებები როგორებიცაა: ქრომოსომა, გენი, პოპულიაცია, აგრეთვე შემთხვევითი ცვლილებების ოპერატორები.

ქრომოსომას სახით განვიხილება ისეთი ამოცანის გადაწყვეტის ვარიანტი, რომელიც შედგება გადაწყვეტილებების ელემენტებისაგან - გენებისაგან. გადაწყვეტილებების ვარიანტების სიმრავლეები შეადგენენ პოპულაციას.

დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად და ქრომოსომების ასაგებად შემავალ პარამეტრებად გამოყენებული იყო:

- ყოველი ავტობუსის ხაზზე მოძრაობის დაწყების დრო;
- მოძრაობის დაწყების გაჩერების პირობითი ნომერი;
- განწესის განმავლობაში შესრულებული რეისების რაოდენობა;
- ხაზზე გასული მოძრავი შემადგენლობის რაოდენობა.

ამ პარამეტრების გათვალისწინებით შემოთავაზებულ ქრომოსომას (A) აქვს შემდეგი სახე :

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &= (\boldsymbol{\alpha}^1, \boldsymbol{\beta}^1, \delta^1, \gamma_{1,2}^1, \gamma_{2,3}^1, \dots, \gamma_{i,j}^1, \dots, \gamma_{i-1,k}^1, \mu_i^1); \\ \boldsymbol{\alpha}^v, \boldsymbol{\beta}^v, \delta^v, \gamma_{1,2}^v, \gamma_{2,3}^v, \dots, \gamma_{i,j}^v, \dots, \gamma_{i-1,k}^v, \mu_j^v; & \quad (8) \\ \boldsymbol{\alpha}^z, \boldsymbol{\beta}^z, \delta^z, \gamma_{1,2}^z, \gamma_{2,3}^z, \dots, \gamma_{i,j}^z, \dots, \gamma_{i-1,k}^z, \mu_{k-1}^z) & . \end{aligned}$$

ასე, მაგალითად გენი  $\boldsymbol{\alpha} = (\alpha^1, \alpha^2)$  შეიცავს ინფორმაციას რეისების რაოდენობის შესახებ;

გენი  $\boldsymbol{\beta}^v = (\beta_1^{v,N}, \beta_2^{v,N}, \dots, \beta_{14}^{v,N})$  განსაზღვრავს  $v$ -ური ავტობუსის მოძრაობის დაწყებას საათებში  $N$  რეისზე  $v = \overline{1, z}$  სადაც  $z$ - განწესში ყოფნის დროში მარშრუტზე ავტობუსების რაოდენობაა.

გენი  $\boldsymbol{\delta}^v = (\delta_1^{v,N}, \dots, \delta_u^{v,N}, \dots, \delta_h^{v,N})$  განსაზღვრავს  $v$ -ური ავტობუსის მოძრაობის დაწყებას წუთებში  $N$  რეისზე  $v = \overline{1, z}$  სადაც  $z$ - განწესში ყოფნის დროში მარშრუტზე ავტობუსების რაოდენობაა.

გენები

$$\begin{aligned} \gamma_{1,2}^{v,N} &= \left( l \gamma_{1,2,1}^{v,N}, l \gamma_{1,2,2}^{v,N}, l \gamma_{1,2,3}^{v,N} \right), \dots, \\ \gamma_{j,i+1}^{v,N} &= \left( l \gamma_{j,i+1,1}^{v,N}, l \gamma_{j,i+1,2}^{v,N}, l \gamma_{j,i+1,3}^{v,N} \right), \dots, & (9) \\ \gamma_{k-1,k}^{v,N} &= \left( l \gamma_{k-1,k,1}^{v,N}, l \gamma_{k-1,k,2}^{v,N}, l \gamma_{k-1,k,3}^{v,N} \right) \end{aligned}$$

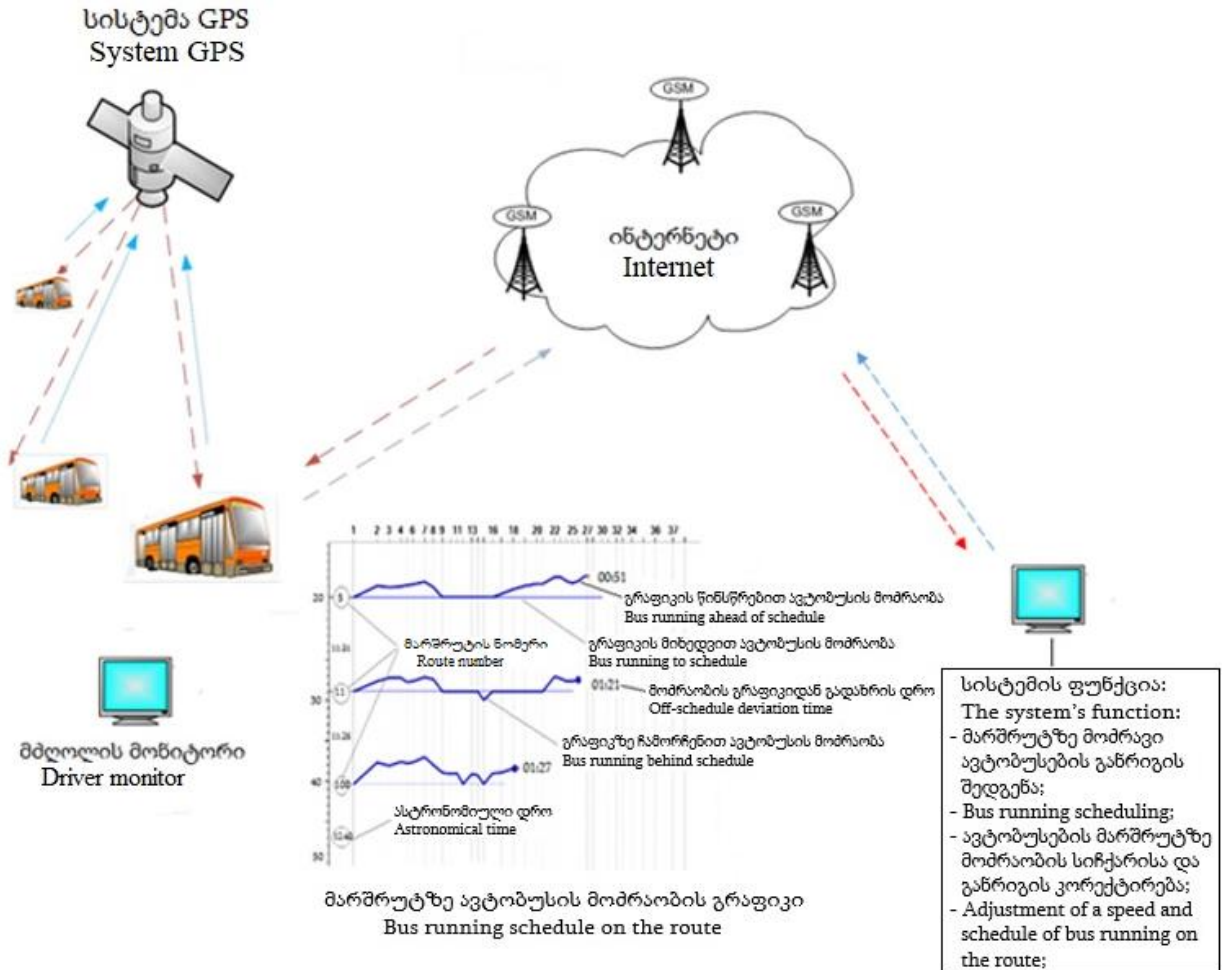
წარმოადგენენ  $N$  რეისის  $v$ -ური ავტობუსით მარშრუტის უბნების გავლის დროითი ინტერვალების ვექტორებს, სადაც  $i = \overline{1, k}$ .

გენი  $\boldsymbol{\mu}^v = (\mu_1^{v,N}, \mu_2^{v,N}, \dots, \mu_i^{v,N}, \dots, \mu_k^{v,N})$  იძლევა  $v$ -ური ავტობუსით მოძრაობის დაწყების ადგილს,  $v = \overline{1, z}$ , სადაც  $z$ - განწესში ყოფნის დროში მარშრუტზე ავტობუსების რაოდენობაა.

ქრომოსომების შედარება ხდება შემდეგი სახით:

გაანალიზებული პოპულაციიდან  $P = ({}^1A, \dots, {}^vA, \dots, {}^zA)$  საუკეთესოდ ითვლება ის ქრომოსომა, რომელიც ყველაზე უფრო ნაკლებად არღვევს შეზღუდვებს, ხოლო თანაბრად დამრღვევ ქრომოსომებს შორის აირჩევა ის ქრომოსომა, რომელსაც აქვს მიზნის ფუნქციის  $F({}^lA)$  უფრო მეტი მნიშვნელობა.

გენეტიკური ალგორითმის საფუძველზე შექმნილი მგზავრთა გადაყვანების მართვის პროცესის ოპტიმიზაციის წარმოდგენილი მეთოდი აპრობირებული (ნახ.12.) იქნა საქალაქო ავტობუსების მოძრაობის განრიგის საკონტროლო სისტემაზე „ავტობუსი-ინტერნეტი-დისპეჩერი“.



ნახ.12. მარშრუტზე საქალაქო ავტობუსების მოძრაობის განრიგის ოპერატიული მართვის სისტემა. Fig. 12. The operational management system of urban bus running schedule on the route

მარშრუტზე ავტობუსის მოძრაობის გრაფიკი (ნახ.12) საშუალებას იძლევა განისაზღვროს მარშრუტის ყველაზე უფრო გადატვირთული უბნები მთელი დღის განმავლობაში და დაძაბული უბნები „პიკის საათებში“.

იმ შემთხვევაში, თუ გრაფიკიდან გადახრა ხდება ჩამორჩენის მიმართულებით 10 წუთზე მეტი დროით, დისპეჩერი აანალიზებს საგზაო სიტუაციას ავტობუსებზე დაყენებული გადამწოდებიდან მიღებული ინფორმაციის მიხედვით, რომლის საფუძველზედაც ადვილად განისაზღვრება მოჰყვა თუ არა ავტობუსი საგზაო საცობში ან გავიდა მარშრუტიდან ტექნიკური მიზეზების გამო.

კონტროლის და მართვის დამუშავებული სისტემა უზრუნველყოფს მარშრუტებზე ავტობუსების მართვის ხარისხის გაზრდას, აგრეთვე შესაძლებელია მოხდეს მოძრაობის სიჩქარის, მოძრაობის გრაფიკის, ხაზზე მოძრავი სატრანსპორტო საშუალებების რაოდენობის, „პიკის საათებში“ მარშრუტის თითოეული უბნის გავლის დროის და თითოეული ბრუნვითი რეისის შესრულების დროის კორექტირება.

### ძირითადი დასკვნები

1. სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით, 2017 წლისთვის საქართველოში რეგისტრირებულია სახელმწიფო სოციალური დახმარების მიმღები 125,104 შეზღუდული შესაძლებლობის პირი (შშპ), რაც საქართველოს საერთო მოსახლეობის (3 729 500) დაახლოებით 3-3,4% -ია. ანალიზით დადგინდა, რომ საქართველოს ქალაქებში მოსახლეობის შშპ სატრანსპორტო ხელმისაწვდომობის დონე არასაკმარისია, ზოგიერთ ქალაქებში საერთოდ არ არსებობს.
2. მგზავრთნაკადების ამონარჩევთა მეთოდის გამოყენებით გამოკვლეული იქნა წლიური სამგზავრო გადაყვანების მოსახლეობის რაოდენობის 3,841%.
3. მგზავრთნაკადების გადატვირთვის ლოკალურ უბნებში, სატრანსპორტო მომსახურების შეფერხებების თავიდან ასაცილებლად დამუშავებულია საქალაქო ტრანსპორტის აქტიური რეზერვირების ადაპტური სქემა, რომელიც ითვალისწინებს ინტელექტუალური საინფორმაცო სისტემების მონაცემების საფუძველზე დაუყონებლივ დამატებითი სატრანსპორტო საშუალების შეყვანას უშუალოდ გადატვირთულ უბნებზე;
4. დამატებითი ტრანსპორტის გამოყენებისას შეფასებულია მომსახურების ეკონომიკური მაჩვენებლები, კერძოდ პიკის საათში სატრანსპორტო ხარჯები იზრდება თითქმის 20 % -მდე, ხოლო ტექნიკური სერვისის ხარჯები ორჯერ, ვიდრე პიკთაშორის საათებში მუშაობისას. დამატებითი ტრანსპორტის შეყვანისას საექსპლუატაციო ხარჯები გაიზარდა 10...15 %-ით, მაგრამ ტექნიკური სერვისის ხარჯები შემცირდა 60 %-მდე.
5. შშპ-სათვის საქალაქო საავტობუსო ტრანსპორტით მგზავრობის ანკეტური გამოკითხვებით დადგინდა სატრანსპორტო მომსახურებაში მგზავრობის მიზნობრიობის შემდეგი მიმართულებები: 52% სამედიცინო დაწესებულებებში მგზავრობა; 30% კულტურულ-საყოფაცხოვრებო, სავაჭრო და სპორტული ობიექტები; 12% სოციალური დაცვის დაწესებულებები; 6% სხვადასხვა გადაადგილებები. რაც შეეხება შშპ სასწავლო და სამუშაო გადაადგილებებს, ისინი ხორციელდება შესაბამისი დაწესებულებების მიერ სპეციალიზირებული ტრანსპორტით.
6. ქალაქში მგზავრთნაკადების გამოკვლევამ მოგვცა სატრანსპორტო ფირმების სამუშაოების ოპტიმიზაციისათვის სრული და საიმედო ინფორმაციის შეკრების საშუალება, რამაც გამოიწვია ისეთი მაჩვენებლების ოპტიმიზაციის საჭიროება, როგორებიცაა: დღის განმავლობაში მარშრუტზე გაშვებული ავტობუსების რაოდენობა; ხაზზე გასული თითოეული ავტობუსის რეისების რაოდენობა; თითოეული ავტობუსის პირველ და შემდგომ რეისებზე მოძრაობის დაწყების დრო; ავტობუსის ყოველ



რეისზე მოძრაობის დაწყების ადგილი; თითოეული შემობრუნების რეისისათვის მარშრუტის უბნების გავლის მაქსიმალური დროის ინტერვალები;

7. ეკონომიკურ -მათემატიკური მოდელით და მათ საფუძველზე შექმნილი საანგარიშო ალგორითმით, შმპ-ის გადაყვანებზე მინიმალური ლოგისტიკური დანახარჯების მიხედვით განისაზღვრება კონკრეტულ მარშრუტზე დაბალიატაკიანი მოძრავი შემადგენლობისა და „სოციალური ტაქსის“ რაოდენობის ოპტიმალური თანაფარდობა.

8. საქალაქო მარშრუტზე მომუშავე 10 ავტობუსიდან 7 ადაპტირებული ავტობუსისა და 3 ერთეული „სოციალური ტაქსის“ გამოყენების შემთხვევაში მგზავრთა გადაყვანაზე ჯამური ლოგისტიკური დანახარჯები მცირდება 23%-ით.

9. შემოთავაზებულია მოდიფიცირებული გენური ალგორითმი, განსაზღვრულია ქრომოსომების კონსტრუირების პრინციპები და შემთხვევითი ცვლილებების ოპერატორები განსახილველი ამოცანის მიმართ, და დასაბუთებულია გენეტიკურ ალგორითმში მათი ჩართვის მიზანშეწონილობა.

10. დამუშავებულია მარშრუტებზე ავტობუსების ოპერატიული მართვის სისტემა, რომელიც გვაძლევს მარშრუტებზე ავტობუსების მართვის ხარისხის გაზრდის საშუალებას, აგრეთვე შესაძლებელია მოხდეს მოძრაობის სიჩქარის, მოძრაობის გრაფიკის, ხაზზე მოძრავი სატრანსპორტო საშუალებების რაოდენობის, „პიკის საათებში“ მარშრუტის თითოეული უბნის გავლის დროის და თითოეული ბრუნვითი რეისის შესრულების დროის კორექტირება.

### **დისერტაციის შინაარსი ასახულია შემდეგ პუბლიკაციებში**

#### **The contents of dissertation are reflected in the following publications:**

1. ჯ. ჩოგოვაძე, ფრ. გოგიაშვილი, გ. ლეკვეიშვილი, ვ. დოგრაშვილი. სამგზავრო საავტობუსო გადაყვანების ხარისხის შეფასება უსაფრთხოების მაჩვენებლით. „სატრანსპორტო ხიდი ევროპა-აზია“ შრომების კრებული. 2017. გვ.29-34

1<sup>1</sup>. J. T. Chogovadze, P. G. Gogiashvili, G. A. Lekveishvili, V. V. Dograshvili. Assessing the Quality of Passenger Bus Traffic by Safety Indicator. III GEORGIAN-POLISH INTERNATIONAL SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE „TRANSPORT BRIDGE EUROPE-ASIA“. Kutaisi 2017. p.29-34

2. D. G. Kbilashvili, G. A. Lekveishvili, P. G. Gogiashvili, J. T. Chogovadze, V. V. Dograshvili. DEVELOPMENT OF A MODEL OF THE ADAPTIVE CONTROL OF PASSENGER FLOWS IN THE CITY'S ROAD NETWORK“. Juvenis scientia №12, 2017p. 5-8 <https://www.jscentia.org/2017-12>

3. Phridon GOGIASHVILI\*, Gocha LEKVEISHVILI, David KBILASHVILI, Jumber CHOGOVDZE, Vazha DOGRASHVILI. A LOGISTIC SERVICE MODEL FOR DISABLED PEOPLE IN TRANSPORTATION OF PASSENGERS BY TOWN-SERVICE BUSES. IX INTERNATIONAL CONFERENCE “TRANSPORT PROBLEMS“. Poland, Katowice, 2017. p.205-209. [www.transportproblems@polsl.pl](http://www.transportproblems@polsl.pl)

4. Pridon GOGIASHVILI\*, Gocha LEKVEISHVILI, David KBILASHVILI, Jumber CHOGOVDZE, Vazha DOGRASHVILI. A LOGISTIC SERVICE MODEL FOR DISABLED PERSONS IN MOBILITY BY TOWN-SERVICE BUSES. TRANSPORT PROBLEMS. 2018 Volume 13 Issue 1. p.159-167.



**Akaki Tsereteli State University**

**Copyrighted manuscript**

**Vazha Dograshvili**

**Improvement of the Quality of Transport Services for Passengers with Restricted  
Mobility Using Logistical Approaches**

**Field/Specialty: 0407 Engineering/Transport**

**The Author's Abstract  
of the Doctoral Thesis Nominated for Ph Doctor Degree  
in Transport Engineering**

**Kutaisi 2019**

Akaki Tsereteli State University

Scientific Advisor: Professor **Phridon Gogiashvili**

Reviewers: **Otar Gelashvili** -Georgian Technical University,

Professor

**Akaki Girgylani**- Akaki Tsereteli State University,

Professor

Defense of a thesis will be held on 05 November of 14<sup>00</sup> H.

at the session of the Dissertation Commission created by Dissertation Council of the Faculty of Technical Engineering. Address: Auditorium №1114, Building I, 59 Tamar Mepe Street, 4600, Kutaisi.

Dissertation is available in the library of the Akaki Tsereteli State University at the address: 59 Tamar Mepe Street, 4600, Kutaisi

The Author's Abstract had been sent out „\_\_\_\_“ \_\_\_\_\_

Dissertation Council

Secretary, Associate Professor

\_\_\_\_\_ / N. Sakhanberidze/

**Brief description of paper**

**Topicality of research.** The main sphere of urban economics is represented by urban passenger transport, but at present, it cannot meet the demands of all habitants and guests of Georgian cities. For example, transport services are easily available to people with disabilities. It is very difficult and sometimes even impossible for them to use urban passenger transport facilities, because they are not equipped with special equipment.

The specificity of transport services for persons with disabilities is that urban passenger transport and transport infrastructure facilities must be equipped with special means that provide them with convenient, safe and reliable transportability.

At the modern stage, the transport system, in terms of logistical approach, requires the development of the effective measures for management of passenger transport. The use of principles of logistics in transport will enable us to achieve high levels of passenger services with their safe, reliable and continuous delivery to their destination.

The Convention on the Rights of Persons with Disabilities adopted by the UN General Assembly on December 13, 2006 provides for the participating countries to undertake appropriate measures to make transport services accessible to people with disabilities.

Currently, social rehabilitation of people with disabilities is a topical issue in Georgia as well as in other countries. One of the most important tasks is to ensure the transportability of disabled people by using public transport, as well as ensuring their access to transport and road infrastructure, taking into consideration safety standards. Innovative solution of these problems now requires the further scientific research projects.

The introduction of the improved effective transport service system for different population groups, including persons with disabilities, in logistics system management of urban passenger transport, using the theories and models of logistics, as well as the logistical approaches, determines the relevance of work, which will have theoretical and practical significance for the economies of cities, regions and country.

**The goal and objectives of research.** The goal of the research is to increase the effectiveness of the urban passenger traffic management system using a logistical approach, as well as to develop the methodology for the formation of logistics system of transport services for persons of restricted mobility. As a result of achieving this goal, we will obtain the reliable, efficient, safe and the environmentally friendly urban transport system that will be targeted at citizens belonging to all strata of society, including people with disabilities, and therefore at the interests of society as a whole.

In order to achieve this goal, it is necessary to resolve **objectives** as follows:

- To analyze foreign experience in the organization and management of transportation of disabled people; ;
- To study specifics of using modern logistics technologies in the field of passenger transport services;
- To assess the scale of disabled people's demand for transportation by urban passenger transport;
- To develop the algorithm for improving management of urban passenger transportation processes using the modified model and logistics approach;
- To develop the methodology for determining the numbers of vehicles and special devices needed for safe transportability of persons with disabilities in the logistics system of urban passenger transport;
- To develop the typical systems of information-communication technologies on transport services for people with disabilities;
- To develop measures for improvement of transportation services for persons with disabilities by urban passenger transport.

**The subject of research** is the process of transferring various groups of people, including persons with disabilities, by public transport within the urban area.

**The object of research** is a logistics system of Kutaisi urban passenger transport in terms of disabled people's demand and ensuring their transportation.

**Research methods.** To conduct the studies, there were used the statistics applied and specially-developed computer programs, and methods of statistical analysis, mathematical and economic-mathematical modeling, as well as methods of sociological survey and field research on determining passenger traffic flows.

The pilot studies were carried out on the routes of land passenger public transport.

At every stage of research, there were used computer, video-audio and modern innovative technologies. .

**The research novelty** consists in developing the theoretical-methodological aspects and scientific-practical recommendations on improving the urban passenger transport system based on the approaches of logistics, with to transporting persons with disabilities.

The research novelty of the results obtained by the author consists in:

1. Based on the analysis of the level and accessibility of disabled people's demand for urban passenger transport services, there have been determined all elements of the logistics chain of their transportations, which influence the level of accessibility of urban infrastructure;
2. According to the logistic model, there has been developed a scheme of specialized routes passing through the areas of dense dislocation of persons with disabilities.
3. According to the calculation algorithm based on the used economic-mathematical model, in line with the minimal logistical costs on transportation of disabled people, there was determined the optimal ratio of the motive power and the "social taxi" on the specific route..
4. Based on the genetic algorithm, there was created the method for optimizing the process of passenger transport management by the "GPS-bus-Internet-dispatcher" system for controlling the timetables of urban buses:

- determining the optimal number of motive power on the route;
- determining the optimal timetables for each bus, adjusting the timetables and traveling speed in accordance with the existing road conditions;
- determining the reasons for bus traffic schedule violations.

**Practical bearing.** The use of the results of research and recommendations will improve the urban passenger transport management system in the process of logistics system management of urban passenger transport, and consequently will increase the quality of transport service for the city's population, including persons with disabilities.

Results and recommendations obtained in the dissertation have scientific-practical value for the population of Georgian cities, including in ensuring the access to transport and road infrastructure for persons with disabilities.

Main areas of the use of intellectual products created as a result of the project are as follows:

- the State governing authorities, the city municipal transport department, the trucking carrier companies and individual entrepreneurs:
- Scientific-research centers and higher education institutions working on the problems of improving management of urban transport;
- The educating process in higher education institutions for students specialized in Transport.
- The training-retraining centers for educational laboratories and transport managers.

**Approbation of work.** The provisions and results of research were presented and discussed at scientific conferences and seminars:

1. At the scientific-practical seminars of Transport direction of the Department of Transport and Civil Engineering at the Faculty of Technical Engineering of Akaki Tsereteli State University (Kutaisi, 2015-2018);

2. IX International Scientific Conference (Katowice Poland, 2018);
3. International Scientific-Practical Conference “Transport Bridge Europe-Asia” (Kutaisi, Georgia, 2017).

**Published materials.** On materials relating to dissertation paper, 4 scientific articles were published in international scientific journals, such as “TRANSPORT PROBLEMS” listed in a Scopus database, and one article in international journal „JUVENIS SCIENTIA “ listed in a database of ERISH PLUS. These journals were recommended by the Dissertation Council of the Faculty of Technical Engineering of Akaki Tsereeli State University.

**Volume and structure of dissertation.** Dissertation includes four chapters and contains 8 tables, 21 drawings, 2 annexes and list of 114 references, conclusions, and References. All in all, it amounts 154 pages.

### **Brief description of the thesis work**

The **introductory** sector justifies topicality of research, defines the goal, subject and object of research and describes research objectives, research novelty and practical bearing.

**The first chapter** describes the analysis of the management systems of urban passenger transport services, formulates the goal and objectives of research. The issues related to the organization and management of passenger transportation by road are described in the works by Georgian and foreign specialists as well as in the reports of public transport associations. These include:

- Issues of passenger transport demands, carriages and routes and solving technological tasks of the organization of passenger transportation by road in the route network, tariff determinations and organizing the ticket system, control of passenger motor transport and performance record;
- Public transport must be available to everyone, especially to socially vulnerable people. At the same time, it is necessary to equip public transport with the adapted systems, in order to provide comfortable travel to different categories of consumers;
- Accessibility of transport infrastructure facilities for disabled people;
- Analysis of international experience in the organization and management of transportation of people with disabilities;

According to the statistical data provided by the Ministry of Labor, Health and Social Affairs of Georgia, in 2017, there are registered 125104 persons with disabilities receiving the state social assistance in Georgia, that is about 3-3,4% of the country’s total population (3 729 500), while according to the World Health Organization, this number in most countries reaches 10% on average.

National experiences show that adaptation of persons with disabilities to society is one of the State priorities.

Use of the approaches of logistics in passenger transport allows for optimizing the transport service processes, ensuring the needs of different categories of consumers on the basis of rational use of existing resources..

**The second chapter** brings the methods for studying passenger flows on the city routes, as well as specifics of a pilot study in field conditions.

For the use of the approaches of logistics in the management of urban passenger transport in the process of passenger transportation, there should be made the quantitative evaluation of redistribution of the real values of passenger flow between the bus and minibus routes.

It is advisable to carry out the studies of urban passenger transport when the factor of passenger flows equals to 1.0 or varies within the limits close to 1,0.

We use seasonal variation factor ( $K_{s.u.i}$ ) for selecting the month of the season, which, for the  $i$ -th month of the year, is determined according to the formula:

:

$$K_{s.u.i} = \frac{P_{m.i} \cdot n_1}{P_r \cdot n_{m.i}} \quad (1)$$

where  $P_{m.i}$ —the volume of passenger traffic in the  $i$ -th month;  $P_r$ —the volume of passenger traffic during the year;  $n_{m.i}$ —the number of calendar days in the month.

The average weighted number of passengers in the city of Kutaisi was 32,122 million, according to statistical data from the previous years.

The value of variation factor  $K_{s.u.i}=1,011$  is the closest to 1,0 in the month of April, therefore, the stable month for studying passenger flow is April, while October is the most tense months for passenger flow. We have the lowest value of passenger traffic in August.

The minimum volume ( $P_{res.}$ ) of selected samples is determined by the following formula:

$$P_{res.} = \frac{t^2 \cdot w(1-w) \cdot P_0}{\Delta^2} \quad (2)$$

$\Delta$  —the maximum permissible error of the representativeness of samples;  $t$  —multiplicity of error of the representativeness of samples;  $(1-w)$  —the degree of variation in distribution

The minimum volume of passenger transfers was determined for the use of the selective method:

$$P_{\partial\beta} = \frac{t^2 \cdot w(1-w) \cdot P_0}{\Delta^2} = \frac{1,96^2 \cdot 0,5(1-0,5) \cdot 32,125}{5^2} = 1,234 \text{mln. pasengers} \quad (3)$$

In order to use the sampling method, it is enough to study just 3,841% of annual passenger transport.

The data on passenger flows obtained as a result of the pilot studies using the example of No 1 and No 5 are shown in Fig. 1 and Fig. 2. The distribution histogram for both routes is changing by the almost similar patterns. There have also been studied the relationship between the numbers of passengers transferred on the compatible sections of the transport schemes on both routes, which does not exceed 5% in favor of the bus routes.

**The third chapter** brings the logistic models of the service to disabled people in transporting them by bus.

The logistic model of transport service for disabled people in the integrated urban transport system is a functional link of a unified transport system..

When solving the set objectives, there have been provided:

- determining the optimal number of specialized regular passenger routes for disabled people;
- all buses running on the specialized regular passenger routes must be equipped with the adapted devices;
- designing the scheme of a new specialized route maximally compatible with the existing urban transport schemes.

To organize the logistic model of transport service for disabled people on the acting urban transport routes (Fig. 3), at least one bus must be equipped with the adapted devices. In order to provide the effective functioning of the model, a new route scheme is required to pass through the points of

gathering ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ) and major attraction ( $B_1, B_2 \dots B_n$ ) of disabled people, and besides, it must cross the schemes of the acting routes at least in one point, in order to enable disabled persons to travel with one transfer to any object located within the city's territory.

Based on the analysis of the results of a sociological survey of persons with disabilities, there have been determined:

- the location and number of habitual residences of persons with disabilities ( $A_1, A_2 \dots A_n$ ) ;
- the location and number of places attracting persons with disabilities ( $B_1, B_2 \dots B_n$ );
- priority transport directions for persons with disabilities;
- forecasting the number of passenger carriages on each direction by week-days.

On the example of Kutaisi city, there have been determined 4 points of the compact settlement of disabled persons, and according to the city districts, the points, where urban transport will be accessible for any person with disability living there separately. Through the questionnaire-based surveys, the following target directions have been established: 52% - traveling to medical institutions; 30% - to amenities and recreation kits; 12% - to social security institutions; 6% - various travels. As for traveling for educational and job purposes, they are operated by specialized institutions using specialized transport. Figure 4 illustrates the Kutaisi transport network, with a new regular route scheme designed for people with disabilities, which was designed taking into account the results of the questionnaire-based surveys.

As shown in Fig.4, this route has at least one crossing point with the major urban routes, due to which any point in the city is accessible to disabled persons. All buses running on a special route are adapted, while on the main one – there are adapted one or two buses.

There are two instances of choosing a special route for transferring from a special regular bus intended for disabled persons to the bus running on the major urban route: 1) The specialized route has one crossing (Fig. 5) at least two main urban routes to the point of attraction; 2) The specialized route has two crossings with one main route to the point of attraction (Figure 6).

The Kutaisi City Transport Operational Monitoring System (equipped GPS system) will be used to eliminate the overall expenditures on the tripartite travel, which will enable the shuffle to get the information from the transition point at the distance from the adjacent device. The use of GPS Information Technologies has the opportunity to choose the optimal option of transferring to reduce the total time spent on travel..

The pilot studies were carried out to evaluate the time spent on travel, for two options: 1) in the event of accidental transfer; 2) using GPS information technology. Figure 7 illustrates the relationship between the total travel time costs for disabled persons and the travel for both options. As can be seen from the graphs, the time spent on travel in the case of accidental transfer is 60% ... 80% higher than with the use of GPS technology.

From the point of view of passenger, in the logistics system of transport services for disabled people, the best approach would be travel, implemented for minimum time with a maximum comfort and acceptable tariff.

With a view to studying the optimization of time costs spent on transportation of disabled people, two basic schemes of transport services were developed (Figure 8), namely: a. "Social Taxi" intended for persons with restricted mobility; and b. In combination with urban passenger transport, transportation of persons with restricted mobility.

The economic-mathematical model of the logistics system of transport services for disabled people was used to determine the number of adapted vehicles required for their delivery to the destination point for the minimum time.

The effectiveness function with a view to disabled persons, can be presented as follows

$$M_{\partial\partial\partial} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[ t_{ij}^{\partial\partial\partial} + t_{ij}^{\partial\partial\partial} + \left( (0,5 + P_{\partial\partial\partial}) I_{\partial\partial\partial ij} + \frac{l_{\partial\partial\partial i}}{V_{ij}} \right) K_{\partial\partial\partial\partial} + t_{ij}^{\partial\partial\partial} \right] \rightarrow \min, \quad (5)$$

where  $i = 1, \dots, n$ - is a type of the disabled persons groups;  $j = 1, \dots, m$ - an option of transport service for disabled persons;  $t_{ij}^{ch}$  - waiting time for choosing the type of transportation, order and accomplishment of transportation, sec;  $t_{ij}^{imp}$ ,  $t_{ij}^{imp1}$  - time spent on the travel of  $j$ -th motive power from the point of departure and arrival at the point of destination and on choosing the distance (the road should follow the specially equipped rout for disabled persons, if any, sec);  $I_{int.ij}$ - the traffic interval of motive power, which depends on the number of adapted buses on the route, min;  $P_{fail.ij}$  - probability of failure of passenger boarding due to lack of vacant seats;  $l_{av.i}$ - average travel distance, m;  $V_{ij}$ - travelling speed of  $j$ -th motive power, m / sec;  $K_{transf}$ - coefficient of transfer.

With a view to the requirements of owner of transport services, the effectiveness function can be presented as follows

$$M_{\partial\partial\partial} = \sum_{k=1}^z \cdot \sum_{j=1}^m \cdot \sum_{b=1}^p \cdot \left[ W_{kjb}^{\partial\partial\partial} \right] \rightarrow \min, \quad (6)$$

where  $k = 1, \dots, z$ - the types vehicles allocated for services for disabled persons;  $j = 1, \dots, m$ - transport service option;  $b = 1$ - transport service routes for disabled people;  $W_{kjb}^{cost}$  - the costs incurred for transportation of disabled persons by different vehicles according to service option.

The cumulative time spent on transportation of disabled person is determined by the formula

$$T = 2 \cdot t_{\partial\partial} + \left( \sum_i^N t_{\partial\partial i} + \sum_i^N t_{\partial\partial} \right) \cdot K_{\partial\partial\partial\partial}, \quad (7)$$

where  $t_{walk}$ - the time spent by a disabled person on walking (on foot or wheelchair) to and from the point of stopping, sec;  $t_{wi}$ - bus waiting time, min;  $t_{tri}$  - Time spent on travel by bus, sec;  $N$  - number of transfers;  $K_{transf}$  - coefficient of transferability.

From the fragments of the results of research (Fig. 9 a,b), the increase in demand for transportation by "Social Taxi" increases expenses including the carrier. From the graphs (Fig. 9a) it appears that in case of a fixed request 5 low-floor buses (A) 10 and 5 "social taxis" (M) working on the municipal route are required. For the same route (see Figure 9,b), 3 adapted minibuses are so called "social taxes" that allow for reducing the total logistical expenditures on passenger transportation, in particular passenger logistics costs reduced (1450/1875) by  $X100 = 23\%$ . At the same time, the number of low-cost buses can be increased from 5 to 7.

**The fourth chapter** describes the logistics models of optimization of passenger transport management processes and calculation results are presented. Analysis of conducted surveys revealed high passivity and intensity of passengership in Kutaisi mini network, the two most tense areas A and B (Fig. 10).

Therefore, it has become necessary to create an adaptive management scheme for urban transport (Fig. 11) to provide the network with the appropriate number of buses and additional transport units are supplied with a turbulent tunnel..

The Centralized Control Point (CCP) determines the number of expected passengers and informs additionally to the traffic control station (TCS) about the need for additional buses. The number of additional transport units and the delivery time is determined by the expected passenger traffic.



The introduction of additional transport units will lead to the transportation of the vehicle to the cost of passenger transfer at a distance of 1 km, but the quality of transport service and the resource of the work of the vehicle is increased.

Operating expenses are rising up to 20%, and technical service costs are twice as busy during pic-off hours due to overloading of buses during peak hours. In the introduction of additional transport, the cost of operating expenses increased by 10% ... 15%, but technical service costs decreased to 60%, while achieving the total time spent on travel and increasing comfortability.

The use of the genetic algorithm adapted to the conditions of this task is proposed to solve the task of optimizing the management of the passenger process management. It is also necessary to consider the concepts such as chromosomes, genes, populations, and random changes operators..

The chromosomes are considered to be the solution for a task that consists of the elements of the solutions - genes. The set of options variants constitute the population..

The parameters used to solve the task set and to construct the chromosomes were used:

- time of moving off on each bus line;
- moving off stop conditional number;
- number of movements performed during the operating period;
- number of motive power running on the line.

Taking into account these parameters, the proposed (A) chromosome is as follows:

$$\begin{aligned} \mathbf{A} = & (\boldsymbol{\alpha}^1, \boldsymbol{\beta}^1, \delta^1, \gamma_{1,2}^1, \gamma_{2,3}^1, \dots, \gamma_{i,j}^1, \dots, \gamma_{i-1,k}^1, \mu_i^1; \\ & \boldsymbol{\alpha}^v, \boldsymbol{\beta}^v, \delta^v, \gamma_{1,2}^v, \gamma_{2,3}^v, \dots, \gamma_{i,j}^v, \dots, \gamma_{i-1,k}^v, \mu_j^v; \\ & \boldsymbol{\alpha}^z, \boldsymbol{\beta}^z, \delta^z, \gamma_{1,2}^z, \gamma_{2,3}^z, \dots, \gamma_{i,j}^z, \dots, \gamma_{i-1,k}^z, \mu_{k-1}^z) \end{aligned} \quad (8)$$

For example, the gene  $\boldsymbol{\alpha} = (\alpha^1, \alpha^2)$  contains information on the number of movements;

The gene  $\boldsymbol{\beta}^v = (\beta_1^{v,N}, \beta_2^{v,N}, \dots, \beta_{14}^{v,N})$  defines the time of  $v$ -th bus moving off on  $N$  movements in hours  $v = \overline{1, z}$ , where  $z$  - the number of buses running on the line during the operating period.

The gene  $\boldsymbol{\delta}^v = (\delta_1^{v,N}, \dots, \delta_u^{v,N}, \dots, \delta_h^{v,N})$  defines the time of  $v$ -th bus moving off on  $N$  movements in minutes  $v = \overline{1, z}$ , where  $z$  - the number of buses running on the line during the operating period.

The genes

$$\begin{aligned} \gamma_{1,2}^{v,N} &= \left( l \gamma_{1,2,1}^{v,N}, l \gamma_{1,2,2}^{v,N}, l \gamma_{1,2,3}^{v,N} \right), \dots, \\ \gamma_{j,i+1}^{v,N} &= \left( l \gamma_{j,i+1,1}^{v,N}, l \gamma_{j,i+1,2}^{v,N}, l \gamma_{j,i+1,3}^{v,N} \right), \dots, \\ \gamma_{k-1,k}^{v,N} &= \left( l \gamma_{k-1,k,1}^{v,N}, l \gamma_{k-1,k,2}^{v,N}, l \gamma_{k-1,k,3}^{v,N} \right) \end{aligned} \quad (9)$$

Are the vectors of the time intervals of passing the route sections by  $v$ -th buses on  $N$  movements, where  $i = \overline{1, k}$ .

The gene  $\mu^v = (\mu_1^{v,N}, \mu_2^{v,N}, \dots, \mu_i^{v,N}, \dots, \mu_k^{v,N})$  shows the point of  $v$ -th bus moving off  $v = \overline{1, z}$ , where  $z$  - the number of buses running on the line during the operating period.

The chromosomes are compared as follows:

From the analyzed population  $P = ({}^1A, \dots, {}^vA, \dots, {}^zA)$ , the chromosome that violates restrictions least of all is considered to be the best one, while among the chromosomes that equally violate restrictions, there is chosen the chromosome with a higher value of a target function  $F({}^lA)$ .

The proposed method for optimization of passenger transport management created on the basis a genetic algorithm (Fig. 12) was tested on the controlling system of the urban bus movements "Bus-Internet-dispatch operator".

The bus timetable on the route (Fig. 12) allows us for determining the most congested sectors of the route throughout the day and the intensive sectors in Rush Hour.

In the case of off-schedule deviation in the delay direction by more than 10 minutes, the dispatch operator analyzes the traffic situation in accordance with information obtained from the transducers installed on the buses, based on the basis of which the bus it is easy to identify whether the bus is in the traffic jam or it left the route for technical reasons.

The developed control and management system will improve the bus control quality on the routes, and also it is possible to increase the line speed of buses on the routes, as well as to adjust the bus route time table, the number of motive power running on the line, the time of passing each route section in Rush Hour during each travel.

### Basic conclusions

1. According to the statistical data, in 2017, there are registered 125104 persons with disabilities receiving the state social assistance in Georgia, that is about 3-3,4% of the country's total population (3 729 500). According to the analysis, the level of transport access to the population in the cities of Georgia is insufficient, and in some cities it does not exist at all.
2. By using the selection method of passenger flows, we have studied 3,841% of the annual passenger movement, or of the number of population.
3. In order to prevent traffic congestion in the local sections with the most intensive passenger traffic, we have developed the adaptive standby scheme of urban transport, which envisages the immediate allocation of additional vehicles directly to the congested sections based on the data from the intelligent information systems;
4. There were evaluated the economic indicators of service during the use of additional transport, in particular, transport costs are increased almost by 20% in Rush Hour, while the technical maintenance costs are doubled as compared with operation between peak-hour congested times. When allocating additional transport, the operating costs increased by 10...15 %, while the technical maintenance costs were reduced to 60%.
5. Through the questionnaire-based surveys of transportation of disabled people by urban transport, the following target directions have been established: 52% - traveling to medical institutions;

30% - to amenities and recreation kits; 12% - to social security institutions; 6% - various travels. As for traveling for educational and job purposes, they are operated by specialized institutions using specialized transport.

6. Study of passenger flows in the city allowed us for collecting full and reliable information for the optimization of operation of transport firms, which led to the need for optimizing indicators such as: the number of buses running on the line during the day; the number of travels of each bus running on the line; the time of each bus moving off during the first and subsequent travels; the point of each bus moving off during each travel; the minimum time intervals required for passing the route sections during each return travel;

7. According to the economic mathematical models and the calculation algorithm based on them, by the minimum logistics costs, there is determined an optimal correlation between the number of low-floor motive power and "social taxi" on the specific route;

8. In case of 7 adaptive buses and 3 units of "social taxi" from 10 buses running on urban routes, the overall logistics costs on passenger transportation are reduced by 23%;

9. The modified gene algorithm has been proposed, and the principles of constructing the chromosomes and the random change operators towards the set tasks have been determined, as well as the appropriateness of their inclusion into the genetic algorithm has been justified;

10. developed routes of buses operational management system that gives us the routes of buses driving quality increase, as well as possible to the speed of the motion, motion graphics, online rolling number of vehicles, "peak hours" to each of the passage of time and each rotational flight performance time a correction.. There has been developed the the Operating Control System for buses running on their routes, which allows us for improving the bus control quality on the routes, and also it is possible to increase the line speed of buses on the routes, as well as to adjust the bus route time table, the number of motive power running on the line, the time of passing each route section in Rush Hour during each travel.