

მამუკა ბარამიძე

**ტრანსპორტის ეფექტური ფუნქციონირების  
პრობლემების კვლევა ლოჯისტიკურ სისტემებში.**

ტრანსპორტის დარგში ინჟინერიის დოქტორის (0407)  
აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი

**დისერტაცია**

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფესორი ფრიდონ გოგიაშვილი  
სამეცნიერო თანახელმძღვანელი: ასოც. პროფესორი გოჩა ლეკვეიშვილი

ქუთაისი, 2017 წ.

## სარჩევი

შესავალი-----	5
<b>თავი 1. განშტოვებულ მარშრუტებზე ტვირთების გადაზიდვის თეორიისა და პრაქტიკის თანამედროვე მდგომარეობა-----</b>	<b>10</b>
1.1 მცირე პარტიებით ტვირთების გადაზიდვის სფეროში სამეცნიერო კვლევების მიმოხილვა-----	10
1.2 ტვირთების მცირე პარტიებით გადაზიდვის პროცესში მარშრუტიზაციის ამოცანის ამოხსნის მეთოდების ანალიზი-----	17
1.3 საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის საექსპლუატაციო ხარისხი-----	22
1.4 1-ელი თავის დასკვნები-----	26
<b>თავი 2. ტვირთების მცირე პარტიებით გადაზიდვის პროცესის კვლევის მეთოდოლოგიის სრულყოფა-----</b>	<b>27</b>
2.1 ამოცანის ამოხსნის ალგორითმის დამუშავება-----	27
2.2 „ფიქტიური განშტოებების“ მეთოდით ამოცანების ამოხსნის მეთოდოლოგიის სრულყოფა-----	31
2.3 ძარის ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტის გავლენა გადაზიდვების ეფექტურობაზე -----	43
2.4 2-ე თავის დასკვნები-----	53
<b>თავი 3. მცირე პარტიებით მიწოდებისას მარშრუტების გაერთიანების მოდელის დამუშავება-----</b>	<b>54</b>
3.1 ორი მწარმოებლიდან ტვირთების ერთობლივად დარიგების თეორიის სრულყოფა -----	54
3.2 მიწოდების პუქტების განსაზღვრა და მარშრუტების გაერთიანების ეკონომიკური შეფასება-----	65
3.3 გადაზიდვის პროცესის ორგანიზაციის ეფექტურობის შეფასება-----	68
3.4 3-ე თავის დასკვნები-----	76

თავი 4. . ტვირთების მცირე პარტიებით მიწოდების ექსპერიმენტალური კვლევები-----	78
4.1 ექსპერიმენტის მიზანი და ამოცანები-----	78
4.2 კვლევის ობიექტის ამორჩევა და აღწერილობა-----	79
4.3 ექსპერიმენტალური კვლევების ჩატარების მეთოდოლოგია-----	81
4.4 გაერთიანებული მარშრუტების მოდელირება და მისი ეფექტურობის შეფასება--	86
4.5 „ფიქტიური შტოების“ მეთოდის გამოყენების ეფექტურობის შეფასება -----	88
4.6 მე-4 თავის დასკვნები-----	96
ძირითადი დასკვნები-----	101
ლიტერატურა-----	102
დანართი-----	117

## შესავალი

ერთიან სატრანსპორტო სისტემაში საავტომობილო ტრანსპორტს მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია. საქართველოს გეოგრაფიული მდებარეობიდან გამომდინარე მისი წილი კიდევ უფრო დიდია ქვეყნის სატრანსპორტო მომსახურების ბაზარზე. ქვეყნების ნებისმიერი ეკონომიკური მოწყობის დროს ტრანსპორტის ფუნქციონირების ძირითადი ამოცანა იყო და რჩება მოსახლეობის მოთხოვნების დაკმაყოფილება სატრანსპორტო მომსახურებით, როგორც ინდივიდუალური, ასევე სამრეწველო მიზნით. აღნიშნული ვრცელდება, როგორც სატვირთო გადაზიდვებზე, ასევე მგზავრთა გადაყვანაზე საქალაქო, საქალაქთაშორისო და საერთაშორისო მარშრუტებზე.

საბაზრო ეკონომიკური ურთიერთობების განვითარების თანამედროვე დონე მნიშვნელოვნად არის განპირობებული სატრანსპორტო სისტემების განვითარების მზარდი ტემპით. დღეისათვის გაზრდილია სატვირთო გადაზიდვების მოცულობა. ამ კუთხით საავტომობილო ტრანსპორტის როლი კიდევ უფრო იზრდება, რადგან ლოგისტიკის თანამედროვე მიდგომებიდან გამომდინარე სატვირთო გადაზიდვებში დიდ როლს იკავებს გადაზიდვები „ზუსტად დროში“.

განსაკუთრებით იზრდება ტვირთების გადაზიდვის მოცულობა საქალაქო პირობებში. იმისათვის, რომ მოვახდინოთ სატრანსპორტო საშუალების ტექნიკური მონაცემების ოპტიმალურად გამოყენება და უზრუნველვყოთ დანახარჯების დაბალი დონე, მნიშვნელოვანია მოვახდინოთ საქალაქო ქსელის მარშრუტიზაცია და სრულად და მაღალი ხარისხით დავაკმაყოფილოთ მოთხოვნები სატრანსპორტო მომსახურებაზე.

აღნიშნული ამოცანის წარმატებით გადაწყვეტა საჭიროა გადაზიდვის პროცესის ეფექტური მართვისათვის. თუ ადრე პერიოდში საავტომობილო ტრანსპორტის ფუნქციონირების შეფასების კრიტერიუმი იყო გადაზიდვის გეგმის შესრულება, დღეისათვის ეფექტურობის შეფასების კრიტერიუმის წარმოადგენს ტვირთის მიტანა დანიშნულების ადგილზე. საჭირო რაოდენობით და საჭირო ხარისხით, დანიშნულ დროზე მინიმალური დანახარჯებით.

ზემოთაღნიშნული ფუნქციების შესრულება შეუძლებელია გადაზიდვების

პროცესებისადმი კომპლექსური ლოგისტიკური მიდგომების გარეშე. მკაცრი კონკურენციის პირობებში სატრანსპორტო საწარმოები ორიენტირებული უნდა იყოს არა მარტო მოგების მიღებაზე, არამედ მათ მიერ გაწეული მომსახურება უნდა იყოს ხარისხიანი და სრულად აკმაყოფილებდეს მომხმარებლის მოთხოვნებს. სისტემა უნდა იყოს მოქნილი და რეაგირებდეს სატრანსპორტო ბაზრის მოთხოვნებზე.

ნებისმიერი საწარმოს ეკონომიკურად სწორად განვითარება მნიშვნელოვანწილად არის დამოკიდებული იმაზე, რამდენად ეფექტურად მიმდინარეობს საწარმოში სატრანსპორტო ლოგისტიკური სისტემის ფუნქციონირება. საავტომობილო ტრანსპორტის მუშაობის ანალიზი აჩვენებს, რომ სატრანსპორტო სისტემის სხვა შემადგენელ ნაწილებისაგან განსხვავებით, ის ძირითადად ახდენს ტვირთების გადაადგილებას მცირე პარტიებით. მზარდი კონკურენცია, როგორც წარმოების, ასევე მომარაგების და გასაღების სფეროში კიდევ უფრო საჭიროს ხდის საავტომობილო ტრანსპორტის ზემოთაღნიშნული ფუნქციის განვითარებას თანამედროვე მოთხოვნების შესაბამისად. მნიშვნელოვნად არის შეცვლილი სავაჭრო ქსელი, სადაც ტვირთების მიწოდებისათვის ფართო სპექტრის სამუშაოები არის ჩასატარებელი (მოთხოვნის შესწავლა, მიწოდება, დასაწყობება, მარკირება და ა.შ.).

სავტომობილო ტრანსპორტის ფუნქციონირების განვლილი პერიოდის ანალიზი საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ოპერირებაში ძირითადად ჩართული იყვნენ ინჟინრები და ეკონომისტები. დღევანდელი მდგომარეობა კი გვკარნახობს, რომ ტვირთნაკადების გადაადგილებისათვის, მათ შორის მცირე პარტიებად სავაჭრო ქსელში, საჭიროა მოვახდინოთ გადაზიდვების პროცესების თეორიული კვლევა, შევქმნათ მოქნილი მიკროლოგისტიკური სისტემები, რომელიც უზრუნველყოფს საჭირო ტვირთების მიტანას მომხმარებლამდე მათი გეოგრაფიული მდებარეობის მიუხედავად.

**კვლევის აქტუალობა.** ავტომობილიზაციის ზრდის თანამედროვე პროცესი მნიშვნელოვნად ახდენს საზოგადოებრივი მოთხოვნის დაკმაყოფილებას, მაგრამ ამავე დროს საფრთხეს უქმნის გარემოს და ადამიანის სიცოცხლისუნარიანობას, ამიტომ განვითარების თანმხვედრად უნდა ხდებოდეს თანმდევი პროცესების დაგეგმვა, რაც უსაფრთხოს გახდის ავტოტრანსპორტს გარემოსათვის.

საბაზრო ეკონომიკური ურთიერთობების განვითარება ამცირებს

მისაწოდებელი ტვირთის პარტიების სიდიდეს, რაც განპირობებული არის ბაზარზე მცირე და საშუალო სიდიდის მეწარმეობის განვითარებით. შესაბამისად, სატრანსპორტო მომსახურების ბაზარზე იზრდება მოთხოვნები ტვირთების შიგა საქალაქო მარშრუტებზე გადაადგილებისა, შეინიშნება სავაჭრო წერტილების ზრდა და უწყდება მკაცრი მოთხოვნები პროდუქციის მიწოდება „ზუსტად დროში“. მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ დასახლებულ პუნქტებში არსებული სავაჭრო წერტილები მოთხოვნებს აწესებენ არა მარტო მიწოდების კუთხით, არამედ ასორტიმენტის მხრივ. შესაბამისად ამ საკითხის დადებითად გადაჭრა შესაძლებელია სხვადასხვა მწარმოებელთან კავშირში.

საკითხის სირთულიდან გამომდინარე, აღნიშნული მიმართულებით შესრულებულია საკმაო რაოდენობის კვლევა, მაგრამ ზემოთ აღნიშნული სფერო სწრაფად მზარდია და ტვირთების გადაადგილების ეფექტურობის კვლევაც არ არის სრულყოფილი. ამიტომ საჭირო არის ახალი სამეცნიერო-პრაქტიკული გადაწყვეტები, გადაზიდვების პროცესების მოდელების ოპტიმიზაცია. ამ კუთხით კვლევები აქტუალურია და წინამდებარე ნაშრომი წარმოადგენს მცდელობას აღნიშნული საკითხის გადაჭრისას.

**სადისერტაციო ნაშრომის მიზანი** – საავტომობილო ტრანსპორტით ტვირთების მცირე პარტიებად გადაზიდვის არსებული ორგანიზაციული სისტემების კვლევა და არსებული მეთოდების სრულყოფა.

მიზნების მისაღწევად დაისვა და გადაწყვეტილია შემდეგი ამოცანები:

- დამუშავებულია „განშტოების და საზღვრების“ მეთოდის სრულყოფის მეთოდიკა და კომპიუტერული პროგრამა მისი პრაქტიკული რეალიზაციისათვის;
- შექმნილი არის შერეული მარშრუტის მოდელი ტვირთების გადაადგილებისათვის ორი მწარმოებლიდან;
- შემოთავაზებულია ავტომობილის დამატებით დატვირთვის მიზანშეწონილობის მაჩვენებელი;
- დამუშავებულია მეთოდიკა, რომელიც განსაზღვრავს მარშრუტის იმ პუნქტს, სადაც უნდა მოხდეს ავტომობილის შესვლა დამატებითი ტვირთისათვის;
- ჩატარებულია ექსპერიმენტული კვლევები და შეფასებულია მიღებული შედეგების ეფექტურობა.

**კვლევის ობიექტს** წარმოადგენს მომხმარებლებისათვის მცირე პარტიებად ტვირთების გადაზიდვის პროცესი რამდენიმე მიმწოდებლისაგან.

**სამეცნიერო სიახლეს** წარმოადგენს საავტომობილო ტრანსპორტით მცირე პარტიებად ტვირთების გადაადგილების ეფექტურობის გაზრდა შემდეგი დებულებებით და გადაწყვეტილებებით, რომელიც გამოტანილია დასაცავად.

- „განშტოებების და საზღვრების“ მეთოდის სრულყოფა მარშრუტიზაციის ავმოცანის გადასაწყვეტად მცირე პარტიებად ტვირთების გადაადგილების დროს სავაჭრო ქსელში;
- მათემატიკური მოდელი, მეთოდიკა, მისი გამოყენება და პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ ორი მიმწოდებლიდან ტვირთების გადაადგილების დროს რაციონალური მარშრუტის შედგენა;
- გადაზიდვის პროცესის ეფექტურობის შემფასებელი კოეფიციენტი მარშრუტების შერჩემის დროს მცირე პარტიებად ტვირთების გადაადგილებისას.

**ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება.** შემოთავაზებული მეთოდიკები, მათემატიკური მოდელი და პროგრამული უზრუნველყოფა საშუალებას გვაძლევს უზრუნველყოთ გადაზიდვის მარშრუტების დაგეგმვის დროს პუნქტების ჩამოვლის ოპტიმალური გზა. ეს საშუალებას გვაძლევს შერეულ მარშრუტებზე მოძრაობისას შევამციროთ ავტომობილის უქმი გარბენი და შესაბამისად გავზარდოთ პროდუქციის კონკურენტუნარიანობა.

#### **კვლევის შედეგების რეალიზაცია.**

მიღებული სამეცნიერო, პრაქტიკული და ეკონომიკური შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნას კონკრეტული საწარმოებისა და მწარმოებლებისათვის. სადისერტაციო ნაშრომის მასალები შეიძლება გამოყენებულ იქნას სასწავლო პროცესში მიმართულებისათვის „გადაზიდვის ორგანიზაცია და მართვა ტრანსპორტზე“ და „სატრანსპორტო ლოგისტიკა“.

#### **სამუშაოს აპრობაცია.**

სადისერტაციო კვლევის ძირითადი დებულებები და შედეგები წარმოდგენილი იყო სამეცნიერო მოხსენებებსა და გამოსვლებში: საერთაშორისო კონფერენციაზე „საზღვაო ინდუსტრიის ინოვაციური გამოწვევები.“ (ქ. ბათუმი 2015, 2016 წწ.);

საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციაზე MOTAUTO 2015 (ქ. სოფია, ბულგარეთი 2015 წ.); XIX საერთაშორისო კონფერენციაზე „საზღვაო ტრანსპორტი და ინფრასტრუქტურა“ (ქ. რიგა, ლატვია, 2017 წ.); საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციაზე MOTAUTO 2017 (ქ. ბურგასი, ბულგარეთი 2017 წ.); აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საინჟინრო ტექნიკური ფაკულტეტის მშენებლობისა და ტრანსპორტის დეპარტამენტის ყოველწლიურ სამეცნიერო-ტექნიკურ სემინარებზე (ქ. ქუთაისი 2015, 2016, 2017 წწ.).

**პუბლიკაცია.** სადისერტაციო ნაშრომის ირგვლივ გამოქვეყნებულია 6 ნაბეჭდი ნაშრომი, მათ შორის 3 საერთაშორისო რეფერირებად ჟურნალში და მიღებულია ერთი დადებითი გადაწყვეტილება პატენტის გაცემაზე.

**სტრუქტურა და სამუშაოს მოცულობა.** დისერტაცია შედგება შესავლისაგან, ოთხი თავისაგან, ძირითადი შედეგებისაგან, დასკვნებისაგან და დანართისაგან. შეიცავს 116 გვერდს, 49 ცხრილს, 39 ნახაზს და გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალს 142 ერთეულს.



## თავი 1. ჩამორიგებით მარშრუტებზე ტვირთების გადაზიდვის თეორიისა და პრაქტიკის თანამედროვე მდგომარეობა

### 1.1. მცირე პარტიებით ტვირთების გადაზიდვის შესახებ შესრულებული კვლევითი სამუშაოების მიმოხილვა

გადაზიდვის პროცესის წარმატებით შესრულებისათვის საჭიროა გადაიჭრას მარშრუტიზაციის ამოცანა. სატრანსპორტო სისტემების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ნაკლებად არის შესრულებული სამუშაოები, რომელიც შეისწავლიდა საკითხებს მარშრუტების დონეზე [5]. გადაზიდვების ტექნოლოგიაში არსებობს ტვირთების გადაზიდვის რამდენიმე სახე. მათ შორის მნიშვნელოვანია გადაზიდვა სრულად დატვირთული ავტომობილით და ტვირთების გადაზიდვა მცირე პარტიებით.

სრულად დატვირთული ავტომობილით ტვირთების გადაზიდვის დროს ცნობილია მარშრუტის სამი სახე: ქანქარისებური, წრიული და რადიალური, ხოლო მცირე პარტიებად ტვირთების გადაადგილების დროს მარშრუტები არსებობს ჩამორიგებითი, კრებითი და კრებით-ჩამორიგებითი, რომელიც თავის მხრივ წარმოადგენს წრიული მარშრუტის ნაირსახეობას.

ტვირთების გადაადგილების დროს მარშრუტების სქემების შერჩევა დამოკიდებული არის: დატვირთვა-განტვირთვის პუნქტების ადგილმდებარეობაზე, გადასაზიდი ტვირთის პარტიის სიდიდეზე, გადაზიდვის პირობებზე, მოძრავი შემადგენლობის ტვირთამწეობაზე და ავტოსატრანსპორტო საწარმოს მდებარეობაზე [21].

ქანქარისებურ მარშრუტზე მოძრაობის დროს ტვირთის გადაზიდვა ხდება ორ პუნქტს შორის (დატვირთვისა და განტვირთვის პუნქტები). ამ შემთხვევაში პირდაპირი მიმართულებით ავტომობილი მოძრაობს ტაირთით, ხოლო უკუ მიმართულებით ცარიელ მდგომარეობაში, ანუ ასრულებს უქმ სვლას. კარგი შემთხვევაა, როცა ასეთი ტიპის მარშრუტზე მოძრაობის დროს მოძრავი შემადგენლობა მოძრაობს ასევე დატვირთული. მაშინ უქმი გარბენი ნულის ტოლია. ასევე შესაძლებელია მოძრავი შემადგენლობა უკუგზაზე მოძრაობდეს ნახევრად

დატვირთული [20,21].

დიდი მოცულობის გამანაწილებელი ცენტრების დაფუძნებამ გამოიწვია ის, რომ გაჩნდა გადამზიდავები, რომლებიც ტვირთებს გადაიტანენ დიდი პარტიებით ქანქარისებური მარშრუტების გამოყენებით, მაგრამ ასეთი მარშრუტების გამოყენება ხშირად არ არის ეკონომიკურად ეფექტური. ამიტომ მისი შეცვლა ხდება ე.წ. წრიული მარშრუტებით, სადაც გარკვეულწილად გამორიცხული არის უქმი გარბენი, რადგან წრიული მარშრუტი წარმოადგენს ჩაკეტილ კონტურს საწყისსა და საბოლოო პუნქტს შორის.

რადიალურ მარშრუტებზე ტვირთების გადაზიდვის დროს ხდება გადაზიდვა საწყისი პუნქტიდან პერიფერიებზე ერთი ან რამდენიმე მიმართულებით. ავტომობილების მუშაობის ორგანიზება ასეთ შემთხვევებში გაცილებით გართულებულია, რადგან ცენტრალურ ნაწილში ხდება მათი მოძრაობის მარშრუტების გადაკვეთა.

წინამდებარე ნაშრომში ჩვენ განვიხილავთ ტვირთების გადაზიდვას მცირე პარტიებად, საავტომობილო ტრანსპორტში მცირე პარტიების ტვირთად ითვლება ტვირთის პარტიის წონა 10-დან 200 კგ-მდე [14]. ასეთი ტიპის გადაზიდვები ძირითადად შეეხება სოციალურად მნიშვნელოვან ტვირთებს, სასურსათო საქონელს, საყოფაცხოვრებო მომსახურების ტვირთებს, ფოსტას და ა.შ. მცირე გზავნილში იგულისხმება ტვირთი, რომელიც მიღებულია გადასაზიდად ერთი მისამართით და ვერ ტვირთავს სატრანსპორტო საშუალებას სრულად. ამიტომ ასეთი ტვირთების გადაადგილება მიზანშეწონილია განხორციელდეს ჩამორიგებითი მარშრუტის სქემის მიხედვით.

საბაზრო ეკონომიკის პირობებში იზრდება სავაჭრო წერტილების რაოდენობა. შესაბამისად იზრდება მოთხოვნილება სატრანსპორტო ბაზარზე იმისა, რომ ეს ობიექტები მომარგებულ იქნას უწყვეტად მცირე ზომის სატვირთო ნაკადებით, რადგან გაზრდილია მოთხოვნილება ნომენკლატურაზე. სასარგებლოა ტვირთის პარტიების ფორმირება მოხდეს სწორედ მოთხოვნილი ნომენკლატურის მიხედვით.

ჩამორიგებითი მარშრუტები ძირითადად გამოიყენება შიგასაქალაქო გადაზიდვების დროს. ასეთი გადაზიდვის ყველაზე თვალსაჩინო მაგალითს წარმოადგენს სურსათის გადაზიდვა სავაჭრო ქსელში. ასეთი სახის ტვირთების

გადაზიდვის დროს მნიშვნელოვანი ამოცანა არის მოძრავი შემადგენლობის შერჩევის საკითხი. როგორც წესი ძირითადად გამოიყენებენ ავტომობილ-ფურგონებს ან საერთო დანიშნულების ბორტიან ავტომობილებს, თუმცა გადაზიდვის პროცესის ეფექტურობა დიდად არის დამოკიდებული თუ რა საექსპლუატაციო მაჩვენებლების საავტომობილო ტექნიკა იქნება შერჩეული სატრანსპორტო პროცესის შესასრულებლად. დღეისათვის გამოყენებული მოძრავი შემადგენლობის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ძირითადად ასეთი გადაზიდვების დროს გამოიყენება ავტომობილებით ტვირთამწეობით ორ ტონამდე (დაახლოებით 45%). იმის გამო, რომ მთელ რიგ ქვეყნებში ქალაქების საზღვრების ერთმანეთთან დაახლოებამ გამოიწვია ასეთი ტიპის გადაზიდვების შესრულების აუცილებლობა საქალაქთაშორისო მარშრუტებზე მოძრაობის დროსაც, მათი მაღალი ეკონომიკური ეფექტურობიდან გამომდინარე.

მცირე პარტიებად გადასაზიდი ტვირთი სხვა სახის ტვირთებისაგან განსხვავებით გამოირჩევა განსაკუთრებული ნიშნებით. კერძოდ, ეს შეიძლება იყოს რეალიზაციის დრო (მაგ. პური, რძე და ა.შ.), გადაზიდვის დაგეგმვის სირთულე, რადგან გადასაზიდი პარტიები შეიცავენ დიდ ასორტიმენტს. ამიტომ პროცესის ეფექტურად წარმართვისათვის საჭირო არის წინასწარი მარკეტინგული კვლევების ჩატარება.

ზემოთ აღწერილი საკითხების შესწავლას და მათ ეკონომიკურ დასაბუთებას ვხვდებით მრავალი ავტორის კვლევებში. მათ შორის მნიშვნელოვანია ბ.ლ. გერონიმუსი, ვ.ა. გულკოვი, ლ.ბ. მიროტინი, ს.ე. ეილონი, ტ. გასკელი და სხვა.

მცირე პარტიებად ტვირთების გადაზიდვა ძვირადღირებული პროცესია. კვლევები აჩვენებს, რომ ხშირად მათი ღირებულება უტოლდება ან მეტი არის დიდი მოცულობის ტვირთების გადაზიდვისა იგივე მანძილზე. თუ გავითვალისწინებთ, რომ მცირე პარტიებად ტვირთების გადაზიდვა შეადგენს საერთო სატრანსპორტო მუშაობის 3%-ს, ხოლო ხარჯი 35%-ს, მაშინ ცხადი გახდება, თუ რამდენად განსხვავებული არის შედეგი. გადაზიდვის დროს მარშრუტების არასწორად შერჩევა იწვევს ავტომობილის გარბენის ზრდას და ეს ზრდა ხშირად 30%-ზე მეტია.

თავის შრომებში ზოგიერთი ავტორი [11,12] გამოყოფს სხვადასხვა ფაქტორებს, რომელიც გავლენას ახდენს მოძრავი შემადგენლობის მუშაობის ეფექტურობაზე.

ამიტომ აქცენტი გადატანილი არის ტექნოლოგიების გამოყენებაზე. ვ.ი. ნიკოლინის კვლევების მიხედვით ჩამორიგებითი მარშრუტების მიმართ სისტემური მიდგომით ირკვევა, რომ მათ აქვთ რთული სტრუქტურა. აქ შეინიშნება რამდენიმე წრიული, ან წრიული და ქანქარისებური მარშრუტების კომბინაცია ცენტრალური ან რამდენიმე დატვირთვის პუნქტის არსებობის შემთხვევაში. ამავე ნაშრომში არის განხილული თუ რამდენად დიდი გავლენა აქვს მოძრავი შემადგენლობის ტექნიკურ-საექსპლუატაციო მახასიათებლებს სისტემის ეფექტურობაზე. ავტორი ერთმანეთისაგან განასხვავებს სრულად დატვირთული ავტომობილით და მცირე პარტიებად ტვირთის გადაზიდვის თავისებურებებსაც.

ა.ი. ტიურის სამუშაოში [104] შემოთავაზებულია ჩამორიგებითი მარშრუტის გამოყენების კოეფიციენტი  $K_{Cam}$ , რომელიც განისაზღვრება შემდეგი სახით.

$$K_{Cam} = \frac{L_{qan}}{L_{wr}} \quad (1.1)$$

სადაც  $L_{qan}$  – არის გარბენი ქანქარისებურ მარშრუტზე, კმ;

$L_{წრ.}$  – არის გარბენი წრიულ მარშრუტზე, კმ.

კვლევების პროცესში მიღებულ იქნა დამოკიდებულება ჩამორიგების პუნქტების რაოდენობასა და  $K_{Cam}$  კოეფიციენტს შორის.

$$K_{Cam} = \frac{\Pi_{Cam}}{a\Pi_{Cam} + b} \quad (1.2)$$

სადაც  $a$  და  $b$  არის პროპორციულობის კოეფიციენტი.

აღნიშნული ფარდობიდან ჩანს, რომ არსებობს ეჭვი, როგორი არის წილადურ-წრფივი დამოკიდებულება კოეფიციენტსა და პუნქტების რაოდენობას შორის, ასევე როგორი არის აღნიშნული კოეფიციენტის გამოთვლის სიზუსტე.

მცირე პარტიებად ტვირთების ობიექტზე მიტანის სატრანსპორტო პროცესების თეორიის განვითარებაში მეტი ყურადღება გადატანილი არის მოძრავი შემადგენლობის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების კვლევის კუთხით.

ტვირთების გადაზიდვის დროს სატრანსპორტო საშუალების (ასს)-ს სატრანსპორტო მუშაობა, რომელიც სრულდება დროის ერთეულში, წარმოადგენს მწარმოებლურობას. გარდა ამისა, უნდა აღინიშნოს რომ საავტომობილო ტრანსპორტზე საექსპლუატაციო ხარჯები დაკავშირებული არის ავტომობილის გარბენთან. პრაქტიკაში მიღებულია, რომ სატვირთო ავტომობილის მიერ

შესრულებული მუშაობა გამოისახოს ტონებში ან ტონა-კილომეტრებში. თუმცა თავის შრომებში [20, 21, 22] პროფესორი ა.ი. ვორკუტი ამტკიცებს, რომ ჩამორიგებით მარშრუტზე არ შეიძლება შემფასებელ სიდიდედ ავიღოთ ტონა-კილომეტრი, რადგან ტვირთბრუნვა ამ შემთხვევაში განისაზღვრება ჩამოსარიგებელი პუნქტების რაოდენობით და ტვირთამწეობით, რომელზედაც დამოკიდებული არის მარშრუტზე პუნქტების რაოდენობა. ცხადია, ამ შემთხვევაში უნდა გამოვიყენოთ საათური მწარმოებლობა. ჩატარებული ექსპერიმენტებიდან გამომდინარე, ავტორმა მიუთითა, რომ ჩამორიგებით მარშრუტებზე გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი და ტვირთამწეობის გამოყენების დინამიკური კოეფიციენტი არ შეიძლება მიღებულ იქნას ოპტიმალური მარშრუტის შერჩევის მაჩვენებლად.

ავტომობილის საათური მწარმოებლობის გამოსათვლელ ფორმულას აქვს სახე [12, 13, 58].

$$W_{ar} = \frac{q\gamma_c V_T \beta_e}{L_{er} + t_{np} V_T \beta_e} \quad (1.3)$$

სადაც  $W_{ar}$  – საათური მწარმოებლობა, ტ/სთ;

$q$  – ნომინალური ტვირთამწეობა, ტ;

$\gamma_c$  – ტვირთამწეობის გამოყენების სტატიკური კოეფიციენტი;

$V_T$  – ავტომობილის ტექნიკური სიჩქარე, კმ/სთ;

$L_{er}$  – ტვირთიანი გარბენის სიგრძე, კმ;

$t_{np}$  – ავტომობილის დგომის დრო დატვირთვა-განტვირთვის პროცესის შესასრულებლად; სთ;

$\beta$  – სატრანსპორტო საშუალების გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი.

ზემოთ მოყვანილ ტოლობას შეიძლება მივცეთ სახე:

$$W_{ar} = q\gamma_c \left( \frac{1}{\frac{L_0}{V_T} + t_{np}} \right), \quad (1.4)$$

სადაც  $L_0$  – ავტომობილის საერთო გარბენია, კმ.

რაც უფრო მეტია ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტის მნიშვნელობა, მით მეტია ავტომობილის მწარმოებლურობა. კოეფიციენტი  $\gamma_c$  პირდაპირ არის დამოკიდებული გადასატანი ტვირთის კლასზე. აღნიშნული კოეფიციენტის გაზრდა

შეიძლება მოვახდინოთ შემდეგი ღონისძიებების შედეგად [4]:

- მოძრავი შემადგენლობა უნდა შეესაბამებოდეს გადაზიდვის პირობებს;
- მცირე პარტიებად არსებული ტვირთების დახარისხება და დამსხვილება;
- ტვირთი აუცილებლად კარგად უნდა ეტეოდეს ძარას ზომებში;
- ავტომობილების გამოყენება ძარას გაზრდილი მოცულობით;
- არსებული ბორტების გარდაქმნის (სახეცვლილების) შესაძლებლობა.

დატვირთვა-განტვირთვის დროის სიდიდე დამოკიდებულია ოპერაციების ჩატარების მექანიზაციის დონეზე. ამიტომ შემკრებ-ჩამორიგებითი მარშრუტების დაგეგმვის დროს ძირითად აქცენტს აკეთებენ გადასაზიდი ტვირთის სიდიდეზე  $q$ , მთლიან გარბენზე  $L_0$  და ტექნიკურ სიჩქარეზე  $V_T$ . უნდა აღინიშნოს, რომ ტექნიკური სიჩქარე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მწარმოებლურობაზე, რადგან იზრდება სასარგებლო მუშაობის მიდიდე და მცირდება საჭირო მოძრავი შემადგენლობის რაოდენობა. თუმცა რეალურ პირობებში გადაადგილების დროს გზების გამტარუნარიანობის გამო ადგილი აქვს სიჩქარეების გაუთვალისწინებელ ვარდნას, ამასთან ერთად დაუშვებელია სიჩქარეების გადაჭარბებაც. ამიტომ მთელი მარშრუტის სიგრძეზე ღებულობენ, რომ ტექნიკური სიჩქარე არის მუდმივი სიდიდე.

ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ავტომობილის მწარმოებლურობა წარმოადგენს გადატანილი ტვირთის და საერთო გარბენის ფუნქციას

$$W_{ar}=f(qL_0), \quad (1.5)$$

უნდა აღინიშნოს, რომ გადაზიდვის ორგანიზაციის ეფექტურობა დამოკიდებული არის არა მარტო მწარმოებლურობაზე, არამედ სატრანსპორტო საშუალების წონაზე (გამართულ მდგომარეობაში). რაც უფრო მცირეა ეს წონა, მით ნაკლებია დანახარჯი ერთი ტონა ტვირთის გადაზიდვაზე. დღეისათვის, როდესაც საწვავის ფასი საკმაოდ მაღალია, მოიმატა თვით ავტომობილის გადაადგილებაზე გაწეულმა დანახარჯებმა. ავტომობილის თეორიაში ეს ხარჯი გაითვალისწინება მხოლოდ ირიბად  $\beta$  კოეფიციენტის საშუალებით.

გადაზიდვების პროცესების ორგანიზების დროს საჭიროა მოვახდინოთ არარაციონალური უქმი გარბენების მინიმიზაცია, რომელიც თავის მხრივ მნიშვნელოვან მიდიდეს წარმოადგენს ავტომობილის საერთო გარბენში.

ჩამორიგებითი მარშრუტების ეფექტურობის გაზრდის ერთ-ერთი გზა შეიძლება იყოს მოძრავი შემადგენლობის გადაადგილების მარშრუტებზე ტვირთების დამატება სხვადასხვა მწარმოებლებისაგან. ეს საშუალებას მოგვცემს შევამციროთ ჩამორიგების პუნქტებს შორის უქმი გარბენის სიდიდე და მთლიანობაში გავზარდოთ შრომისნაყოფიერება. მარშრუტების მთელ სიგრძეზე ასეთი ღონისძიებების გატარების თეორიული საფუძვლები სრულად არ არის შესწავლილი. ამავე დროს კვლევის საგანია, თუ რამდენად არის შესაძლებელი სხვადასხვა ხასიათის და შინაარსის მარშრუტების გაერთიანება ერთ მთელად. ამიტომ გადაწყვეტილების მიღების წინ აუცილებელია ყველა ფაქტორის გათვალისწინება.

## 1.2. მცირე პარტიებად ტვირთების გადაზიდვის დროს მარშრუტიზაციის ამოცანის ამოხსნის მეთოდების ანალიზი

ტვირთების მცირე პარტიებად გადაზიდვის ორგანიზაცია გულისხმობს ისეთი ამოცანების ამოხსნას, რომელიც საბოლოოდ წარმოდგება, როგორც ოპტიმიზაციის ამოცანა.

მარშრუტიზაციის ამოცანა შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგი სახით: მოცემული არის ტვირთგამგზავნების და ტვირთების მიმღებების განლაგების ადგილი; გადასაზიდი და ობიექტებზე შესატანი ტვირთების მოცულობები; მოძრავი შემადგენლობა; სატრანსპორტო ქსელი და ქსელში მოძრაობის რეჟიმი. საჭირო არის ვიპოვოთ ერთმანეთთან მოწესრიგებულად დაკავშირებული პუნქტების სიმრავლე, რომელიც ახდენს მარშრუტის ფორმირებას და ტვირთების მიტანა მოვახდინოთ ისე, რომ მივაღწიოთ მიზნის ფუნქციის ოპტიმალურ მნიშვნელობას. აუცილებელია გავითვალისწინოთ საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის საკითხები, რომელიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს გადაზიდვის დროის სიდიდეზე. დატვირთვის  $i$ -ურ პუნქტში, როდესაც ხდება ავტომობილის დატვირთვა ფაქტიურზე ნაკლებად, მარშრუტიზაციის ამოცანა წარმოადგენს რთულ მათემატიკურ პრობლემას, რომელიც უნდა ამოვხსნათ მათემატიკური მოდელირების მეთოდების გამოყენების გზით. ამოცანა დაიყვანება ტვირთის შეკრების პუნქტების განსაზღვრით (რომლებიც შედიან გადაზიდვის ციკლის არეალში) და მათი ჩამოვლის თანმიმდევრობაზე.

მარშრუტის განსაზღვრის მათემატიკური ამოცანა ცნობილია ორი სახით: „კომპოვოიაჟერის ამოცანა“ და „ჩამორიგების ამოცანა“.

კომპოვოიაჟერის ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ გვაქვს  $n$  რაოდენობის ქალაქი. კომპოვოიაჟერი გადის ერთ-ერთი ქალაქიდან და მოძრაობს ისე, რომ შემოივლის ყველა ქალაქს იმ პირობით, რომ თითოეულ ქალაქში მოხვდება მხოლოდ ერთხელ. ქალაქებს შორის მანძილი ერთნაირი არ არის, ამიტომ ქალაქების გავლის რიგითობის მიხედვით თითოეული თანმიმდევრობის დროს გვექნება გარბენის ჯამური სიდიდის სხვადასხვა მნიშვნელობა. ყველა ეტაპისათვის უნდა ვიპოვოთ ისეთი სიდიდე, რომ აღნიშნული ჯამი იყოს მინიმალური.

კომპოვოიაჟერის ამოცანისაგან განსხვავებით, როდესაც ყველა პუნქტების



შემოვლისათვის შეიძლება ავადგომთ ერთი მარშრუტი, „ჩამორიგების ამოცანის“ შემთხვევაში უნდა აიგოს რამდენიმე მარშრუტი, რომელიც ჩაკეტილი არის ერთ გამგზავნთან. ოპტიმალურად ჩაითვლება ის მარშრუტი, სადაც მიზნის ფუნქცია აღწევს კრიტიკულ მნიშვნელობას. ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებად შეიძლება იყოს: ავტომობილის გარბენი, მოძრაობის დრო, სატრანსპორტო მუშაობა, სატრანსპორტო ხარჯები და სხვა.

მარშრუტების დაგეგმვა უნდა მოხდეს ისეთი სახით, რომ ტვირთის წონამ არ გადააჭარბოს ავტომობილის ტვირთამწიფობას, ხოლო ყველა მარშრუტის ჯამური სიგრძე იყოს მინიმალური. ოპტიმალური მნიშვნელობების მიღება შესაძლებელი არის ზუსტი მეთოდების გამოყენებით. ასეთ მეთოდებს მიეკუთვნება „მტოებისა და საზღვრების მეთოდი“. ასეთი მეთოდები საშუალებას გვაძლევს განვიხილოთ ბევრი სხვადასხვა არიანტი, მით უფრო რომ დიდი არის თანამედროვე კომპიუტერული ტექნიკის შესაძლებლობები.

მარშრუტიზაციის ამოცანების ამოხსნის დროს ზუსტი ამონახსნების მისაღებად პირველად იქნა გამოყენებული დინამიკური მეთოდი [6, 7].

დინამიკური პროგრამირება წარმოადგენს ოპტიმიზაციის მათემატიკურ მეთოდს, რომელიც საშუალებას გვაძლევს დავგეგმოთ მრავალეტაპიანი პროცესები დროსთან კავშირში. სატრანსპორტო ქსელში უმოკლესი გზების ძიება წარმოადგენს ერთ-ერთ ასეთ ამოცანას.

დინამიკური პროგრამირების არსი მდგომარეობს შემდეგში: გამოთვლების მთელი ჯაჭვი დაიყოთა  $n+1$  ეტაპებად ( $n$  – არის განტვირთვის პუნქტების რაოდენობა). ყოველ  $k$ -ურ ეტაპზე განიხილება პუნქტი, რომლის ნომერი შეესაბამება ეტაპის ნომერს. შემდეგ დაითვლება მდგომარეობის ფუნქცია  $f_{k-1}$  ყოველი რკალისათვის, რომელიც გამოდის ამ პუნქტიდან. აირჩევა ყველა ვარიანტიდან მინიმალური მნიშვნელობა. სიმალეების კომბინაციამ, არჩეული რკალის შესაბამისად, უნდა დააკმაყოფილოს შემდეგი პირობები.

- მხოლოდ ერთი რკალი გამოდის სიმალლიდან;
- მხოლოდ ერთი რკალი შედის სიმალლეში;
- ქვეციკლების არ არსებობას მარშრუტის სიგრძეზე არ განვიხილავთ.

ზემოთაღნიშნული პირობების დარღვევის შემთხვევაში ხდება დაბრუნება ერთი

ეტაპით უკან და ამ ეტაპზე მიღებული რკალი  $(k-1)$ - $j$  იგნორირებულია შემდეგი რკალი აირჩევა პირობიდან, რომ  $f_{(k-1)-i} \geq f_{(k-1)-j}$  ( $i \neq j$ ).

როდესაც პროცესი აღწევს  $n+1$  ეტაპს, გაანგარიშება მთავრდება. ფუნქციონალურ განტოლებას ამ ამოცანისათვის აქვს სახე [49]:

$$f_i = \min(\ell_{ij} + f_j), \quad (1.6)$$

სადაც  $\ell_{ij}$  – არის  $i$  და  $j$  პუნქტებს შორის მანძილი;

$f_j$  – მინიმალური დაშორება  $j$  პუნქტიდან საბოლოო პუნქტამდე.

დინამიკური პროგრამირების მეთოდის ალგორითმის შესაბამისად ვარიანტების ანალიზი იწყება პროცესის ბოლოდან. ამ მეთოდის ღირსება არის ამოცანის ამოხსნის მრავალეტაპიანობა. უარყოფით მხარედ შეიძლება ჩაითვალოს ის ფაქტი, რომ არ გვაქვს ამოხსნის ერთიანი ალგორითმი, რომელიც გამოდგებოდა ყველა ამოცანისათვის. ამავე დროს დიდი მოცულობის ამოცანების ამოხსნა ძალზე შრომატევადია. რიგ ნაშრომებში შემოტანილი არის დამატებითი შეზღუდვები, რომელიც საშუალებას არ იძლევა იმისას, რომ მარშრუტები გადაიკვეთოს. ასეთი მეთოდები გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა გარკვეული ობიექტების შეკრება ერთ მარშრუტში, ხოლო მათი ჩამოვლის რიგი მიზანშეწონილია განისაზღვროს სხვა მეთოდებით.

„განშტოებისა და საზღვრების“ მეთოდი შემოთავაზებულ იქნა მეცნიერთა ჯგუფის მიერ (დ. ლიტლი, კ. მურტი, დ. სუინი და კ. კეროლი [49, 62]) და დიდი გამოყენება ჰპოვა „კოსმოვოიაჟერის ამოცანის“ გადასაწყვეტად. ის წარმოადგენს ერთ-ერთ ზუსტ მეთოდს მარშრუტიზაციის ამოცანის ამოსახსნელად და დაიყვანება მიზნის ფუნქციის მოძებნაზე შემდეგი სახით:

$$L = \sum_{i=1}^n \ell_i \quad (1.7)$$

სადაც  $n$  – არის განშტოების რაოდენობა;

$\ell_i$  – შტოს სიგრძე შვერილებს შორის.

აღნიშნული მეთოდით გამოთვლების ჩატარება მარტივია და მდგომარეობს შემდეგში. საწყის მომენტში ყველა შესაძლო გადაწყვეტილებების სიმრავლიდან შეირჩევა ფუნქციონალის მნიშვნელობის ქვედა ზღვარი, რომლის ზემოთ მიზნის ფუნქციის მნიშვნელობა არ იქნება.

მინიმალურ დაშორებაზე ხდება საწყისი მატრიცის დაყვანა. ამ მიზნით მატრიცაში განისაზღვრება მინიმალური ელემენტები, ე.წ. დაყვანის მუდმივები, რომელიც საწყის მომენტში გამოითვლება მოცემული სტრიქონის თითოეული ელემენტიდან, ხოლო შემდეგ სვეტის თითოეული ელემენტიდან. დაყვანილ მატრიცაში ყოველ სტრიქონსა და ყოველ სვეტში არის თუნდაც ერთი ნულოვანი ელემენტი. თავიდან განიხილება ეს ელემენტები, რადგან უჯრა ნულოვანი დაშორებით აღნიშნავს მინიმალურ მარშრუტს დაშორების მხრივ. შემდეგ ყველა ნულოვანი ელემენტისათვის განისაზღვრება შეფასება  $A_{i-j}$ , რომელიც გვიჩვენებს შესაძლო დანაკარგებს, თუ ეს ელემენტი არ იქნება ჩართული მატრიცაში. ამიტომ პირველ რიგში მატრიცაში რთავენ ნულოვან ელემენტს მაღალი შეფასებით. შემდეგ ბოველ ნაბიჯზე სიმრავლეს ყოფენ ორ ურთიერთსიმრავლედ, ისე რომ ისინი არ იკვეთებოდნენ და თითოეული მათგანისათვის ასევე განისაზღვრება ამონახსნის ქვედა ზღვარი და აირჩევა მათ შორის უმცირესი. ამასთან ერთად ერთი ქვესიმრავლე წარმოქმნის მარშრუტებს, რომელიც შეიცავს რგოლს  $K-S$ , მაშინ

$$L_{K-S}=L(U) \quad (1.8)$$

სადაც  $L(U)$  – ქვედა საზღვარია.

ხოლო მეორე – მარშრუტები, რომელსაც ეს რგოლი გამორიცხავს

$$L_{\overline{K-S}}=L(U)+A_{K-S} \quad (1.9)$$

გამოთვლების შედეგების მიღებით წარმოიქმნება ე.წ. „გადაწყვეტილებების ხე“, რომელსაც ყოველ კვანძში აქვს ორი განშტოება. შტოების ბოლომდე გავლის შემდეგ მიიღება მატრიცა ზომით  $2 \times 2$ . გზა წარმოადგენს ოპტიმალურს, თუ მისი სიგრძე არ აღემატება ნებისმიერი გაუყოფელი ქვესიმრავლის ქვედა საზღვარს.

თუ რომელიმე გაუყოფელი ქვესიმრავლის ქვედა ზღვარი ნაკლებია, ვიდრე ნაპოვნი მარშრუტის სიგრძე, მაშინ ამოხსნა შემდეგ სრულდება იმ ქვესიმრავლიდან, რომელსაც აქვს მინიმალური ქვედა საზღვარი. მას შემდეგ, რაც გავივლით „გადაწყვეტილება ხის“ ყველა შტოს, გამოთვლის პროცესი მთავრდება. უნდა აღინიშნოს, რომ გამოთვლის პროცესი მთავრდება. უნდა აღინიშნოს, რომ გამოთვლის ზუსტი მეთოდების გამოყენება გვაძლევს ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღების გარანტიას. აღნიშნული მეთოდის ერთ-ერთი უარყოფითი მხარე არის ქვეციკლების არსებობა. ეს არის განსაკუთრებული

შემთხვევები, როდესაც საჭირო არის ერთი და იგივე ქუჩაზე რამდენჯერმე გავლა.

ამიტომ კლიენტების განაცხადები განიხილება როგორც შემთხვევითი სიდიდეები. შემდეგ ხდება დაყოფა მიკრორაიონებად ან გამოიყენება სიტუაციური დაგეგმვა. დამიკრორაიონება ნიშნავს რამდენიმე პუნქტის გაერთიანებას ერთ მიკრორაიონად. რაიონების გაერთიანება შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა მეთოდით. ამ დროს შეიძლება გაჩნდეს უქმი გარბენები, რაც ფაქტიური მდგომარეობა განსხვავებულია საგეგმოსთან შედარებით, რაც თავის მხრივ გავლენას ახდენს შედეგებზე. იმის გამო რომ კლიენტების დაკვეთების სიდიდე და შინაარსი იცვლება, მოსალოდნელია დატვირთვის პუნქტების განლაგებაში გარკვეული ცვლილებების შეტანა. ამიტომ დაშორებების ანგარიშის დროს შეიძლება ცდომილებამ მიაღწიოს კრიტიკულ მნიშვნელობას.

ლოკალური ორგანიზაციის შედარებით კარგ მეთოდს წარმოადგენს ინვერსიის მეთოდი [126, 134]. აღნიშნული მეთოდის არსი მდგომარეობს შემდეგში: საწყის ეტაპზე ხდება გადაზიდვის დასაშვები გეგმის ფორმირება და მოცემული არის განსაზღვრული მარშრუტი. შემდეგ შერჩეული კრიტერიუმების მიხედვით მიიღწევა გადაზიდვის უკვე არსებული გეგმის სრულყოფა მარშრუტის რგოლების მანიპულირების გზით. ამრიგად, ხდება მარშრუტის გახლეჩა ორ ნაწილად, შეცვლიან რა რგოლებს, ისევ აერთებენ, მხოლოდ იმ პირობით რომ მარშრუტის მეორე ნაწილს ჰქონდეს უკუმიმართულება. მანიპულაცია შეიძლება მოვახდინოთ სამი, ოთხი და ა.შ. რგოლის მიხედვით. იზრდება ვარიანტების რაოდენობაც, რომელიც უნდა გავაანალიზოთ.

ტვირთების გადაზიდვის კიდევ ერთ გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს შერჩევა უმოკლესი დაკავშირებული ქსელით [21, 29]. აღნიშნული მეთოდის მიზანია ყველა პუნქტი შეერთდეს უმოკლეს დამაკავშირებელ ქსელში, ე.ი. ყოველ დისლოკაციას ემატება რგოლები უმცირესი დაშორებებით. ეს მეთოდი გამოიყენება სიმეტრიული მატრიცისათვის.

### 1.3 საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრავი შემადგენლობის საექსპლუატაციო ხარისხი

საავტომობილო ტრანსპორტის მუშაობა ხასიათდება რამდენიმე საექსპლუატაციო მაჩვენებლით, რომელთა შორის ავტომობილის ხარისხიანობას ყველაზე მეტად აფასებს ტვირთამწეობა - ტვირთის უმაღლესი რაოდენობა, რომელიც შეუძლია სატრანსპორტო საშუალებამ გადაზიდოს ერთდროულად.

ტვირთამწეობა დამოკიდებულია გადასაზიდი ტვირთის მოცულობით მასაზე (სიმკვრივეზე), გეომეტრიულ ზომაზე და განსაზღვრება ავტომობილის საპასპორტო მონაცემების ორი ძირითადი სახით: ნომინალური ტვირთამწეობა და ავტომობილის ძარას შიგა მოცულობა.

ტვირთის გეომეტრიული ზომა განსაზღვრავს რამდენად სრულად შეიძლება გამოვიყენოთ ძარას შიგა მოცულობა. ტვირთის მოცულობით წონაზე კი დამოკიდებულია რამდენად სრულად გამოვიყენებთ ავტომობილის ტვირთამწეობას და შიგა მოცულობას.

გადასაზიდი ტვირთის ზღვრული რაოდენობა შემოიფარგლება ავტომობილის ტვირთამწეობით. ამიტომ ავტომობილის ტვირთამწეობა სრულად გამოყენებული იქნება იმ შემთხვევაში, როცა ტვირთის მოცულობითი მასა ტოლი იქნება ან გადააჭარბებს ხვედრით მოცულობით ტვირთამწეობას.

თუ ტვირთის სიმკვრივე ნაკლები იქნება ავტომობილის ტვირთამწეობის ხვედრით მოცულობაზე, მაშინ ტვირთამწეობა არ იქნება სრულად გამოყენებული. შესაბამისად, თუ ძარას მოცულობა სრულად არ არის გამოყენებული, მაშინ გვრჩება ძარაზე თავისუფალი ადგილები, ნამეტი ლითონტევადობა და ავტომობილის ტვირთამწეობას ვერ ვიყენებთ ეფექტურად.

ისეთი ტვირთების გადაზიდვის დროს, როცა ტვირთის სიმკვრივე მცირეა, ძარა კი იქნება შევსებული სრულად, მაგრამ ტვირთამწეობას სრულად ვერ გამოვიყენებთ. იმისათვის, რომ სრულად გამოვიყენოთ ავტომობილის ტვირთამწეობა, ხშირად მიმართავენ ბორტების ზომების გაზრდას. ამ შემთხვევაში მნიშვნელოვანია სატრანსპორტო საშუალება რაციონალურად იქნას შერჩეული კონკრეტული სახეობის ტვირთის გგადასაზიდად, ისე რომ ტვირთის სიმკვრივის სიდიდე ახლოს მყოს

ავტომობილის ხვედრით მოცულობასთან. ასევე ეფექტურია სპეციალიზირებული მოძრავი შემადგენლობის გამოყენება.

ტვირთების გადაზიდვა ხდება მარშრუტებზე, რომელიც წინასწარ არის შედგენილი და შესაძლოებელია გარკვეულწილად მოწყობილი ინფრასტრუქტურით საწყის და საბოლოო პუნქტებს შორის. მარშრუტიზაციის ამოცანის გადაწყვეტა საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ ტვირთნაკადების ოპტიმიზირება გადაზიდვის მიმართულების, გადაზიდვის სიშორის და გზის დატვირთულობის მიხედვით.

მარშრუტიზაციის ძირითად ამოცანას წარმოადგენს მოძრაობის ორგანიზაცია, ტვირთის მიზიდვის დროის მინიმიზაცია, მოძრაობის უსაფრთხოება, სატრანსპორტო საშუალების ეფექტურად გამოყენება, გადაზიდვის გეგმების და გრაფიკის შესრულება.

ტვირთის დანიშნულების ადგილზე მიტანის სატრანსპორტო-ტექნოლოგიური სქემის რეალიზების ელემენტები შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით:

1. ტვირთის გადაზიდვის პირობების ანალიზი და არსებული შეზღუდვები;
2. სატრანსპორტო ტექნოლოგიური სქემების დამუშავება;
3. ტვირთის გადაზიდვის კონკურენტული ვარიანტების შეფასება;
4. გადაზიდვის სატრანსპორტო-ტექნოლოგიური სქემის შერჩევა;
5. ხელშეკრულების გაფორმება და ინსტრუქტაჟის მასალების შედგენა;
6. გადაზიდვის შესრულება არჩეული სქემით;
7. გადაზიდვაზე გაწეული მომსახურების გაანგარიშება;
8. შესრულებული გადაზიდვის კონტროლი და ანალიზი.

სავაჭრო მიწოდებების (სავაჭრო ტვირთის გადაზიდვა) ტრადიციული მეთოდები მოიცავს რამდენიმე ეტაპს. ჩვეულებრივ, ამ ეტაპებს განეკუთვნება:

1. საქონლის საბითუმო შესყიდვები მომწოდებელი ფირმისაგან ან პირდაპირ მწარმოებლისაგან;
2. ტვირთის გადაზიდვა და განთავსება საკუთარ საწყობში;
3. ტვირთების შენახვა და შეკვეთების მიღება კლიენტებისაგან;
4. ტვირთების პარტიების ფორმირება დაკვეთების მიხედვით;
5. მომხმარებლისათვის ტვირთის მიწოდება საკუთარი საწყობიდან გამანაწილებელი ქსელის საშუალებით.

არის შემთხვევები, როდესაც ტვირთის გადაზიდვა მსხვილ პარტიებად ხდება პირდაპირ საბითუმო მოვაჭრესაგან, ისე რომ ტვირთის გადმოტვირთვა არ ხდება საკუთარ საწყობში. ამ შემთხვევაში მნიშვნელოვანად მცირდება ტვირთის გადაზიდვაზე გაწეული ხარჯები.

სატრანსპორტო ტექნოლოგიური სქემის ეფექტურობის შესაფასებლად ხშირად იყენებენ 1 ტონა ტვირთის გადაზიდვაზე გაწეულ დაყვანილ ხარჯებს. გადაზიდვის ყოველი ეტაპისათვის შეირჩევა შემსრულებელი და ფორმდება შესაბამისი ხელშეკრულება ოპერატორს ან ტვირთის მფლობელს შორის.

ტვირთების გადაზიდვის სატრანსპორტო ტექნოლოგიური სქემა ზოგად შემთხვევაში თავის თავში აერთიანებს შემდეგ ძირითად ეტაპებს:

1. გადასაზიდი ტვირთის ერთეულის ფორმირება, როდესაც ტვირთი მზადდება გადასაზიდად. ამ შემთხვევაში ხარჯის გაწევა ხდება საექსპლუატაციო მიზნით და კაპიტალ დაბანდებაზე;
2. ფორმირებული ტვირთის დატვირთვა სატრანსპორტო საშუალებაზე, ამ შემთხვევაში ხდება ლოგისტიკური ჯაჭვის ორი წევრის ურთიერთქმედება: ტვირთამგზავნის საწყობის და გადამზიდავი კომპანიის სატრანსპორტო საშუალების;
3. ტვირთის მიტანა მაგისტრალური ტრანსპორტის ტერმინალთან. აღნიშნული ეტაპი შეიძლება გამოვრიცხოთ, მაშინ როდესაც პირდაპირი კავშირი არის ტვირთამგზავნსა და ტვირთმიმღებს შორის;
4. ტვირთების კონსოლიდირება ტერმინალებში, რომელთაც აქვთ გადაზიდვის ერთი და იგივე მისამართი. ტერმინალში სრულდება სატრანსპორტო-სასაწყობო ოპერაციები ტვირთების პარტიებად ფორმირებისათვის და მომზადება მაგისტრალური ტრანსპორტისათვის;
5. ტვირთების გადაზიდვა მაგისტრალური ტრანსპორტით;
6. სატრანსპორტო-სასაწყობო ოპერაციები ტვირთების გადმოტვირთვის ადგილზე დანიშნულების ტერმინალში;
7. ტვირთების გაზიდვა მაგისტრალური ტრანსპორტით და მათი განთავსება მომარაგება-გასაღების ბაზებში;
8. ტვირთის მიტანა ბაზებიდან საბოლოო მომხმარებელთან. ამ დროს ხდება

სატრანსპორტო საშუალებების და დამტვირთავ-განმტვირთავი საშუალებების ურთიერთქმედება. ძირითადად ამ შემთხვევაში გამოიყენება მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის ავტომობილები;

9. გადაზიდვის პროცესის კონტროლი. მიმდინარეობს არჩეული სქემის ეფექტურობის შეფასება და შემსრულებელთა მიერ გაწეული სამუშაოს ანალიზი, ხდება საბოლოო ფინანსური გაანგარიშებები.

ტრანსპორტირების ორგანიზაციის დროს ძირითადად გამოიყენება ორი ძირითადი პრინციპი: ეკონომიის მიღება გადაზიდვების მასშაბურობის ხარჯზე და ეკონომია, რომელიც მიიღება მარშრუტის სიშორის ხარჯზე.

პირველ შემთხვევაში ეკონომიას ვღებულობთ სატრანსპორტო ხარჯების შემცირებით, რაც მიიღწევა გადასაზიდი ტვირთის პარტიების დამსხვილებით. ამ დროს მცირდება ერთეული ტვირთის გადაზიდვაზე გაწეული ხარჯები. ეს არის შემთხვევა, როდესაც გადაზიდვის ღირებულების მუდმივი მდგენელი განაწილებული არის მთელ ტვირთზე (ადმინისტრაციული ხარჯები, მოცდენის ხარჯები, დატვირთვა-განტვირთვა, საექსპლუატაციო ხარჯები და სხვა).

მარშრუტის სიშორის ხარჯზე ეკონომია მიიღწევა ერთეული ტვირთის გადაზიდვაზე გაწეული ხარჯების შემცირებით.

საბაზრო ეკონომიკის პირობებში სატრანსპორტო საშუალებების ექსპლუატაციის პროცესის ანალიზმა მთელ რიგ ქვეყნებში აჩვენა, რომ მნიშვნელოვანია მოხდეს სატრანსპორტო საქმიანობის რეგულირება, რაც გამოწვეულია მთელი რიგი მიზეზებით: მონოპოლიზაციის მაღალი დონე, მკაცრი კონკურენცია საავტომობილო-სატრანსპორტო მომსახურების ბაზარზე და ა.შ.

მთელი რიგი საკანონმდებლო აქტები აჯდენენ სატრანსპორტო გადაზიდვების პირობების და წესების რეგლამენტირებას, ადგენენ ავტოსატრანსპორტო დაზწესებულებების და სატრანსპორტო ორგანიზაციების მუშაობის წესებს და ვალდებულებებს, გადაზიდვაზე საჭირო დოკუმენტაციას და ხელშეკრულებებს. ავტოსატრანსპორტო ორგანიზაციებისათვის დგება ტიპიური ხელშეკრულება ტვირთების გადაზიდვაზე.



### 1.3. პირველი თავის დასკვნები

ჩატარებული ანალიზის მიხედვით შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

1. დღევანდელი პირობებისათვის იზრდება რა მოთხოვნები ტვირთების მცირე პარტიებად გადაზიდვის მიმართ, აუცილებელი ხდება ავამაღლოთ მოძრავი შემადგენლობის გამოყენების ხარისხი.
2. ტვირთების მცირე პარტიებად გადაზიდვის პროცესის ორგანიზაციის დროს დასახული მიზანი მიმართული უნდა იყოს არა მხოლოდ გარბენის მინიმიზაციისაკენ, არამედ უნდა მოხდეს საავტომობილო ტრანსპორტის მიერ შესრულებული სამუშაოს მინიმიზირება.
3. ერთის მხრივ კომპიუტერული ტექნიკის შესაძლებლობის გაზრდა და მეორეს მხრივ ბაზრის მოთხოვნების ზრდა სატრანსპორტო მომსახურების სიზუსტეზე, აქტუალურს ხდის გამოვიყენოთ „შტოებისა და საზღვრების“ მეთოდი ტვირთების წვრილ პარტიებად და გადაზიდვის მარშრუტიზაციის პროცესში.
4. ქალაქების განლაგების სპეციფიკა აუცილებელს ხდის ტვირთების მცირე პარტიებად გადაადგილების დროს რამდენჯერმე მოხდეს ერთსა და იმავე მისამართზე ტვირთის მიტანა ერთ შემთხვევაში, როდესაც ვიყენებთ „შტოებისა და საზღვრების მეთოდს“. ეს რეალობა გათვალისწინებული არ არის, რაც საჭიროებს მის მოდერნიზაციას. ამიტომ ზუსტი მეთოდების მოდერნიზაცია წარმოადგენს პერსპექტიულ მიმართულებას ტვირთების მცირე პარტიებად გადაზიდვის პროცესის დაგეგმვისათვის. რაც საშუალებას მოგვცემს გავაუმჯობესოთ ოპერატიული დაგეგმვა და ავამაღლოთ საავტომობილო სატვირთო გადაზიდვების ეფექტურობა.

## თავი 2. „განშტოებისა და საზღვრების“ მეთოდის სრულყოფა

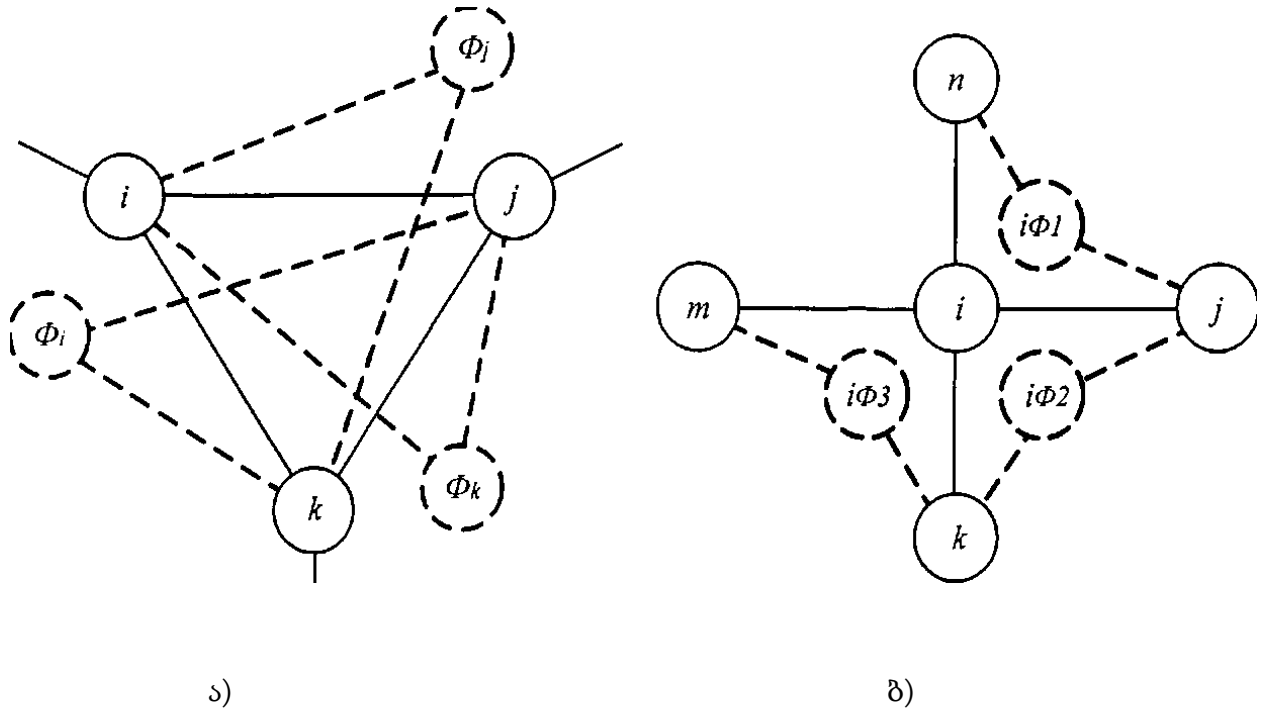
### 2.1. ამოცანის ამოხსნისათვის საჭირო ალგორითმის დამუშავება

ტვირთების გადაზიდვის პროცესის ეფექტურობის გაზრდისათვის ერთ-ერთი გზა არის ტვირთების გადაადგილება შერწყმული მარშრუტებით. მცირე პარტიებად ტვირთების გადაზიდვას აღნიშნული მარშრუტით აქვს თავისი განსაკუთრებული ხასიათი, რადგან ის ითვალისწინებს ერთი და იგივე პუნქტში მარშრუტის გავლის დროს რამდენჯერმე შესვლას. რაც თავის მხრივ არ აკმაყოფილებს მარშრუტიზაციის კლასიკური ამოცანის პირობებს, როცა მარშრუტის გავლის დროს თითოეულ პუნქტში შევლა უნდა მოხდეს მხოლოდ ერთჯერ. გარდა აღნიშნულისა, საკითხის თეორიულ ჭრილში დასმა წინააღმდეგობაში მოდის რეალურ პროცესში მარშრუტზე მოძრაობის დროს.

დღევანდელი მოთხოვნები მარშრუტების ოპტიმალური შერჩევის ამოცანის გადასაწყვეტად განუხრელად იზრდება. ამიტომ კვლევებისას ზუსტი მეთოდების გამოყენებას ალტერნატივა არ აქვს. წინამდებარე კვლევაში სხვადასხვა მარშრუტების კვლევის საფუძველს წარმოადგენს „შტოებისა და საზღვრების“ მეთოდი. როგორც აღინიშნა, აღნიშნული მეთოდის უარყოფითი მხარე არის ის, რომ არ არის საშუალება გათვალისწინებული იყოს ქვეციკლები. ამიტომ მკვლევარები უფრო სარგებლობენ ამოცანის გადაწყვეტის მიახლოებითი მეთოდებით. ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია მეთოდიკა, რომელიც ასეთ კონკრეტულ პირობებში იძლევა საშუალებას მოვახდინოთ კლასიკური მეთოდის სრულყოფა.

მეთოდიკის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ სატრანსპორტო ქსელის კვლევის დროს შემოტანილი არის ფიქტიური კვანძები და კავშირები, როდესაც ეს არის საჭირო.

ფიქტიური კვანძი (პუნქტი) ეწოდება დამატებით შემოყვანილ კვანძს, რომელიც არ იყო საწყის სატრანსპორტო ქსელში. ასევე ფიქტიური არის კავშირი მასსა და ნამდვილ ობიექტს შორის. ერთად ისინი ქმნიან ფიქტიურ შტოს ან რგოლს.



ნახ.2.1. „ფიქტიური შტო“-ს ელემენტები

ა) სამკუთხა ელემენტი; ბ) კვანძოვანი ელემენტი

მარშრუტიზაციის ამოცანა შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგი სახით. ვთქვათ არსებობს სატრანსპორტო ქსელი, რომლის ფარგლებში უნდა მოხდეს ტვირთის გადატანა. ტვირთის მახასიათებელი არის ერთგვაროვანი, რაც საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ ერთი ტიპის სატრანსპორტო საშუალება. ამასთან ერთად ცნობილია ერთი ავტოსატრანსპორტო კომპანია, რომელიც ერთი მწარმოებლიდან აწარმოებს ტვირთების დარიგებას მომხმარებელთან სავაჭრო ქსელში. ცნობილია ტვირთის ის რაოდენობა, რომელიც გადაიზიდება ერთი მომხმარებლისათვის ერთი მარშრუტის დროს ხორციელდება რამდენიმე პუნქტის მომსახურება. საჭიროა გადაზიდვის პროცესი დაიგეგმოს ისეთი სახით, რომ დაკმაყოფილდეს ყველა მომხმარებელი და ამასთან ერთად ტრანსპორტირებაზე დანახარჯების სიდიდე იყოს მინიმალური. მიზნის ფუნქციად შეიძლება გამოვიყენოთ მარშრუტის სიგრძე ან დრო. შესაბამისად:

$$f(L) = \sum l_i \rightarrow \min; \quad f(T) = \sum t_i \rightarrow \min \quad (2.1)$$

ერთნაირი სიგრძის მარშრუტების არსებობის შემთხვევაში შეირჩევა ის,

სატრანსპორტო მუშაობის სიდიდე არის მინიმალური გადაზიდვის პროცესის შესრულების დროს (იგულისხმება მხოლოდ ტვირთის გადაზიდვის დროს შესრულებული მუშაობა).

სატრანსპორტო ქსელის გრაფი თავის თავში შეიცავს  $N$  წვეროს. განტვირთვის პუნქტების რაოდენობა იმყოფება ზღვრებში  $i=1, 2, 3...n$ . ყველა წვერო შეერთებულია კავშირებით, რომლის წონა (სიგრძე ან დრო) ცნობილია. აქედან გამომდინარე დგება პუნქტებს შორის წონების მატრიცა [43, 79, 108]:

$$L = \begin{vmatrix} \infty & l_{1,2} & l_{1,3} & \dots & l_{1,n} & \dots & l_{1,N} \\ l_{2,1} & \infty & l_{2,3} & \dots & l_{2,n} & \dots & l_{2,N} \\ l_{3,1} & l_{3,2} & \infty & \dots & l_{3,n} & \dots & l_{3,N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{n,1} & l_{n,2} & l_{n,3} & \dots & \infty & \dots & l_{n,N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{N,1} & l_{N,2} & l_{N,3} & \dots & l_{N,n} & \dots & \infty \end{vmatrix}$$

უნდა შევნიშნოთ, რომ  $\infty$  – წარმოადგენს დიდ რიცხვს და აღნიშნავს მოძრაობის ბლოკირებას პუნქტებს შორის. შესაძლებელია, რომ  $l_{ij} \neq l_{ji}$ , მაშინ მიიღება არასიმეტრიული მატრიცა.

ამოცანის ამოსახსნელად გამოვიყენებთ ქვემოთ მოყვანილ ალგორითმს:

1. ვადგენთ საწყის მატრიცას საკვლევი სატრანსპორტო ქსელის პუნქტებს შორის  $l_{ij}$ . უნდა აღინიშნოს, რომ უჯრებში შეიძლება იყოს არა მხოლოდ დამორბეების სიდიდე, არამედ სხვა მაჩვენებლებიც.
2. გადავდივართ დაყვანილ მატრიცაზე –  $L^{(k)}$ . ამისათვის ყოველ სტრიქონში ვნახულობთ მინიმალურ ელემენტს  $h_i$  და გამოვყოფთ მას სხვა დანარჩენი ელემენტებისაგან  $l_{ij}$ , რომელიც განლაგებულია განსახილველ სტრიქონში.

$$l_{ij} = l'_{ij} - h_i, \quad i = 1, 2, 3 \dots n, \quad (2.2)$$

შემდეგ მიღებულ მატრიცაში ვპოულობთ მინიმალურ ელემენტს ყველა სვეტში  $h_j$  და გამოვყოფთ მას ყველა დანარჩენი ელემენტისაგან  $l_{ij}$ , რომელიც განთავსებულია განსახილველ სვეტში.

$$l''_{ij} = l'_{ij} - h_j, \quad j = 1, 2, 3 \dots m \quad (2.3)$$

3. თითოეული ელემენტისათვის განვსაზღვრავთ  $l''_{ij} = 0$  შეფასებას ფორმულით

$$A = \min \ell''_{ik} + \min \ell''_{sj}, \quad (2.4)$$

სადაც  $\ell''_{ik}$  – უმცირესი ელემენტია  $i$  სტრიქონში;

$\ell''_{sj}$  – უმცირესი ელემენტია  $j$  სვეტში.

$$k \neq j, s \neq i, k, s = 1, 2, 3 \dots n.$$

4. ვპოულობთ წყვილს  $k-s$  მაქსიმალური შეფასებით

$$A_{ks} = \max A_{ij}, \quad i, j = 1, 2, 3 \dots n \quad (2.5)$$

5. ვადგენთ ახალ მატრიცას  $L_1$ . ამისათვის  $L$ -ში სტრიქონიდან გადავხაზავთ  $k$  და სვეტიდან  $s$  მაღალი მნიშვნელობებით. ვახდენთ უჯრედის ბლოკირებას  $s$  სტრიქონსა და  $k$  სვეტს შორის გადაკვეთაზე, ასევე განშტოების ბლოკირებას, რომელსაც მივყავართ ჯაჭვის ჩაკეტვაზე, რომლის რგოლის არის  $k-s$ .

6. შევქმნათ ახალი ფაქტიური მატრიცა  $F_k$  და  $F_s$ , სადაც  $L_1$ -ში შეგვყავს ახალი ფაქტიური კვანძები  $k$  და  $s$ . ვატარებთ ოპერაციებს მიღებულ მატრიცაზე  $F_k$  და  $F_s$ , რომელიც აღწერილი არის 2–4 პუნქტებში, მანამ სანამ უკანასკნელი გადახაზული შტო არ გამოაშკარავდება.

7. ვადგენთ, რომ ფიქტიური კვანძების რაოდენობა ტოლი არის შტოების კვანძში შემავალ კვანძების რაოდენობას მინუს ერთი.

8. ოპტიმალური მარშრუტი დგინდება ვარიანტების შედარების შედეგად.

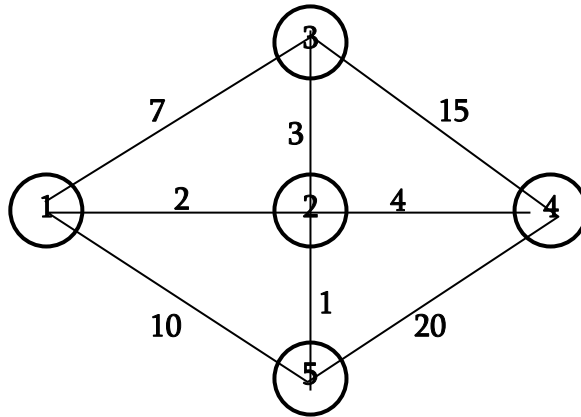
შემოთავაზებული ალგორითმის საფუძველზე დამუშავებულ იქნა კომპიუტერული პროგრამა. პროგრამა საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ მარშრუტების გადარჩევა დამუშავებული ალგორითმის მიხედვით. თუ გაანგარიშების დროს მიიღება რამდენიმე მარშრუტი, რომელთაც აქვთ მიზნის ფუნქციის ერთნაირი მინიმალური მნიშვნელობა, მაშინ პროგრამა შეირჩევს ოპტიმალურ მარშრუტს, რომელზედაც არის სატრანსპორტო მუშაობის მინიმალური სიდიდე.

მიზნის ფუნქციად პროგრამაში შეიძლება წარმოდგენილ იქნას მანძილი ან დრო. პროგრამა ფუნქციონირებს Windows საოპერაციო სისტემის მართვის ქვეშ. დამუშავებული პროგრამის პაკეტი მოცემული არის დანართში 1.

გარდა აღნიშნულისა გრაფის ორ მწვერვალს შორის უმოკლესი დაშორების ან დროის საძებნელად დამუშავებულია პროგრამა, სადაც გამოყენებულია იგივე საწყისი მატრიცა.

## 2.2. ამოცანების ამოხსნის მაგალითები „ფიქტიური შტოების“ მეთოდის გამოყენებით

განვიხილოთ ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდით ამოცანის ამოხსნა, როდესაც სატრანსპორტო ქსელში გვაქვს ხუთი ობიექტი (ნახ.2.3).



ნახ.2.3. სატრანსპორტო ქსელის სქემა

პროგრამის მიხედვით გაანგარიშებამ აჩვენა, რომ აღნიშნული ამოცანის ამოხსნას აქვს 848 ვარიანტი. დიდი მოცულობის გამო არ არის იმის საშუალება, რომ ყველა ვარიანტი განვიხილოთ ცალ-ცალკე. იმისათვის, რომ კარგად გავარკვიოთ შემოთავაზებული მეთოდის არსი, განვიხილოთ რამდენიმე მათგანი. პირველ ეტაპზე საჭიროა შევადგინოთ საწყისი მატრიცა  $L$  (დამორბეების მატრიცა) (ცხრ. 2.1).

ცხრილი 2.1.

	1	2	3	4	5
1		2	7		10
2	2		3	4	1
3	7	3		15	
4		4	15		20
5	10	1		20	

მეორე ეტაპის შესაბამისი შედეგები მოცემულია ცხრილებში 2.2 და 2.3.

ცხრილი 2.2

	1	2	3	4	5
1		0	5		8
2			2	3	0
3	4	0		12	
4		0	11		16
5	9	0		19	

ცხრილი 2.3.

	1	2	3	4	5
1		0	3		8
2	0		0	0	0
3	3	0		9	
4		0	9		16
5	8	0		16	

ამოცანის ამოხსნის მე-3 ეტაპზე განისაზღვრება შეფასებები მატრიცის თითოეული ნულოვანი ელემენტისათვის, რომელიც მიეთითება უჯრედის ზედა მარჯვენა კუთხეში. მეოთხე ეტაპზე მოიძებნება შტო მაქსიმალური შეფასებით. შედეგები მოყვანილია ცხრ.2.4 და ცხრ.2.5.

ცხრილი 2.4

	1	2	3	4	5
1		$0^3$	3		8
2	$0^3$		$0^3$	$0^9$	$0^8$
3	3	$0^3$		9	
4		$0^9$	9		16
5	8	$0^8$		16	

ცხრილი 2.5.

	1	2	3	5
1		0	3	8
3	3	0		
4		$\infty$	9	16
5	8	0		

როგორც 2.4 ცხრილიდან ჩანს, ყველაზე დიდი მნიშვნელობა აქვს შტოს 2-4 და 4-2, რომელიც ტოლია 9-ის.

მეხუთე ეტაპის თანახმად შეიძლება გადავხაზოთ ნებისმიერი ამ მიითთებული შტოდან. ამრიგად ამონახსნების ხე გაორდება და შემდეგში თითოეული შტო მოწმდება ცალ-ცალკე. განვიხილოთ ამოცანის ამოხსნა შემთხვევისათვის, როცა გადავხაზავთ 2-4 შტოს. ახალი მატრიცა  $L_1$ , რომელიც მოცემულია ნახ.2.5-ზე, იმისათვის რომ შტო არ ჩაიკეტოს, 4-2 შტო ბლოკირდება. ვადგენთ ფიქტიურ მატრიცებს  $\Phi_k$  და  $\Phi_s$ , რომელიც მოცემულია ცხრილებში 2.6 და 2.7.

ცხრილი 2.6

	1	2	3	5	4Φ1
1		0	3	8	
3	3	0			9
4			9	16	
5	8	0			16
4Φ1		0	9	16	

$\Phi_K$

ცხრილი 2.7.

	1	2	3	5	2Φ1
1		0	3	8	0
3	3	0			0
4			9	16	0
5	8	0			0
2Φ1	0		0	0	

$\Phi_s$

მიღებულ ფიქტიურ მატრიცებზე ჩავატაროთ ანალოგიური ოპერაციები, მანამ სანამ არ მივიღებთ მატრიცას ზომით  $2 \times 2$ -ზე. პირველად განვიხილავთ  $F_s$  მატრიცის ამოხსნას. ცხრილში 2.8 მოყვანილია 0-ვანი ელემენტების შეფასება და გადავხაზავთ შტოს  $4-2F1$ , ვღებულობთ ახალ მატრიცას (ცხრ.2.9).

ცხრილი 2.8

	1	2	3	5	2F1
1		0 <sup>0</sup>	3	8	0 <sup>0</sup>
3	3	0 <sup>0</sup>			0 <sup>0</sup>
4			9	16	0 <sup>9</sup>
5	8	0 <sup>0</sup>			0 <sup>0</sup>
2F1	0 <sup>3</sup>		0 <sup>3</sup>	0 <sup>8</sup>	

ცხრილი 2.9.

	1	2	3	5
1		0	3	8
3	3	0		
5				
2F1	0		0	0

განვახორციელოთ მათზე ანალოგიური დაყვანის ოპერაცია და გამოვრიცხოთ განშტოება  $4-2$ , მივიღებთ ცხრილს 2.10 მიღებულ მატრიცაში შეგვყავს ფიქტიური ელემენტები  $5F1$  და  $2F1$ .

ცხრილი 2.10

	1	2	3	5
1		0 <sup>3</sup>	3	8
3	3	0 <sup>3</sup>		
5	8	0 <sup>8</sup>		
2F1	0 <sup>3</sup>		0 <sup>3</sup>	0 <sup>8</sup>

ცხრილი 2.11.

	1	3	5
1		3	8
3	3		
2F1	0	0	0



5F1 ფიქტიური კვანძის შეყვანის შემდეგ გამოვრიცხავთ შტოს 3-1 (ცხრ.2.12). ვახდენთ 1-3 შტოს ბლოკირებას. ვღებულობთ ცხრ.2.13-ს

ცხრილი 2.12

	1	3	5	5F1
1		0 <sup>5</sup>	5	5
3	0 <sup>00</sup>			
2F1	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>5</sup>	0 <sup>5</sup>
F1	0 <sup>00</sup>			

ცხრილი 2.13

	3	5	5F1
1	00	5	5
2F1	0	0	0
5F1			

ცხრილი 2.12

ცხრილი 2.13

	1	3	5	5F1
1		0 <sup>5</sup>	5	5
3	0 <sup>00</sup>			
2F1	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>5</sup>	0 <sup>5</sup>
5F1	0 <sup>00</sup>			

	3	5	5F1
1	0	5	005
3			
2F1	0	0	0

2.15 ცხრილიდან ჩანს, რომ 3F1 კვანძთან კავშირი არ არსებობს, ამიტომ ამონახსნების ხის ამ შტოს გავლა ამონახსნს არ მოგვცემს.

დავუბრუნდებით ცხრ.2.10-ს და ეხლა განვიხილავთ მეორე ვარიანტს 2F2 ფიქტიური კვანძის შეყვანის შემთხვევაში (ცხრ.2.16). ცხრ. 2.17-ში მოყვანილია მონაცემები და ეხლა გადავხაზავთ 1-2F2 შტოს.

ცხრილი 2.16

	1	3	5	2F2
1		3	8	0
3	3			0
2F1	0	0	0	
2F1	0	0	0	

ცხრილი 2.17.

	1	3	5	2F2
1		3	8	0 <sup>3</sup>
3	3			0 <sup>3</sup>
2F1	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	
2F2	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	

შემდეგ ეტაპზე გამოირიცხება 3-1 შტო. შედეგები მოცემულია ცხრ.2.18. საბოლოოდ ამონახსნი დაიყვანება მატრიცაზე ზომით 2x2; შტო 2F2-3 დაიბლოკება და თანმიმდევრობით გამოირიცხება შტოები 2F1-3 და 2F2-5 (ცხრ.2.19).

ცხრილი 2.18

	1	3	5
3	0 <sup>00</sup>		
2	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
1			
5F1	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>

ცხრილი 2.19

	3	5
2F1	0 <sup>∞</sup>	0 <sup>0</sup>
2F1	∞	0 <sup>∞</sup>

ამონახსნთა ხეზე აღნიშნული შტოს გავლის შემდეგ მიღებული არის მარშრუტი 2-4-2F1-3-1-2F2-5-2, რომლის სიგრძე არის 22 კმ.

თუ დავუბრუნდებით 2.17 ცხრილს და შევამოწმებთ 3-2F2 შტოს გამოირიცხვის მატრიცას (ცხრ.2.20), მივიღებთ ახალ მატრიცას ცხრ.2.21 დაბლოკილი არის 2F2-3 შტო.

ცხრილი 2.20

	1	3	5	2F2
1		3	8	0 <sup>3</sup>
3	3			0 <sup>3</sup>
2F1	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	
2F2	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	

ცხრილი 2.21

	1	3	5
1		3	8
2F1	0	0	0
2F2	0	∞	0

მატრიცების დაყვანის და ნულოვანი ელემენტების შეფასების შემდეგ გამოვრიცხავთ 1-3 შტოს (ცხრ.2.22) ვაგრძელებთ ამონახსნის ძიებას, მანამ სანამ არ მივიღებთ მატრიცას ზომით 2x2-ზე. 2F2-1 შტო დაიბლოკება და თანმიმდევრობით გამოირიცხება 2F1-1 და 2F2-5 შტოები (ცხრ.2.23).

ცხრილი 2.22

	1	3	5
1		0 <sup>5</sup>	5
2F1	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
2F2	0 <sup>0</sup>		0 <sup>0</sup>

ცხრილი 2.23

	1	5
2F1	0 <sup>∞</sup>	0 <sup>0</sup>
2F2	∞	0 <sup>∞</sup>

ამონახსნთა ხეზე აღნიშნული შტოს გავლის შემდეგ ვლებულობთ მარშრუტს:

2-4-2F1-1-3-2F2-5-2 სიგრძით 22 კმ.

დავუბრუნდეთ ცხრ.2.21 და განვიხილოთ ფიქტიური კვანძის 3F1-ის შეყვანის ვარიანტი (ცხრ.2.24). 2F2-3 შტოს ვბლოკავთ (ცხრ.2.25). თუ 3F1-1 შტოს გამოვრიცხავთ, მივიღებთ მატრიცას ცხრ.2.26.

ცხრილი 2.24

	1	3	5	3Φ
1		3	8	3
2F1	0	0	0	0
2F2	0	∞	0	0
3F1	3			

ცხრილი 2.25

	1	3	5	3F1
1		0 <sup>0</sup>	5	0 <sup>0</sup>
2F1	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
2F2	0 <sup>0</sup>		0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
3F1	0 <sup>0</sup>			

გამოვრიცხოთ შტო 1-3, ცხრ. 2.27, ხოლო 1-3F1 შტო ბლოკირდება. შემდეგ ამოხსნა დაიყვანება მატრიცაზე ზომით 2x2. ამასთან ერთად მატრიცაში 2.28 ბლოკირდება 2F1-5 შტო და რიგრიგობით გამოირიცხება 2F1-3F1 და 2F2-5 შტოები.

ცხრილი 2.26

	3	5	3F
1	0	5	∞
2F1	0	0	0
2F2		0	0

ცხრილი 2.27

	3	5	3F1
1	0 <sup>5</sup>	5	∞
2F1	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
2F2		0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>

ცხრილი 2.28

2F1	∞	0 <sup>∞</sup>
2F2	0 <sup>∞</sup>	0 <sup>0</sup>

ამონახსნთა ხეზე შესაბამისი შტოს გავლის შემდეგ მივიღეთ მარშრუტი

2-4-2F1-3F1-1-3-2F2-5-2 სიგრძით 30 კმ.

დავუბრუნდეთ ცხრ.2.26-ს და ეხლა განვიხილოთ 3F2 ფიქტიური კვანძის შემოყვანის ვარიანტი (ცხრ.2.29) 1-3F1 შტო დაბლოკილია. 3F2 კვანძს არ აქვს კავშირები. ამიტომ ამონახსნი ამ მიმართულებით არ გვაქვს.

ცხრილი 2.29

1	0	5		0
2F1	0	0	0	0
2F2		0	0	0
3F2				

ცხრილი 2.30

	3	5	3F1	1F1
1	0 <sup>0</sup>	5		0
2F1	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
2F2		0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
1F1	0 <sup>0</sup>	5	0 <sup>0</sup>	

თუ დავუბრუნდებით ცხრ.2.21-ში და შევიყვანთ ფიქტიურ კვანძს 2F3 და გავიმეორებთ ოპერაციებს, მივიღებთ ცხრ.2.31-ს, სადაც ვახდენთ 2F3–1 შტოს ბლოკირებას (ცხრ.2.32).

ცხრილი 2.31

	1	3	5	2F3
1		3	8	0 <sup>3</sup>
2F1	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
2F2	0 <sup>0</sup>		0 <sup>0</sup>	
2F3	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	

ცხრილი 2.32

	1	3	5
2F1	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
2F2	0 <sup>0</sup>		0 <sup>0</sup>
2F3	∞	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>

ამოცანების ამოხსნის ალგორითმის თანახმად, ფიქტიური კვანძების რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს კავშირების რიცხვს მინუს ერთს. ამის შემდეგ განვიხილავთ მატრიცების ამოხსნას ფიქტიური კვანძის შეყვანის გარეშე. ცხრ.2.32-დან ჩანს, რომ ყველა ელემენტს აქვს ერთი და იგივე შეფასება. ამიტომ ოპტიმალური ვარიანტი უნდა ვეძებოთ შედარების მეთოდის საშუალებით. გამოთვლებით დადგინდა, რომ მარშრუტის ყველა ვარიანტი გვამღევს ერთსა და იმავე ამონახსნს – მარშრუტის სიგრძეა 20 კმ.

თუ დავუბრუნდებით 2.32 ცხრილს და შევამოწმებთ 1F1 ფიქტიური კვანძის შეყვანის ვარიანტს (ცხრ.2.33), ამავე დროს დავბლოკავთ 2F2–2F1 შტოს და გამოვრიცხავთ 1F1–3 შტოს, მივიღებთ 2.34 ცხრილს.

ყველა უჯრაში 0-ვან ელემენტს აქვს ერთი და იგივე შეფასება. გამოთვლებით დადგინდა, რომ მარშრუტის სიგრძე არის 26 კმ.

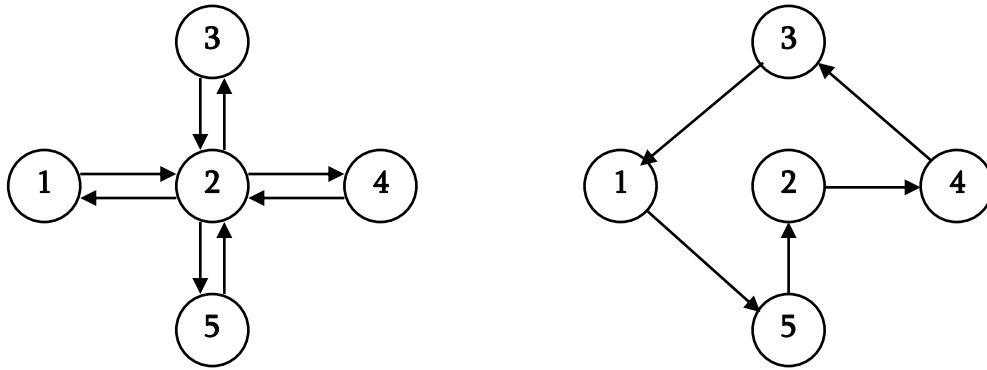
ცხრილი 2.33

	1	3	5	1F1
2F1	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
2F2	0 <sup>0</sup>		0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
2F3		0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
1F1		0 <sup>5</sup>	5	

ცხრილი 2.34

	1	5	1F1
2F1	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
2F2	0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	∞
2F3		0 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>

ყველა ვარიანტის შედარების შემდეგ ვლებულობთ ოპტიმალურ ვარიანტს 20 კმ-ს, რომელიც მოცემულია 2.4.ა ნახაზზე. შეიძლება ვიმოქმედოთ უკუმიმართულებითაც. ამ შემთხვევაში კლასიკური მეთოდებით მივიღებთ მარშრუტის შემდეგ თანმიმდევრობას: 2-4-3-1-5-2, რომლის სიგრძე იქნებოდა 37 კმ (ნახ.2.4.ბ).



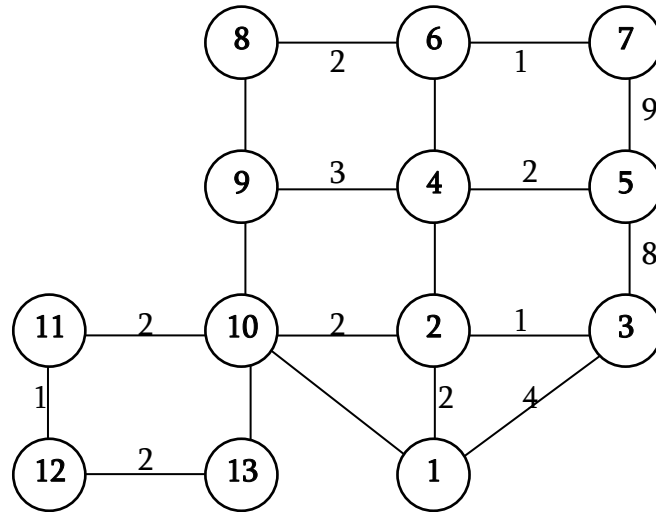
ნახ.2.4. ა) მოძრაობა მარშრუტზე შემოთავაზებული მეთოდიკით

ბ) მოძრაობა მარშრუტზე კლასიკური მეთოდით „შტოები და საზღვრები“.

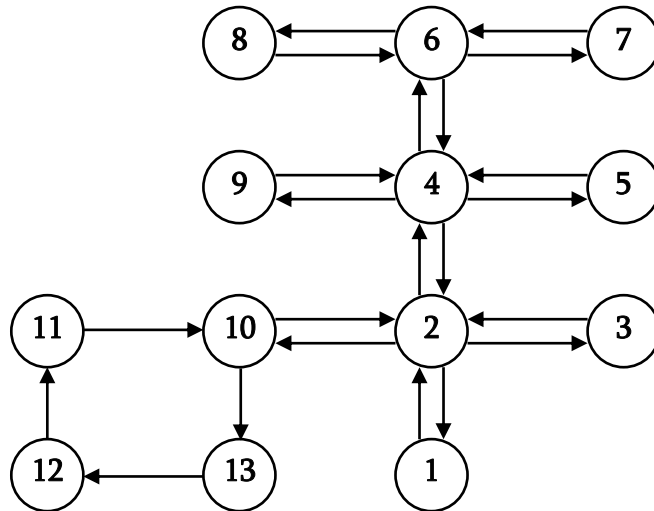
ტრადიციული სატრანსპორტო ქსელისათვის (ნახ.2.5) ცხადი გახდება, რომ კლასიკური მეთოდების გამოყენება ვერ მოხერხდება, რადგან წინასწარ არის ცნობილი, რომ მე-10 პუნქტში საჭირო არის ორჯერ შესვლა.

L დაშორების საწყისი მატრიცა მოყვანილი არის ცხრილში 2.35.

ცხრ.2.36-ის მარჯვენა ზედა მხარეში მოცემულია შეფასება ზემოთმოყვანილი ალგორითმის მიხედვით დაყვანილი მატრიცისათვის L<sup>აჟ</sup>. ცხრილის ცარიელ უჯრედებში მოთავსებული არის დიდი რიცხვები. აღნიშნული ცხრილიდან გამოვრიცხავთ წყვილს 8-6 ყველაზე მაღალი შეფასებით 11 და ვბლოკავთ განშტოებას 6-8, შედეგად მივიღებთ L<sub>1</sub> მატრიცას, რომელიც მოცემულია ცხრილში 2.37.



ნახ.2.5. სატრანსპორტო ქსელის სქემა



ნახ.2.6. მოძრაობის ოპტიმალური მარშრუტის გრაფი

ცხრილი 2.35

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		2	4							8			
2	2		1	3						2			
3	4	1			8								
4		3			2	4			3				
5			8	2			9						
6				4			1	2					

7				9	1							
8					2			14				
9			3				14		11			
10	8	2						11		2		2
11									2		1	
12										1		2
13									2		2	

ცხრილი 2.36

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		0 <sup>2</sup>	2							6			
2	0 <sup>2</sup>		0 <sup>2</sup>	2						1			
3	2	0 <sup>2</sup>			7								
4		1			0 <sup>7</sup>	2			0 <sup>8</sup>				
5			6	0 <sup>6</sup>			7						
6				3			0 <sup>7</sup>	0 <sup>10</sup>					
7					8	0 <sup>8</sup>							
8						0 <sup>11</sup>			11				
9				0 <sup>8</sup>				10		8			
10	5	0 <sup>0</sup>							8		0 <sup>0</sup>		0 <sup>1</sup>
11										1		0 <sup>1</sup>	
12											0 <sup>1</sup>		1
13										0 <sup>1</sup>		0 <sup>0</sup>	

ცხრილი 2.37

	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13
1		0 <sup>2</sup>	2						6			
2	0 <sup>2</sup>		0 <sup>2</sup>	2					1			
3	2	0 <sup>2</sup>			7							
4		1			0 <sup>0</sup>			0 <sup>8</sup>				
5			6	0 <sup>6</sup>		7						

6			3		$0^7$	$0^{10}$					
7				$0^\infty$							
9			$0^0$			$0^\infty$		8			
10	5	$0^0$						8	$0^0$		$0^1$
11								1		$0^1$	
12									$0^1$		1
13								$0^1$		$0^0$	

მასში ყველაზე მაღალი შეფასება  $\infty$  აქვს ორ შტოს 7–5 და 9–8. როგორც აჩვენა კვლევებმა, მათი შემდგომი გამორიცხვა არ გვაძლევს ოპტიმალურ მარშრუტს. ფიქტიური მატრიცა მიიღება ცხრ.2.36-დან, როდესაც შემოვიტანთ ფიქტიურ კვანძს 6F1. მისგან ვღებულობთ დაყვანილ მატრიცას  $F_s$ , რომელიც წარმოდგენილია ცხრილში 2.38. მასში არის ორი შტო, რომლის უმაღლესი შეფასება არის 10.

გამოვრიცხავთ მიმდევრობით თითოეულ მათგანს:

6F1–8 და 7–6F1. შემდეგი ალგორითმი მეორდება დაყვანის, გამორიცხვის და ფიქტიური კვანძების შეყვანა გრძელდება მანამ, სანამ არ მივიღებთ მატრიცას ზომით  $2 \times 2$ . მიღებული ოპტიმალური მარშრუტი სიგრძით 47 კმ ნაჩვენებია ნახ.2.6-ზე.

ეს მარტშრუტია: 8–6–4F2–2F3–1–2–1F1–13–12–11–10–2F2–3–2F1–2F3–5–4F1–9–4–6F2–7–6F1–8.

ცხრილში 2.39 ნაჩვენებია დაყვანილი მატრიცა  $F_k$ , რომელიც მიღებულია 2.37 ცხრილიდან ფიქტიური კვანძის 8F1-ის შეყვანით. მას აქვს ოთხი შტო, შეფასებით  $\infty$ ; 7–5; 9–8; 9–8F1, 8F1–9. ჩატარებულმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მათი უგულებელყოფა არ გვაძლევს ოპტიმალური მარშრუტის სურათს.

ცხრილი 2.38

	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	6Φ1
1		$0^2$	2						6				
2	$0^2$		$0^2$	2					1				
3	2	$0^2$			7								
4		1			$0^7$			$0^8$					2
5			6	$0^6$		7							



6			3		$0^3$							
7				8								$0^{10}$
9			$0^8$			10		8				
10	5	$0^0$					8		$0^0$		$0^1$	
11								1		$0^1$		
12									$0^1$		1	
13								$0^1$		$0^0$		
6F1			3		$0^0$	$0^{10}$						

ცხრილი 2.38

	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	8F1
1		$0^2$	2						6				
2	$0^2$		$0^2$	2					1				
3	2	$0^2$			7								
4		1			$0^0$			$0^0$					
5			6	$0^6$		7							
6				3		$0^{10}$							
7					$0^\infty$								
9				$0^0$			$0^\infty$		8				$0^\infty$
10	5	$0^0$						8		$0^0$		$0^1$	
11									1		$0^1$		
12										$0^1$		1	
13									$0^1$		$0^0$		
8F1								$0^\infty$					

## 2.3 ძარის ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტის გავლენა გადაზიდვების ეფექტურობაზე

სატვირთო ავტომობილის ტვირთამწეობა წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საექსპლუატაციო მაჩვენებელს. ეს არის ტვირთის უდიდესი რაოდენობა, რომელიც შეიძლება ერთდროულად იქნეს გადატანილი სატრანსპორტო საშუალების მიერ.

ტვირთამწეობა დამოკიდებულია ტვირთის მოცულობით წონაზე (სიმკვრივეზე), მის გეომეტრიულ ზომაზე და განისაზღვრება ავტომობილის ორი ძირითადი საპასორტო მახასიათებლით.

- ნომინალური ტვირთამწეობა
- ავტომობილის ძარას შიგა მოცულობა

ტვირთის გეომეტრიული ზომა განსაზღვრავს ავტომობილის ძარას შიგა მოცულობის გამოყენების ხარისხს, რომელიც ფასდება სასარგებლო ფართის ფარდობით ტვირთის მიერ დაკავშირებულ ფართთან.

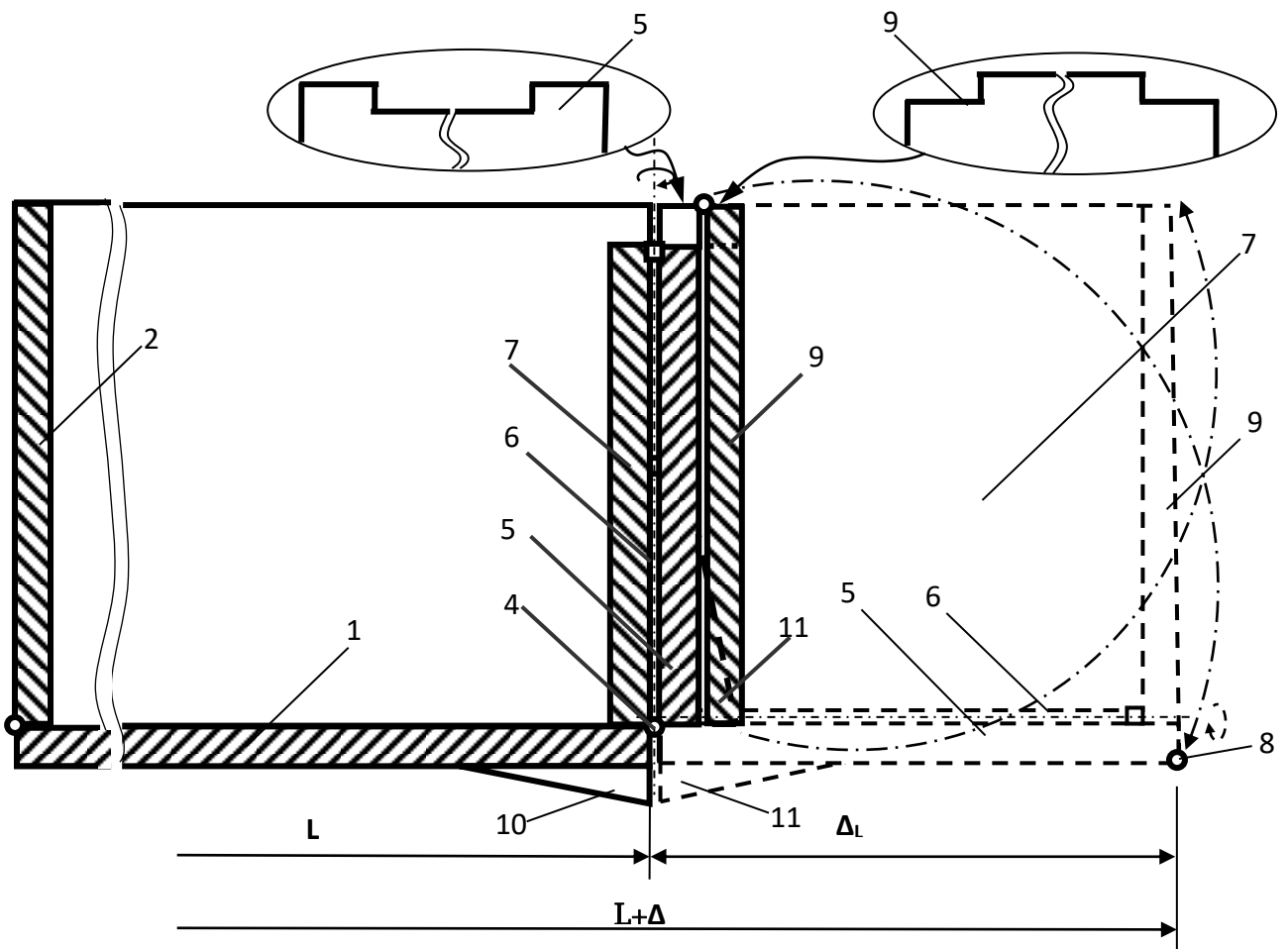
ტვირთის მოცულობით წონასთან პირდაპირ არის დამოკიდებული ის საკითხი, იქნება თუ არა მთლიანად გამოყენებული ავტომობილის ძარის შიგა მოცულობა გადასაზიდი ტვირთის ზღვრული რაოდენობა შეზღუდული არ არის ავტომობილის ტვირთამწეობით. ავტომობილის ძარა სრულყოფილად იქნება გამოყენებული მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა ტვირთის მოცულობითი მასა ტოლი იქნება ხვედრითი მოცულობითი ტვირთამწეობის. თუ ტვირთის სიმკვრივე ნაკლები იქნება, მაშინ ტვირთამწეობა სრულად ვერ იქნება გამოყენებული. რაციონალურად იქნება გამოყენებული ტვირთის გადასაზიდად ავტომობილი, რომლის სიმკვრივე რაოდენობრივად ტოლი არის ხვედრითი მოცულობითი ტვირთამწეობის. ამ შემთხვევაში სრულად გამოიყენება როგორც ტვირთამწეობა, ასევე ძარას შიგა მოცულობა.

თუ ტვირთის მოცულობითი მასა მცირეა, ვიდრე ავტომობილის ხვედრითი მოცულობითი ტვირთამწეობა, მაშინ საჭირო ხდება სპეციალური ღონისძიებების გატარება იმისათვის, რომ ტვირთამწეობა სრულად იყოს გამოყენებული. წინააღმდეგ შემთხვევაში ძარა შევსებული იქნება სრულად, მაგრამ ტვირთამწეობა ნაწილობრივ

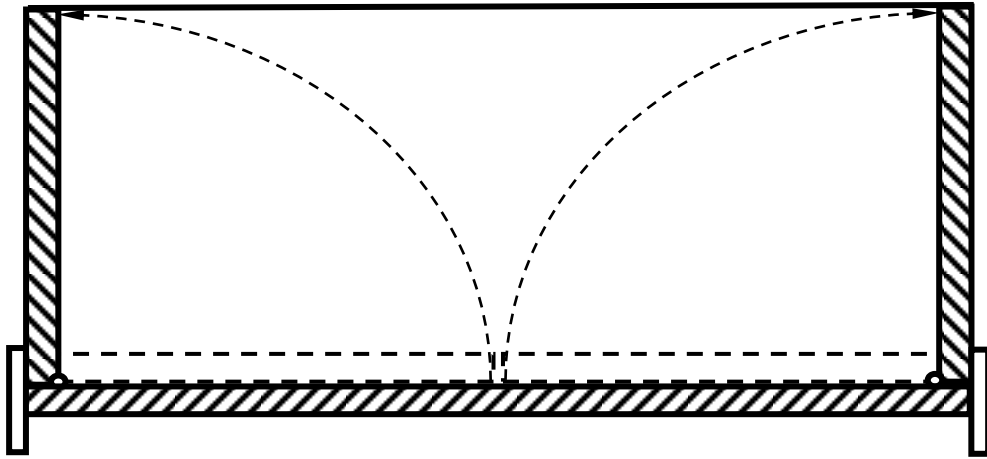
იქნება გამოყენებული (მაგ. რბილი სათამაშოების ან ავეჯის გადაზიდვის დროს). გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს ავტომობილის ძარას ზომების გაზრდა. მხედველობაში უნდა მივიღოთ ავტომობილის სრული სიმაღლე ტვირთთან ერთად საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოებიდან გამომდინარე.

ავტომობილის ძარაზე ტვირთის კომპაქტური განლაგება ასევე საშუალებას გვაძლევს მაქსიმალური მიახლოებით გამოვიყენოთ სატრანსპორტო საშუალების ტვირთამწეობა, ტვირთამწეობის გამოყენების კიდევ ერთი ეფექტური მეთოდი არის სატრანსპორტო საშუალების შერჩევა კონკრეტული გადასაზიდი ტვირთისათვის. ეფექტური არის ასევე სპეციალიზირებული მოძრავი შემადგენლობის გამოყენება.

ჩვენს მიერ დამუშავებულია ცვლადი მოცულობის ძარის კონსტრუქცია (ნახ 2.7, ნახ. 2.8) , რომელზეც მიღებულია საავტორო მოწმობა.



ნახ.2.7



ნახ.2.8

ცვლადი მოცულობის ძარა შეიცავს ჩარჩოსთან 1 სახსრულად დაკავშირებულ წინა 2, გვერდითა 3 და უკანა კალთებს, ამასთან უკანა კალთა შედგენილია ჩარჩოსთან 1 ჰორიზონტალური სახსრით 4 დაკავშირებულ განივა მზიდი ელემენტის 5 გვერდითა კიდეებზე ძარის შიგა მხრიდან სახსრებით 6 დაკავშირებული დამატებითი გვერდითა დასაკეცი კედლებისაგან 7 და იგივე მზიდი ელემენტის 5 ზედა კიდეზე ძარის გარე მხრიდან სახსრით 8 დაკავშირებული დამატებითი უკანა დასაკეცი კედლისაგან 9, ამასთან გაშლილ მდგომარეობაში ყოფნისას გვერდითა დასაკეცი კედლებს 7 (ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში გადაადგილებული მზიდი ელემენტისა 5 და მასთან დამაკავშირებელი სახსრების 6 მიმართ) აქვთ, შვეულ მდგომარეობაში გაშლილ უკანა დასაკეცი კედელთან 9 და გვერდითა კალთებთან 3 ფიქსირების შესაძლებლობა. გარდა აღნიშულისა, ჩარჩოს 1 და განივა მზიდ ელემენტს 5 აქვთ ურთიერთ მიმართ საბჯენი ელემენტები 10 და 11.

ცვლადი მოცულობის ძარა მუშაობს შემდეგნაირად. მოცულობის გაზრდის მიზნით მისი ტრანს-ფორმაციის დროს ხდება მზიდი ელემენტის 4 შემობრუნება ჩარჩოსთან 1 მისი დაკავშირებული ჰორი-ზონტალური სახსრის 4 ირგვლივ მობრუნება და უკანა (გარე) მიმართულებით გადაშლა ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, თავისი საბჯენი ელემენტით 11 ჩარჩოს საბჯენ ელემენტთან 10 მიბჯენით, ხოლო შემდეგ ხდება მზიდ ელემენტთან 5 დაკავშირებული სახსრის 8 ირგვლივ დამატებითი უკანა დასაკეცი კედლის 9 მობრუნება და გადაშლა

ვერტიკალურ მდგომარეობაში (რის შედეგად წარმოიქმნება საკმაოდ უკან გადატანილი უკანა კალთა), რის შემდეგ კი ხდება გვერდითა დასაკეცი კედლების 7 მობრუნება მზიდ ელემენტთან 5 მათი მაკავშირებელი სახსრების 6 ირგვლივ და დაფიქსირება გვერდითა კალთებთან 3 საერთო სიბრტყეებში, ასევე - უკანა დასაკეცი კედელეთანაც 9.

თუ ჩარჩოს სიგრძეა „L“, ხოლო დამატებითი უკანა დასაკეცი კედლის 9 სიგრძეა „ΔL“, მაშინ ტრანსფორმირებული ძარას საერთო სიგრძე გადხება „L+ΔL“.

ტვირთების გადაადგილება ხდება მარშრუტით, რომელიც წინასწარ არის დადგენილი და საჭიროების შემთხვევაში წარმოადგენს მოწყობილ ინფრასტრუქტურას საწყის და საბოლოო პუნქტებს შორის. მარშრუტიზაციის ამოცანის გადაწყვეტა საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ გადაზიდვის სიშორე, ტვირთის გადაზიდვის მიმართულება და სიხშირე.

მარშრუტიზაციის ძირითად ამოცანებს მიეკუთვნება მოძრაობის ორგანიზაცია, ტვირთის დანიშნულების ადგილზე მიტანის დროის მინიმიზაცია, მოძრაობის უსაფრთხოება, სატრანსპორტო საშუალებების ეფექტური გამოყენება, გადაზიდვების გეგმების და გრაფიკების შესრულება.

აღნიშნული ამოცანების გადაწყვეტის დროს დამუშავების და რეალიზაციის პროცესში საჭირო არის ტვირთის გადაადგილების სქემის დამუშავება.

1. ტვირთის გადაზიდვის პირობების და არსებული შეზღუდვების ანალიზი;
2. სატრანსპორტო ტექნოლოგიური სქემის ვარიანტების დამუშავება;
3. გადაზიდვის კონკურენტული ვარიანტების დამუშავება;
4. გადაზიდვის სატრანსპორტო-ტექნიკური სქემის არჩევა;
5. ხელშეკრულების გაფორმება, ინსტრუქციული მასალების დამუშავება;
6. გადაზიდვის შესრულება არჩეული სქემის მიხედვით;
7. გადაზიდვის პროცესის შესრულების დროს გაწეული მომსახურების გაანგარიშება;
8. შესრულებული გადაზიდვის კონტროლი და ანალიზი.

სავაჭრო ქსელში განხორციელებულ გადაზიდვებს აქვს თავისი სპეციფიკა. კერძოდ, შესყიდვები შეიძლება ხორციელდებოდეს ბითუმად უშუალოდ მწარმოებლისაგან; ტვირთის გადმოტვირთვა საკუთარ საწყობში, შენახვა,

მყიდველისაგან დაკვეთის მიღება, დაკვეთების მიხედვით პარტიების ფორმირება, საქონლის მიტანა უშუალოდ მომხმარებელამდე გამანაწილებელი ქსელის საშუალებით.

საქონლის გადაზიდვის სქემის ფორმირების პროცესში მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ ტვირთის მახასიათებლები, რაც საშუალებას მოგვცემს ეფექტურად ვმართოთ გადაზიდვის პროცესი.

სატრანსპორტო ტექნოლოგიური სქემა ზოგად შემთხვევაში შედგება შემდეგი ძირითადი ეტაპებისაგან:

1. სატვირთო ერთეულის ფორმირება. ამ დროს ხდება ტვირთის მომზადება და გადაცემა ტრანსპორტირებისათვის. ამ შემთხვევაში ძირითად დანახარჯებს წარმოადგენს საექსპლუატაციო დანახარჯები და კაპიტალდაბანდება.
2. ფორმირებული სატვირთო ერთეული განთავსება სატრანსპორტო საშუალებაზე. ამ დროს ხდება ორი ლოგისტიკური რგოლის ურთიერთქმედება: ტვირთგამგზავნის საწყობი და გადამზიდვის სატრანსპორტო საშუალება;
3. ტვირთის მიტანა მაგისტრალურ ავტოტრანსპორტამდე. პროცესი მოიცავს ტვირთის დახარისხებას, დაჯგუფებას და სატვირთო ერთეულების გადანაწილებას;
4. ტვირთების გაერთიანება (კონსოლიდაცია) ტერმინალში ერთი მისამართის მიხედვით. პროცესი მოიცავს სატრანსპორტო სასაწყობო ოპერაციებს და ტვირთების მომზადებას მაგისტრალურ ავტოტრანსპორტისათვის;
5. მაგისტრალური ავტოტრანსპორტით ტვირთების გადაზიდვა;
6. ტვირთების გადმოტვირთვა დანიშნულების ადგილის სასაწყობო ტერმინალებში;
7. ტვირთების გადაზიდვა მაგისტრალური ავტოტრანსპორტით გამანაწილებელ ცენტრებში;
8. ბაზებიდან ტვირთების გადაზიდვა უშუალოდ მომხმარებელამდე. ამ დროს ხდება სატრანსპორტო საშუალებების და დამტვირთავ-განმტვირთავი საშუალებების ურთიერთქმედება. ძირითადად გამოიყენება მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის ავტომობილები;
9. კონტროლის განხორციელება მთელი სატრანსპორტო სქემის გასწვრივ. ამ დროს ხდება გადაზიდვის პროცესის ეფექტურობის ანალიზი. ხდება საბოლოო

საფინანსო გაანგარიშებები.

გარდა ზემოთაღნიშნულისა, ტრანსპორტირების პროცესს თან ახლავს ორგანიზაციული ხასიათის სამუშაოები.

ტრანსპორტირების ორგანიზების ორი ძირითადი პრინციპი არსებობს:

- ეკონომია ტვირთების გადაზიდვის მასშტაბების ზრდის ხარჯზე;
- ეკონომია მარშრუტის სიშორის ხარჯზე.

ტვირთების გადაზიდვის მასშტაბების ზრდის დროს ხდება სატრანსპორტო ხარჯების შემცირება ტვირთების პარტიების გამსხვილების ხარჯზე. რაც უფრო დიდი არის გასაგზავნი პარტიის სიდიდე, მით უფრო მცირე არის ერთეულზე გაწეული ხარჯები. აღნიშნული განსაკუთრებით ეფექტური არის რკინიგზისა და საზღვაო ტრანსპორტისათვის. ეკონომია მარშრუტის სიშორიდან გამომდინარე ხდება ტვირთის გადაზიდვის ხარჯების შემცირებით ერთეულ დაშორებაზე.

ნებისმიერი ავტოსატრანსპორტო კომპანია, რომელიც ტვირთის გადაზიდვით ან მგზავრების გადაყვანით არის დაკავებული, ცდილობს მაქსიმალურად გამოიყენოს თავისი რესურსები. ეკონომიკური ეფექტურობა შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც დამოკიდებულება დანახარჯებსა და ავტოსატრანსპორტო საწარმოს ფუნქციონირების შედეგებს შორის.

სატვირთო საავტომობილო ტრანსპორტისათვის სატვირთო გადაზიდვების ეფექტურობა ორი მდგენელისაგან შედგება: 1) გადაზიდვის პროცესის ორგანიზაცია და 2) მოძრავი შემადგენლობის ტექნიკურ-საექსპლუატაციო მაჩვენებლები. ამიტომ ეფექტურობა შეიძლება შევაფასოთ მოცულობით და შესრულებული სამუშაოების ხარისხით. ამასთან ერთად მწარმოებლურობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$P = \frac{q\gamma\beta\ell}{1 + t_{cd}v\beta} \quad (2.6)$$

სადაც  $q$  – არის ავტომობილის ტვირთამწეობა;

$\gamma$  – ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტი;

$\beta$  – გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი;

$\ell$  – ტვირთის გადაზიდვის საშუალო მანძილი;

$t_{cd}$  – დატვირთვა განტვირთვაზე დახარჯული დრო.

საავტომობილო გადაზიდვების თვითღირებულება შეიძლება გამოვსახოთ

ფორმულით:

$$S = \frac{S_{\Sigma}(1+t_{cd}v\beta)}{T_P v \beta q \gamma \ell} \quad (2.7)$$

სადაც  $S$  – არის 1 ტ.კმ-ის ღირებულება;

$S_{\Sigma}$  – დანახარჯების საერთო სიდიდე;

$T_P$  – მოძრავი შემადგენლობის ხაზზე მუშაობის დრო.

საავტომობილო ტრანსპორტის საქალაქო პირობებში მუშაობის დროს საექსპლუატაციო ფაქტორები მოქმედებენ მწარმოებლობაზე იმისდა მიუხედავად თუ როგორი ტვირთამწეობა აქვს ავტომობილს. პირველ რიგში მწარმოებლობაზე მოქმედებს გადაზიდვის მანძილი, შემდეგ ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტი, გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი, დატვირთვა-განტვირთვის დრო და ტექნიკური სიჩქარე. გადაზიდვის თვითღირებულებაზე გავლენას ახდენს ტექნიკური სიჩქარე, ტვირთის გადაზიდვის მანძილი, ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტი და გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი.

ტექნიკურ-საექსპლუატაციო მაჩვენებლები, რომელიც გავლენას ახდენს საავტომობილო ტრანსპორტის ფუნქციონირების ეფექტურობაზე, შეიძლება დავყოთ ორ ჯგუფად: 1) ტექნიკურად მზადყოფნის კოეფიციენტი, ხაზზე გაშვების კოეფიციენტი, მოძრავი შემადგენლობის გამოყენების კოეფიციენტი, გარბენის და ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტი, მოცდენის დრო და დატვირთვა-განტვირთვის დროს, განაწესში ყოფნის დრო, ტექნიკური და საექსპლუატაციო სიჩქარეები; 2) სვლების რაოდენობა; გადაზიდვების საერთო სიშორე და ტვირთიანი გარბენი; გადაზიდვების მოცულობა და სატრანსპორტო მუშაობა.

ავტომობილის განაწესში ყოფნის დროს მწარმოებლობა განისაზღვრება ავტომობილის ტვირთამწეობის ( $q$ ) წარმოებულთ, ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტით და ავტომობილის მიერ შესრულებული გზობების მიხედვით.

$$Q = q \gamma n \quad (2.8)$$

თუ აღნიშნულ ფორმულაში დავამატებთ სვლების რაოდენობას და ერთი გზობის დროს, მაშინ მივიღებთ მწარმოებლობის გამოსახულებას, რომელშიდაც კარგად აისახება მისი დამოკიდებულება მოძრავი შემადგენლობის ტექნიკურ-საექსპლუატაციო მაჩვენებლებზე:



$$Q = \frac{q\gamma T \beta_b v_t}{\ell_{BT} v_t t_{cd}} \quad (2.9)$$

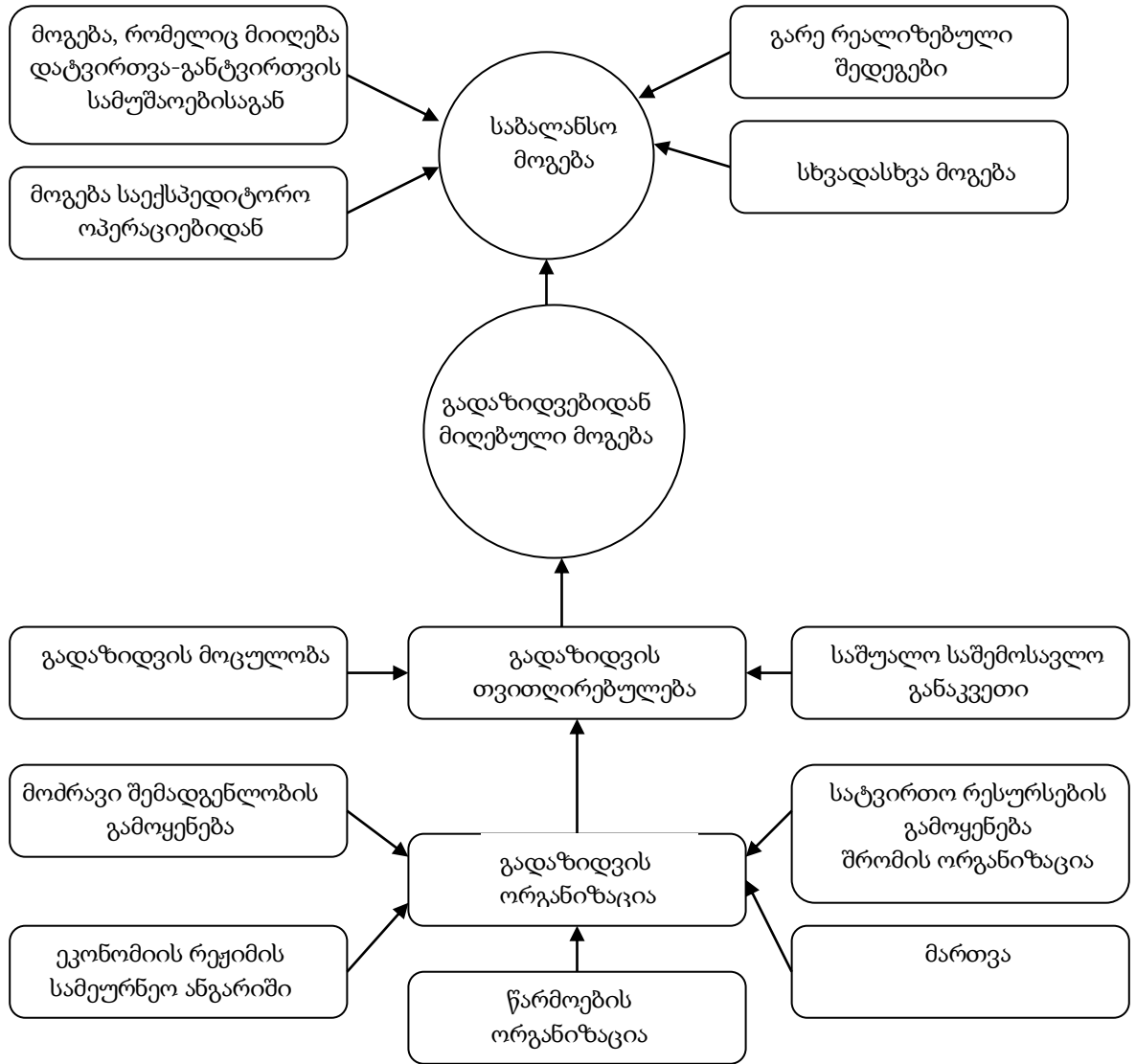
ამრიგად, მწარმოებლურობაზე მოქმედებს რამდენიმე ტექნიკურ-საექსპლუატაციო მაჩვენებელი, რომლებიც განსაზღვრავენ მოძრავი შემადგენლობის ცალკეულ მხარეებს. თავის მხრივ თითოეულ აღნიშნულ მაჩვენებელზე მოქმედებს განსაზღვრული ფაქტორები. ამიტომ მთლიანობაში ეს ზემოქმედება აისახება საავტომობილო ტრანსპორტის ფუნქციონირების ეფექტურობაზე.

მაღალკონკურენტულ გარემოში ეფექტურობის მისაღწევად აუცილებელია, რომ ყურადღება გავამახვილოთ თითოეულ გარე ფაქტორზე, რომელთა მავნე ზეგავლენის შემცირება საშუალებას მოგვცემს გავზარდოთ ავტოტრანსპორტის ფუნქციონირების ეფექტურობა.

გადაზიდვის თვითღირებულება შეიძლება შევამციროთ საწვავის ეკონომიურობის, სათადარიგო ნაწილების, საბურავების და ტრანსპორტის ეფექტური ფუნქციონირების ხარჯზე. გადაზიდვის ხარისხი შესაძლებელია გავზარდოთ ტვირთის დროულად და დაუზიანებლად მიტანის ხარჯზე. შესაბამისად საბალანსო მოგება დამოკიდებული იქნება არა მარტო ტექნიკურ-საექსპლუატაციო მაჩვენებლებზე, არამედ სატრანსპორტო-საექსპედიტორო და სხვა სახის საქმიანობაზე.

საავტომობილო ტრანსპორტის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ეკონომიკური მახასიათებელი არის რენტაბელობა. რენტაბელობის მაჩვენებლებში კარგად ჩანს კომპანიის საქმიანობის ფინანსური შედეგები. აღნიშნული მაჩვენებლები ანალიზი საშუალებას გვაძლევს სწორად განვსაზღვროთ საინვესტიციო პოლიტიკა და ფასწარმოქმნა.

რენტაბელობის მაჩვენებლების მრავალფეროვნება განსაზღვრავს მისი ამალგების ალტერნატიული გზების ძიებას. ტრანსპორტის ფუნქციონირების ეტაპზე მიღებული ცნობები, სადისპეტჩერო სამსახურის მონაცემები, საექსპლუატაციო ჯგუფის საადრიცხვო დოკუმენტაცია საშუალებას გვაძლევს გავანალიზოთ გადაზიდვების მოცულობის შესრულება და მოვახდინოთ ოპერატიული დაგეგმვა.



ნახ.2 . მაჩვენებლების გავლენის სქემა

ზემოთაღნიშნული ანალიზის დროს საჭიროა გამოვავლინოთ

- ოპერატიული დაგეგმვის ხარისხი;
- ოპერატიული გეგმის შესრულების მდგომარეობა დღე-ღამის განმავლობაში;
- ოპერატიული გეგმის შესრულების მდგომარეობა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ტვირთების და ცენტრალიზირებული გადაზიდვების კუთხით;
- ერთთვიანი გეგმის შესრულების და მუშაობის ძირითადი საექსპლუატაციო მაჩვენებლები;
- გეგმის შეუსრულებლობის მიზეზების დადგენა. მოცდენები ხაზზე.

რენტაბელურობის შეფასების შედეგები მიმართული უნდა იყოს ავტოტრანსპორტის ეფექტური ფუნქციონირებისათვის მისი მწარმოებლურობის კუთხით.

თანამედროვე პირობებში უპირატესი მნიშვნელობა უნდა მივანიჭოთ სატრანსპორტო პროდუქციის განახლებას, კლიენტის მოთხოვნების შესწავლას. ამავე დროს ყურადღება უნდა გამახვილდეს პროდუქციის შენახვაზე, გადამუშავებაზე, დატვირთვა-განტვირთვის სამუშაოების ორგანიზებაზე, საინფორმაციო მომსახურებაზე და სხვა.

ახალი ტიპის სატრანსპორტო მომსახურების ეკონომიკური ეფექტურობა შეიძლება გამოვთვალოთ ფორმულით:

$$E=P-Z \quad (2.10)$$

სადაც E– არის ეკონომიკური ეფექტი, რომელიც მიიღება ახალი ტიპის მომსახურების დანერგვით;

P – შემოსავლები, რომელიც მიიღება ახალი ტიპის მომსახურების დანერგვით;

Z– დანახარჯების ღირებულება.

## 2.4. მე-2 თავის დასკვნები

1. შესრულებულია სატვირთო გადაზიდვების მარშრუტიზაციის დროს გამოყენებული კლასიკური მეთოდის, „შტოების და საზღვრების“, მოდერნიზაცია. არსი მდგომარეობს იმაში, რომ შემოტანილია სატრანსპორტო ქსელში ფიქტიური კვანძები (უბნები), რომელიც ითვალისწინებს სატრანსპორტო ქსელის თავისებურებებს.
2. დამუშავებულია და რეალიზებულია მათემატიკური მოდელი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ წრიული მარშრუტების შერწყმა. ნაჩვენები და მეცნიერულად დასაბუთებულია გადაზიდვის პროცესის ეფექტურობა მარშრუტების შერწყმის და დამატებით ტვირთებზე პუნქტებში შველის შემთხვევაში. მარშრუტიზაციის ამოცანა გადაწყვეტილია მარშრუტიზაციის ამოცანის გადაწყვეტის ალგორითმის სრულყოფით.
3. სატვირთო საავტომობილო ტრანსპორტისათვის სატვირთო გადაზიდვების ეფექტურობა ორი ძირითადი მდგენელისაგან შედგება: გადაზიდვის პროცესის ორგანიზაცია და მოძრავი შემადგენლობის ტექნიკურ-საექსპლუატაციო მაჩვენებლები.

### თავი 3. მცირე პარტიებით მიწოდებისას მარშრუტების გაერთიანების მოდელის დამუშავება

#### 3.1. ორი მწარმოებლიდან ტვირთების ერთობლივად დარიგების თეორიის სრულყოფა

ტვირთების გადაზიდვის ეფექტურობის ზრდას და მოძრავი შემადგენლობის მწარმოებლურობის ამაღლებას შეიძლება მივაწიოთ ტვირთების გადაზიდვის მოცულობის გაზრდით და უქმი გარბენის შემცირების გზით. გადაზიდვების პროცესის ერთ-ერთ ეფექტურ სახეს წარმოადგენს ქანქარისებური მარშრუტის სახე უკუმიმართულებით დატვირთული სატრანსპორტო საშუალების შემთხვევაში.

იმისათვის, რომ მივაღწიოთ გადაზიდვის პროცესის ეფექტურად წარმართვას ჩამორიგებითი მარშრუტის შესრულების პროცესში, როდესაც გადაქვაქვს ტვირთი მცირე პარტიებად, საჭიროა გადაზიდვის გზაზე მოვახდინოთ მოძრავი შემადგენლობის დატვირთვა სხვა მწარმოებლისაგან. ამ შემთხვევაში სატრანსპორტო საშუალების დამატებით დატვირთვა ქანქარისებური მარშრუტისაგან განსხვავებით (დატვირთვა ხდება ტვირთის განტვირთვის ადგილზე) ხდება მარშრუტის შესრულების გზაზე. ამ შემთხვევაში ავტომობილის მარაზე აუცილებლად დევს ორი სხვადასხვა ტვირთი: ძირითადი და დამატებითი. ამიტომ მარშრუტის შემდეგ პუნქტში უკვე ხდება ორი სხვადასხვა ტვირთის განტვირთვა. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ შემთხვევაში ტვირთის მოხმარების ადგილზე მცირდება დროის სიდიდე. უნდა შევნიშნოთ, რომ ტვირთების გადაზიდვის დღეისათვის არსებულ თეორიაში ეს საკითხი შესწავლილი არ არის. ამავე დროს აღსანიშნავია, რომ ასეთი წესით გადაზიდულ ტვირთებს უნდა ჰქონდეთ ერთნაირი მახასიათებელი.

რამდენიმე მწარმოებლიდან ტვირთების გადაზიდვის დროს შერწყმულ მარშრუტებზე გადაზიდვის პროცესი რთული ხასიათისაა. ამიტომ მაგალითის სახით განვიხილავთ მარტივ ვარიანტს, როდესაც ტვირთის გადატვირთვა ხორციელდება ორი მწარმოებლისაგან.

გადაზიდვის მარშრუტის ორგანიზების დროს, როდესაც გვაქვს ორი

დატვირთვის ადგილი, საჭიროა პასუხი გაეცესე ორ კითხვას:

1. როგორი უნდა იყოს დატვირთვის მეორე პუნქტში შესვლის დრო, რომ შერწყმა იყოს მიზანშეწონილი?
2. სატრანსპორტო ქსელის რომელი პუნქტიდან უნდა მოხდეს ამ პროცესის ჩატარება?

იმისათვის, რომ პასუხი გავცეთ პირველ კითხვას, საჭიროა ვიცოდეთ ავტომობილის ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები ძირითადი და დამატებითი ტვირთების გადაზიდვის დროს მათ გაერთიანებულ ვარიანტთან შედარებით, როდესაც მარშრუტზე მუშაობს ერთი ავტომობილი. დატვირთვის მეორე აუნქტის განსაზღვრისათვის საჭიროა გადავჭრათ მარშრუტიზაციის ამოცანა იმის გათვალისწინებით რა მოცულობის თავისუფალი ადგილი გვაქვს ავტომობილის ძარაში განვიხილოთ პირველი ამოცანის ამოხსნა. მიზანშეწონილობის კრიტერიუმად ავიღოთ დრო, რომელიც მნიშვნელოვანი მახასიათებელი არის გადაზიდვის პროცესის დახასიათებისათვის თანამედროვე საბაზრო ურთიერთობებში. ეს მახასიათებელი კარგად არის ასახული ზოგადად გადაზიდვის ტარიფში.

ცნობილია, რომ გადაზიდვის პროცესის დრო ზოგადად შედგება სამი ტექნოლოგიურად საჭირო დროების ჯამისაგან:

$$t = t_{\text{ორ.მოც}} + t_{\text{ტექ.მოც}} + t_{\text{მოდ.}} \quad (3.1)$$

სადაც  $t_{\text{ორ.მოც}}$  – ორგანიზაციული მოცდენები (შესვლის დრო) და დრო დოკუმენტების გაფორმებაზე;

$t_{\text{ტექ.მოც}}$  – არის დატვირთვა-განტვირთვაზე დახარჯული დრო (სთ);

$t_{\text{მოდ.}}$  – არის მოძრაობის დრო (სთ).

ძირითადი და დამატებითი მარშრუტების შერწყმის დროს შეიძლება შევამციროთ დრო ორგანიზაციული მოცდენების შემცირების ხარჯზე. ამიტომ შერწყმის შეფასების კრიტერიუმად მიზანშეწონილია მივიღოთ პირობა

$$\Delta t = \Delta t_{\text{ორ.მოც}} - t_{\text{მოდ.დრ}} \geq 0 \quad (3.2)$$

ამრიგად, ცვალებადობა დროში, რომელიც დაიზოგება ორგანიზაციულ მოცდენებზე და მოძრაობაზე მეტი ან ტოლი უნდა იყოს 0-ის. (3.2) განტოლებაში

$$\Delta t_{\text{ორ.მოც}} = \sum_{i=1}^P t_{\text{ორ.მოც } i} (T_i - 1) \quad (3.3)$$

სადაც  $T_i$  – არის  $i$ -ურ პუნქტში ერთდროულად გადმოტვირთული ტვირთის

მოცულობა (ტ);

$t_{ორ.მოც.i}$  – არის გადმოტვირთვის პუნქტში შესვლაზე დახარჯული დრო (სთ);

$P$  – ერთობლივად გადმოსატვირთი პუნქტების რაოდენობა.

მოძრაობის დროის ცვლილება არის

$$\Delta t_{მოძ.დრ} = t_{მოძ.შერ.მარ.} - (t_{მოძ.ძირ.მარ.} + t_{დამ.მარ.}) \quad (3.4)$$

სადაც  $t_{მოძ.შერ.მარ.}$  – არის მოძრაობის დრო შერეულ მარშრუტზე;

$t_{მოძ.დრ.ძირ.}$  – მოძრაობის დრო ძირითად მარშრუტზე;

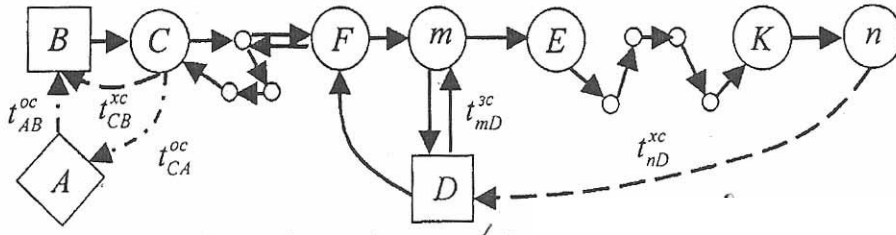
$t_{დამ.მარ.}$  – მოძრაობის დრო დამატებით მარშრუტზე.

ტვირთის ასაღებად მიზანშეწონილობის კრიტერიუმის ქვედა საზღვარი მიიღება პირობიდან (3.2), თუ მას გავუტოლებთ 0-ს. შედეგად ვღებულობთ შერწყმის მიზანშეწონილობის განტოლებას.

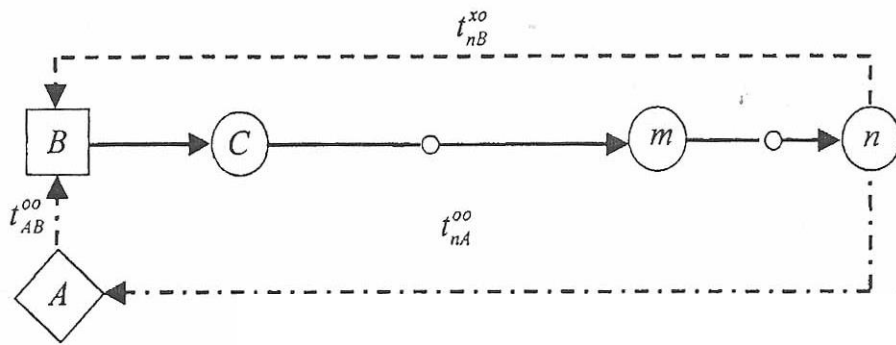
$$\sum_{i=1}^P t_{ორგ.მოც.i} (T_i - 1) - t_{მოძ.შერ.მარ.} + (t_{მოძ.ძირ.მარ.} + t_{დამ.მარ.}) = 0 \quad (3.5)$$

ამრიგად, ორი მარშრუტიდან ერთის ფორმირება დაიყვანება დროის დანახარჯების შემცირებაზე მათი შეერთების დროს განტოლებიდან (3.5). ის დამოკიდებული იქნება ძირითად და დამატებით მარშრუტებზე ს ატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის სქემაზე.

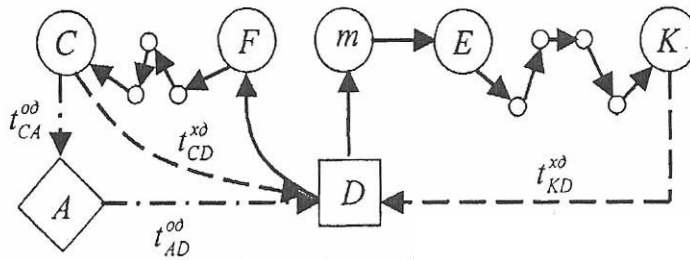
განვიხილოთ მოძრაობის კავშირი. ნახ.3.1-ზე მოცემული არის განზოგადოებული სქემა, როცა ძირითადი და დამატებითი ტვირთის განტვირთვის პუნქტები არ ემთხვევიან ერთმანეთს. ამასთან ერთად დამატებითი ტვირთის აღებისათვის შეცვლა ხდება რაღაც შუალედურ პუნქტში  $m$ . აღნიშნულ შემთხვევაში  $A$  წვეროში განლაგებულია ავტოსატრანსპორტო საწარმო (ასს),  $B$ -ში – ძირითადი ტვირთის დატვირთვის პუნქტი;  $C$  – ძირითადი ტვირთის განტვირთვის პუნქტი პირველ ეტაპზე და დამატებითი ტვირთის განტვირთვის უკანასკნელი პუნქტი მესამე ეტაპზე.  $D$  – წვერო, სადაც იტვირთება დამატებითი ტვირთი;  $E$  – ორივე ტვირთის ერთდროულად განტვირთვის პირველი პუნქტი (ერთობლივი ჩამორიგების პირველი პუნქტი);  $K$  – ერთობლივი გადაზიდვის საბოლოო პუნქტი;  $n$  – ძირითადი ტვირთის განტვირთვის პირველი პუნქტი;  $F$  – მესამე ეტაპზე განტვირთვის პირველი პუნქტი, როდესაც გადაიზიდება მხოლოდ დამატებითი ტვირთი.



ნახ.3.1. ერთობლივი ჩამოტარების გრაფი



ნახ.3.2. ძირითადი მარშრუტის გრაფი



ნახ.3.3. დამატებითი მარშრუტის გრაფი

ზოგად შემთხვევაში მცირე პარტიებად ტვირთების გადაზიდვის შემთხვევაში ერთობლივი მარშრუტი შეიძლება გავყოთ სამ ეტაპად: პირველი ეტაპი – როდესაც არიგებენ მხოლოდ ძირითად ტვირთს; მეორე ეტაპი – როდესაც ხდება ერთობლივი განტვირთვა-განტვირთვა ორი ტვირთის არსებობისას და მესამე – როდესაც ხდება მხოლოდ დამატებითი ტვირთის ჩამორიგება.

დრო, რომელიც დაიხარჯება ძირითად მარშრუტზე, ტოლი იქნება:

$$t^{OCH} = t_{AB}^{oo} + (t_{Bm}^{zo} + t_{mn}^{zo} + t_{nB}^{xo})\Pi - t_{nB}^{xo} + t_{nA}^{xo} \quad (3.6)$$

ანალოგიურად დამატებით მარშრუტზე

$$t^{доп} = t_{AD}^{od} + (t_{DK}^{\Gamma D} + t_{KD}^{X D} + t_{DF}^{\Gamma D} + t_{FC}^{\Gamma D} + t_{CD}^{X D})\Pi - t_{CD}^{X D} + t_{CA}^{od} \quad (3.7)$$



ბოლო შერეულ მარშრუტზე დახარჯული დრო

$$t^{COB} = t_{AB}^{OC} + (t_{Bm}^{rc} + t_{mD}^{3c} + t_{Dn}^{rc} + t_{nD}^{xc} + t_{DF}^{rc} + t_{Fc}^{rc} + t_{CB}^{xc}) \Pi - t_{CB}^{xc} + t_{CA}^{oc} \quad (3.8)$$

ფორმულაში (3.6–3.8) „ $\Pi$ “ – მიუთითებს შესვლის ციკლების რაოდენობას. ასო „ $\Gamma$ “ – ზედა ინდექსში მიუთითებს ტვირთთან გარბენს. როგორც ჩანს ნახ.3.1-დან და ფორმულიდან (3.8), დრო, რომელიც იხარჯება ერთობლივ მარშრუტზე, იკრიბება შემდეგი დროებისაგან: ნულოვანი გარბენი ავტოსატრანსპორტო საწარმოდან დატვირთვის პირველ პუნქტამდე  $t_{AB}^{oc}$ ; ტვირთიანი გარბენის დრო დამატებითი ტვირთის დატვირთვის პუნქტში შესვლამდე  $t_{mD}^{3c}$ ; ტვირთიანი გარბენი D წვეროდან ერთობლივი ჩამოტარების პუნქტამდე  $t_{Dm}^{rc}(n)$ ; უქმი გარბენის დრო  $n$  პუნქტიდან D წვერომდე  $t_{nD}$ , როცა საჭირო არის დამატებითი ტვირთის დამატება მესამე ეტაპზე ჩამორიგებისათვის; ტვირთიანი გარბენის დრო D წვეროდან C პუნქტამდე, როცა გადაიზიდება მხოლოდ დამატებითი ტვირთი ( $t_{DF}^{rc} + t_{Fc}^{rc}$ ); უქმი გარბენის დრო  $t_{CB}^{xc}$ , როცა საჭირო არის შევასრულოთ მოცემულ მარშრუტზე არა ერთი ციკლი; ნულოვანი გარბენი  $t_{CA}^{oc}$ , როცა  $\Pi=1$  და ავტომობილი ბრუნდება ავტოსატრანსპორტო საწარმოში.

ერთი მარშრუტის ფორმირების ამოცანა, ჩვენი შემთხვევისათვის ორი მარშრუტიდან, დაიყვანება დროის შემცირების განსაზღვრაზე და დამატებითი ტვირთის ასაღებად შეცვლისათვის საჭირო დროის მაქსიმალურად დასაშვები სიდიდის განსაზღვრაზე.

მოდრაობის დროის ცვლილების ფორმულა (3.4)-ის მიხედვით:

$$\Delta t' = t_{mD}^{3c} \cdot \Pi - t_{nA}^{oo} - t_{AD}^{ol} + (W-1)(t_{CB}^{xc} - t_{nB}^{xo} - t_{CD}^{xl}) + (t_{Dn}^{rc} - t_{DK}^{ro} - t_{mn}^{ro}) \cdot \Pi + (t_{nD}^{xc} - t_{KD}^{xo}) \cdot \Pi \quad (3.9)$$

დროის ეკონომია (3.2) ფორმულის მიხედვით იქნება

$$\Delta t = \Pi \cdot \sum_{i=1}^{\Pi} t_i^{3p} - t_{mD}^{xc} \cdot \Pi + t_{nA}^{oo} + t_{AD}^{nl} - (\Pi-1)(t_{CB}^{xc} - t_{nB}^{xo} - t_{CD}^{xl}) - (t_{Dn}^{rc} - t_{DK}^{rl} - t_{mn}^{ro}) \cdot \Pi - (t_{nD}^{xc} - t_{KD}^{xl}) \cdot \Pi \quad (3.10)$$

მაშინ მიზანშეწონილობის კრიტერიუმი (3.5) ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\left[ t_{mD}^{3c} \right] = \frac{t_{nA}^{oo} + t_{AD}^{ol} - (\Pi-1)(t_{CB}^{xc} - t_{nB}^{xo} - t_{CD}^{xl})}{\Pi} + \sum_{i=1}^{\Pi} t_i^{3p} - t_{Dn}^{rc} + t_{DK}^{rl} + t_{mn}^{ro} - t_{nD}^{xc} + t_{KD}^{xl} \quad (3.11)$$

(3.11) ფორმულის ანალიზიდან ჩანს, რომ მაქსიმალურად დასაშვები დრო დამოკიდებულია დროზე, რომელიც იხარჯება ტვირთთან, უქმ და ნულოვან გარბენზე, ასევე დამატებითი ტვირთისათვის შესაცვლელად და მოძრაობის ციკლების რაოდენობაზე.

კერძო შემთხვევაში ერთი შევლის დროს, როცა  $\Pi=1$ , მივიღებთ:

$$[t_{mD}^{3c}] = \sum_{i=1}^{\Pi} t_i^{3p} + t_{nA}^{oo} + t_{AD}^{oi} - t_{Dn}^{\Gamma c} + t_{DK}^{\Gamma o} + t_{mn}^{\Gamma o} - t_{nD}^{xc} + t_{KD}^{xi} \quad (3.12)$$

თუ გავაკეთებთ (3.11) და (3.12) ფორმულების ანალიზს, მარშრუტების გაერთიანების ეფექტურობა და მაქსიმალურად დასაშვები დრო იზრდება თუ იზრდება ფორმულაში მითითებული შემდეგი კომპონენტები.

– პუნქტებში შესვლაზე და გადმოტვირთვაზე დახარჯული დრო და ციკლების

$$\text{რაოდენობა } \sum_{i=1}^n t_i^{3p}.$$

– საბოლოო განტვირთვის პუნქტის სიშორე  $t_{nA}^{oo}$ .

– დატვირთვის მეორე პუნქტის განლაგების დაშორება  $t_{AD}^{oi}$ .

– ტვირთიანი გარბენის დროის ეკონომია ორი ტვირთის ერთდროულად ჩამოქარების დროს  $\Delta t^{\Gamma} = t_{mn}^{\Gamma o} + t_{DK}^{\Gamma B} - t_{Dn}^{\Gamma c}$

– დროის ეკონომიის სიდიდე დამატებით და შერწმულ მარშრუტებზე უქმი გარბენის დროს მეორე ტვირთის დატვირთვის პუნქტამდე  $\Delta t^K = t_{KD}^{xi} - t_{nD}$ .

ამრიგად, მარშრუტების გაერთიანება მიზანშეწონილია ავტოსატრანსპორტო საწარმოდან ყველაზე შორს არსებულ განტვირთვის და მეორე ტვირთის დატვირთვის პუნქტებისათვის. ამასთან ერთად, ხელსაყრელია ამისათვის გამოვიყენოთ მაღალი ტვირთამწეობის ავტომობილები, რომელიც საშუალებას მოგვცემს გავაერთიანოთ რაც შეიძლება დიდი რაოდენობის ტვირთის დაცლის პუნქტები.

განვიხილოთ დროის ეკონომიის მიღების ამოცანა ისეთი გადამზიდავის დროს, როცა ტვირთის მეორე მწარმოებელს ავტოსატრანსპორტო საწარმო არ ემსახურებოდა. უნდა აღვნიშნოთ, რომ საანგარიშო სქემას აქვს ანალოგიური სახე, რაც ნაჩვენებია ნახ.3.1-ზე. დროის ცვალებადობა ტოლი იქნება:

$$\Delta t = \Pi \cdot \sum_{i=1}^{\Pi} t_i^{3p} - t_{mD}^{3c} \cdot \Pi + t_{nA}^{oo} - t_{CA}^{oc} - (\Pi - 1)(t_{CB}^{xc} - t_{nB}^{xo}) - \Pi(t_{Dn}^{\Gamma c} + t_{DF}^{\Gamma c} + t_{FC}^{\Gamma c} - t_{mn}^{\Gamma o}) - t_{nD}^{xc} \cdot \Pi \quad (3.13)$$

აქედან განვსაზღვრავთ დამატებით ტვირთზე შევლისათვის მაქსიმალურად დასაშვები დროის სიდიდეს:

$$[t_{mD}^{3c}] = \frac{t_{nA}^{oo} - t_{CA}^{oc} - (\Pi - 1)(t_{CB}^{xc} - t_{nB}^{xo})}{\Pi} + \sum_{i=1}^{\Pi} t_i^{3p} - t_{Dn}^{\Gamma c} - t_{DF}^{\Gamma c} + t_{FC}^{\Gamma c} + t_{mn}^{\Gamma o} - t_{nD}^{xc}. \quad (3.14)$$

(3.14) ფორმულის სტრუქტურა ანალოგიურია (3.11) გამოსახულების და ცხადია, რომ გადაზიდვის პროცესის ეფექტურობა დამოკიდებული იქნება უქმი გარბენის, ნულოვანი და ტვირთიანი გარბენის სიდიდეზე და მოძრაობის ციკლების რაოდენობაზე. როცა  $\Pi=1$ , ვპოულობთ:

$$[t_{mD}^{3c}] = \sum_{i=1}^{\Pi} t_i^{3p} + t_{mA}^{oo} - t_{CA}^{oc} - t_{Dm}^{\Gamma c} - t_{DF}^{\Gamma c} - t_{FC}^{\Gamma c} + t_{mn}^{\Gamma o} - t_{nD}^{xc}. \quad (3.15)$$

(3.14) და (3.15) ფორმულის ანალიზის შედეგად დგინდება, რომ დამატებითი ტვირთის აღებისათვის შევლის მაქსიმალურად დასაშვები დრო იზრდება იმ შემთხვევაში, თუ იზრდება:

- ტვირთის ასაღებად შევლის დრო და რაოდენობა  $\sum_{i=1}^n t_i^{3p}$ ;
- ძირითადი ტვირთის გადატანის საბოლოო პუნქტის დაშორება  $t_{nA}^{oo}$ ;
- თუ იზრდება დროებს შორის სხვაობა ტვირთიან გარბენებს შორის, როცა სატრანსპორტო საშუალება დატვირთულია ერთი და ორი ტვირთით

$$\Delta t^{\Gamma} = t_{mn}^{\Gamma o} - (t_{Dn}^{\Gamma c} + t_{DF}^{\Gamma c} + t_{FC}^{\Gamma c})$$

- უქმი სვლის დროის შემცირება  $t_{nD}^{xc}$ .

ამრიგად, ტვირთების ერთობლივად გადაზიდვის სხვადასხვა მარშრუტების განხილვის დროს, შემოთავაზებული (3.2) კრიტერიუმის გათვალისწინებით, დგინდება:

- მარშრუტების პირველი სახის შერჩევის დროს მიზანშეწონილია გავაერთიანოთ პუნქტები, რომელიც ავტოსატრანსპორტო საწარმოს განლაგების ადგილიდან ყველაზე შორს იმყოფებიან.
- მაღალ ეფექტს იძლევა, რომელსაც ძირითადი და დამატებითი ტვირთების

განტვირთვის ადგილი ერთმანეთს ემთხვევა.

- მარშრუტის ეფექტურობა იზრდება, თუ იზრდება პუნქტების რაოდენობა.
- მეორე სახის შეერთება ნაკლებ ეფექტური არის პირველთან შედარებით.
- მარშრუტების შეერთების (შერწყმის) პროცესის ეფექტურობა იზრდება თუ გამოვიყენებთ მაღალი ტვირთამწეობის ავტომობილებს.

ზემოთ განხილული ვარიანტებიდან განსხვავებით, გაცილებით რთული არის ის ვარიანტი, როდესაც ორივე ტვირთის მწარმოებელს აქვთ როგორც ძირითადი, ასევე დამატებითი მარშრუტები (ნახ.3.9). ამასთან ერთად ქვედა ინდექსი მიუთითებს მწარმოებლის ნომერს.

შერწყმის შედეგად მიღებული დროის ეკონომია

$$\Delta t^\ell = t^c - (t_1^o + t_2^o + t_1^\partial + t_2^\partial). \quad (3.38)$$

თუ მარშრუტების შერწყმის დროს პუნქტების შემოვლის თანმიმდევრობა არ ემთხვევა, მაშინ (3.38), მიიღებს სახეს:

$$\Delta t^\ell = \Pi \sum t^{rc} - \Pi \sum t^{ro} - \Pi \sum t^{r\partial} + \Pi \sum t^{3c} - (1 - \Pi) \left( t^{xc} - \sum t^{xo} - \sum t^{x\partial} \right) - \sum t_1^o + \sum t_2^o \quad (3.39)$$

სადაც  $\sum t^{rc} = t_{Bm}^{rc} + t_{Dc}^{rc} + t_{Dr}^{rc} + t_{By}^{rc}$ ;

$$\sum t^{ro} = t_{Bn}^{ro} + t_{D\partial}^{ro};$$

$$\sum t^{r\partial} = t_{Db}^{r\partial} + t_{Ba}^{r\partial};$$

$$\sum t^{3c} = t_{mD}^{3c} + t_{eD}^{3c} + t_{rB}^{3c}; \quad (3.40)$$

$$\sum t^{xo} = t_{nB}^{xo} + t_{\partial D}^{xo};$$

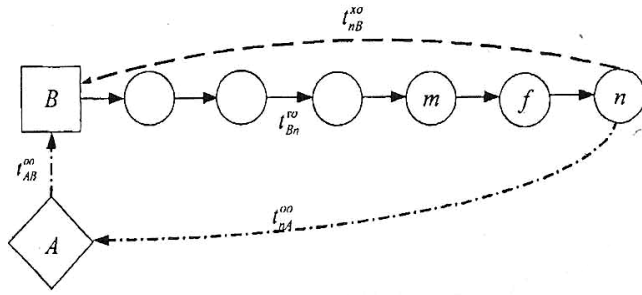
$$\sum t^{r\partial} = t_{BD}^{r\partial} + t_{ab}^{r\partial};$$

$$\sum t_1^o = t_{AD}^{oo} + t_{AD}^{o\partial} + t_{AB}^{o\partial};$$

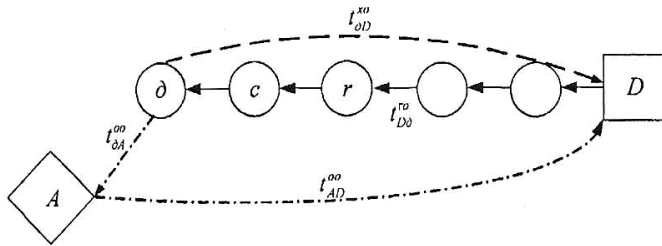
$$\sum t_2^o = t_{yA}^{oc} - t_{nA}^{oo} - t_{\partial A}^{oo} - t_{bA}^{o\partial} - t_{aA}^{o\partial}.$$

თუ (3.39) გამოსახულებას ჩავწერთ (3.2)-ში, როცა  $\Delta t=0$ , მივიღებთ შველის მაქსიმალურად დასაშვებ დროს.

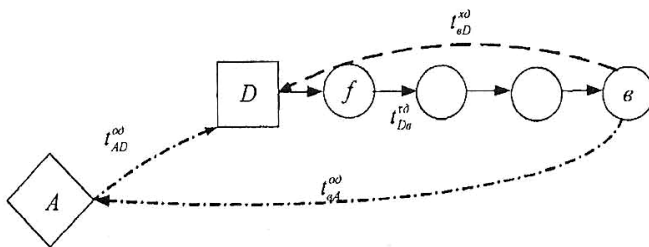
$$\left[ \sum t^{3c} \right] = \sum t^{3p} - \sum t^{rc} + \sum t^{ro} + \sum t^{r\partial} + (1 - \Pi) \frac{t^{xc} - \sum t^{xo} - \sum t^{x\partial}}{\Pi} - \frac{\sum t_1^o}{\Pi} + \frac{\sum t_2^o}{\Pi}. \quad (3.41)$$



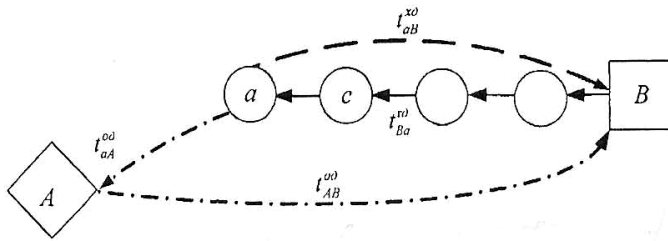
ძირითადი მარშრუტი  $t_1^0$



ძირითადი მარშრუტი  $t_2^0$

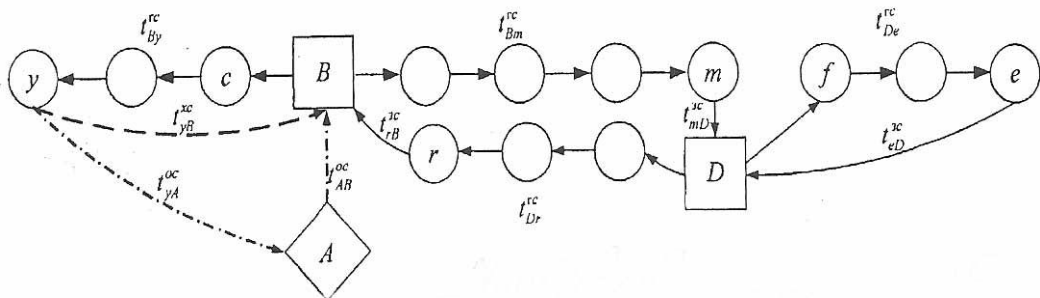


დამატებითი მარშრუტი  $t_1^0$



დამატებითი მარშრუტი  $t_2^0$

ნახ.3.9. ძირითადი და დამატებითი მარშრუტების მდგომარეობა შერწყმამდე



ნახ.3.10. შერწყმული მარშრუტი  $t^c$

როცა  $\Pi=1$ , მაშინ (3.41) განტოლებიდან გვაქვს:

$$\left[ \sum t^{3c} \right] = \sum t^{3p} - \sum t^{rc} + \sum t^{ro} + \sum t^{r\partial} - \sum t_1^o + \sum t_2^o. \quad (3.42)$$

ჩატარებული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დასაშვები დრო ძირითად, დამატებით და შერეულ მარშრუტებზე დამოკიდებულია ტვირთთან, უქმ და ნულოვანი გარბენის დროის სიდიდეზე. ასევე დროზე, რომელიც საჭირო არის პუნქტებში შევლაზე და შესრულებული ციკლების რაოდენობაზე.

იმის გამო, რომ გადაზიდვის პროცესის ორგანიზებისას გვიხდება ზემოთაღწერილი მრავალი სიდიდის გამოთვლა და გათვალისწინება, მაგალითისათვის განვიხილავთ უფრო მარტივ ვარიანტს (სქემა 3.6), როცა პირველ და მეორე სახის ტვირთების განტვირთვის ადგილი ერთმანეთს ემთხვევა და  $\Pi=1$ . (3.24) განტოლება შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$\left[ t_{mD}^{3c} \right] = \sum_{i=1}^n t_i^{3p} + t_0 + \frac{\ell_{mn}^r}{V} \quad (3.43)$$

სადაც  $t^0 = t_{nA}^{oo} + t_{AD}^{o\partial}$  – ნულოვანი გარბენის დროა ძირითადი და დამატებითი ტვირთების გადაზიდვის დროს (სთ);

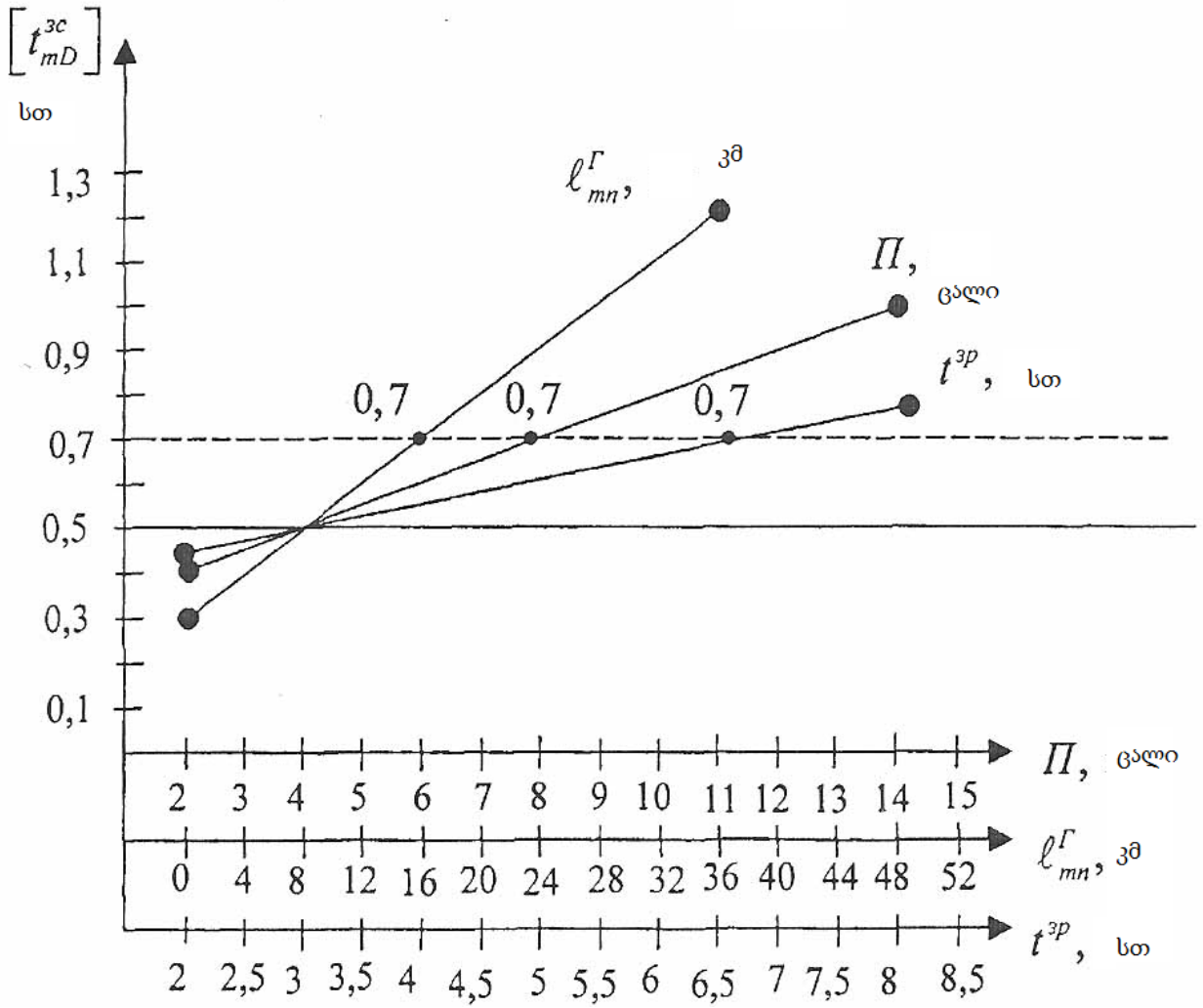
$\ell_{mn}^r$  – მეორე დატვირთული უბანის სიგრძეა, ორივე სახეობის ტვირთის გადმოტვირთვის დროს (კმ);

$V$  – ავტომობილის ტექნიკური სიჩქარეა, კმ/სთ.

მიღებული დამოკიდებულების ანალიზისათვის (3.24) გამოვიყენოთ მახასიათებელი გრაფიკი (ნახ.3.11).

ავილოთ შემდეგი ძირითადი მონაცემები:  $V=40$  კმ/სთ;  $t^0=0,1$  სთ. ცვლადის სახით გამოვიყენება  $\ell_{mn}^r$  – ტვირთიანი გარბენის სიგრძე;  $\Pi$  – განტვირთვის პუნქტების რაოდენობა;  $t^{3p}$  – დასატვირთად შესვლის დრო. როცა  $\Pi=4$ ,  $\ell_{mn}^r=8$  კმ და  $t^{3p}=3$  წთ, დამატებითი ტვირთისათვის შესვლის დრო არ უნდა იყოს 0,5 სთ-ზე მეტი, იმისათვის, რომ გავზარდოთ დრო  $\left[ t_{mD}^{3c} \right]$  0,7 სთ-მდე, საჭიროა შევცვალოთ დაშორების სიდიდე  $\ell_{mn}^r$  16 კმ-მდე (2-ჯერ) ან პუნქტების რაოდენობა 8-მდე, ან შესვლის დრო 6 წთ-მდე.

მიღებული შედეგები ადასტურებენ წინა მსჯელობებიდან მიღებულ დასკვნებს.



ნახ.3.11. მახასიათებელი გრაფიკი

### 3.2. მიწოდების პუნქტების განსაზღვრა და მარშრუტების გაერთიანების ეკონომიკური შეფასება

ოპტიმალური სამარშრუტო სქემის შესარჩევად შესაძლებელია კრიტერიუმის სახით ავირჩიოთ მარშრუტის სიგრძე ან მარშრუტის გავლისათვის საჭირო დრო. მოძრაობის ოპტიმალური მარშრუტი შეირჩევა „ფიქტიური შტოების“ მეთოდის გამოყენებით.

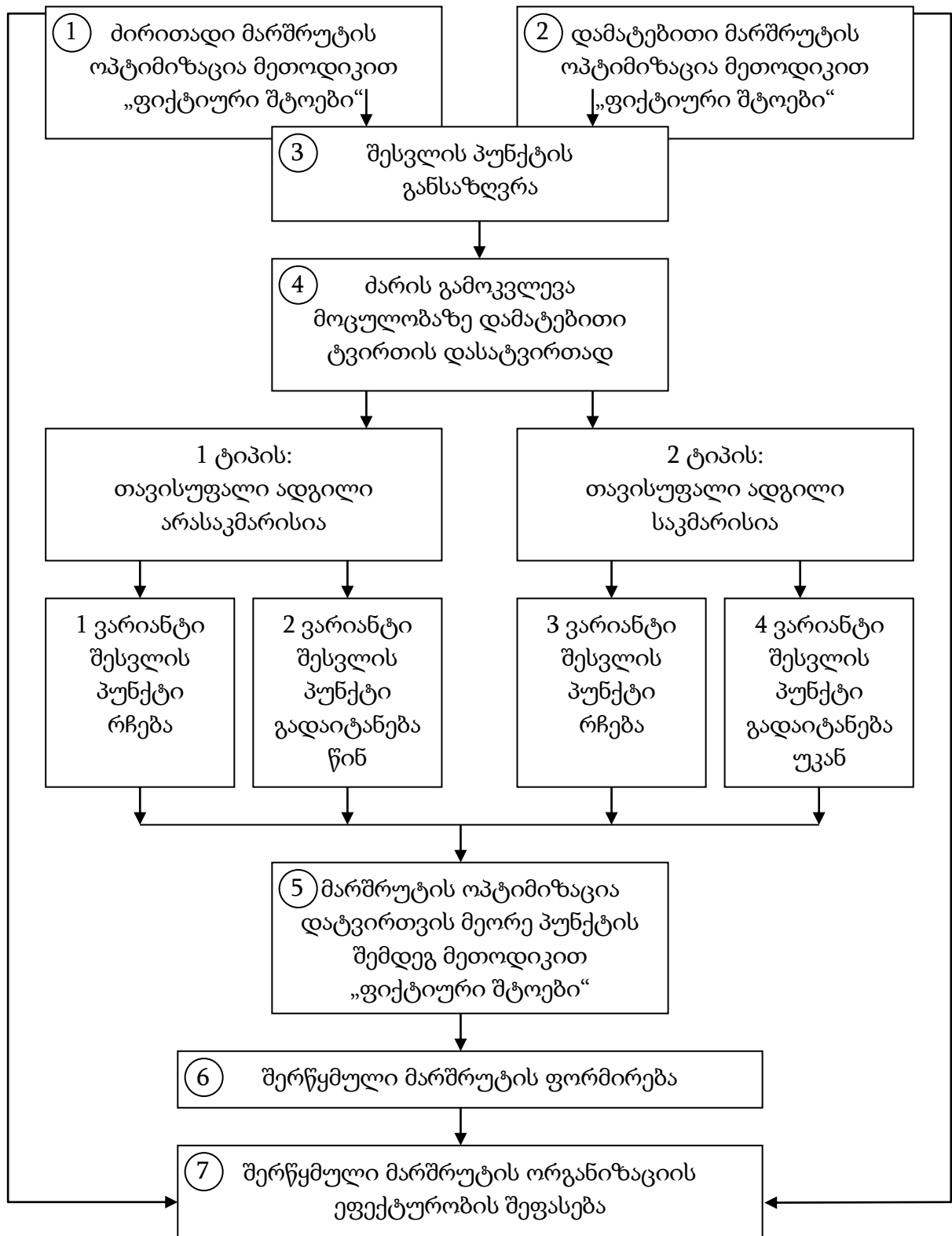
მაგალითისათვის ოპტიმალურობის კრიტერიუმად ვირჩევთ მარშრუტის უმცირეს სიგრძეს. განვიხილოთ ერთობლივი გადაზიდვის ამოცანა, როდესაც ძირითად და დამატებით მარშრუტებს აქვთ ერთი და იგივე საწყისი პუნქტი – ავტოსატრანსპორტო კომპანიის დისლოკაციის ადგილი. გადაზიდვისათვის გამოიყენება ავტომობილი „ფორდ ტრანზიტი“ წონით 1,65 ტონა და ტვირთამწეობით 1,85 ტონა. პირველი ტვირთის წონა შეადგენს 1,8 ტონას, ხოლო მეორეს წონა არის 0,9 ტ. დრო  $t^{np}$  ტოლი არის 0,5 სთ ერთ ტონაზე. პუნქტში შესვლის დრო  $t=0,05$  სთ-ს. ტექნიკური სიჩქარე  $V=30$  კმ/სთ. შემოთავაზებულია, რომ ამოცანის ამოხსნა ჩატარდეს შვიდ ეტაპად, რომლის ბლოკ-სქემა მოცემულია ნახ.3.12-ზე.

ძირითადი ტვირთის ოპტიმალური მარშრუტი სიგრძით 43 კმ ნაჩვენებია ნახ.3.13-ზე: 6-11-7-8-9-10-1-2-3-4-5-4-6. აქ მე-6 პუნქტში განლაგებულია ავტოსატრანსპორტო კომპანია, ხოლო მე-11 პუნქტში განთავსებული არის ძირითადი ტვირთის მოთავსების ბაზა. დამატებითი ტვირთი გადაადგილდება მარშრუტზე სიგრძით 40 კმ 3.14 სქემის შესაბამისად: 6-3-9-10-1-2-4-5-4-6. მესამე ეტაპზე დამატებითი ტვირთის ასაღებად შესვლისათვის პუნქტის განსაზღვრის მიზნით 3.13 სატრანსპორტო სქემაში შეგვაქვს პუნქტი 3, სადაც განლაგებულია მეორე, დამატებითი და ტვირთის ბაზა. დადგენილია, რომ ამ პუნქტში შესვლა უნდა მოხდეს მე-8 პუნქტიდან (ნახ.3.15).

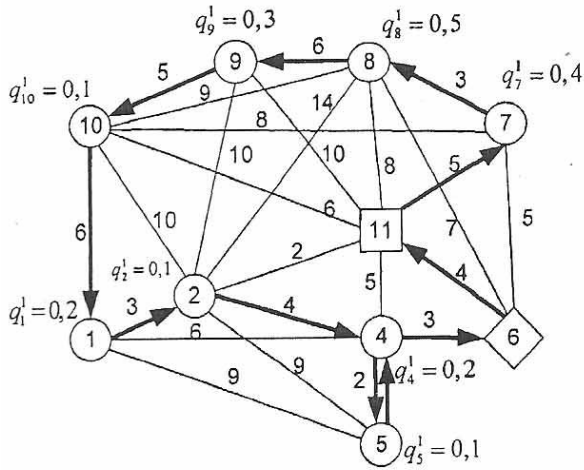
მე-4 ეტაპზე დადგენილია, რომ მე-8 პუნქტში სატრანსპორტო საშუალების შესვლის შემდეგ ძარაზე ადგილი გამონთავისუფლდა. თუ ადგილი საკმარისი არ არის, მაშინ შეიძლება სვლა განხორციელდეს სვლის მიმართულებით 9-3 განშტოებაზე. სატრანსპორტო სქემაზე 3.14-ის შესაბამისად ემატება პირველი ტვირთის განტვირთვის პუნქტები, რომლებიც განთავსებული არის მეორე ტვირთის



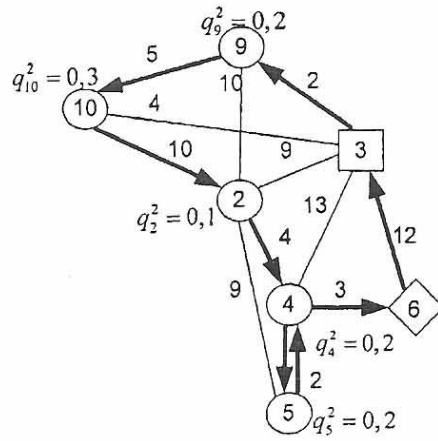
განლაგების ადგილის იქეთ (3.16).



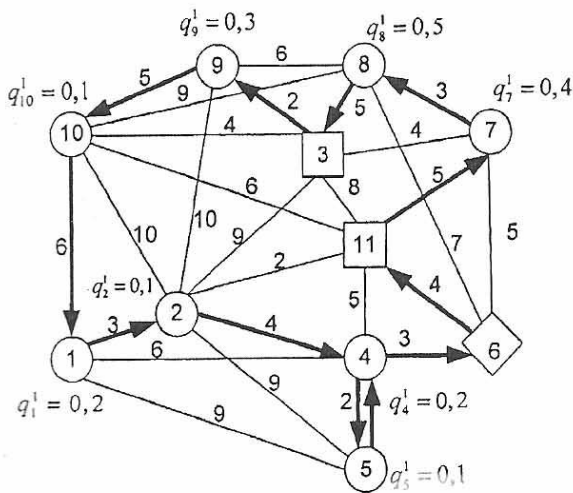
ნახ.3.12. ბლოკ-სქემა



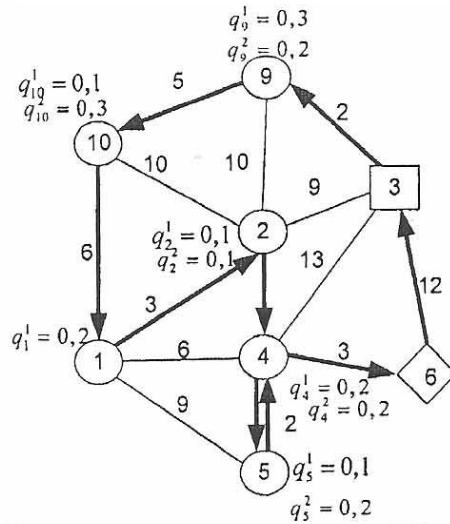
ნახ.3.13



ნახ.3.14



ნახ.3.15



ნახ.3.16

ერთობლივი მარშრუტი სიგრძით 44 კმ მიიღება ძირითადი ტვირთის გადაზიდვის მანძილისა (მე-3 პუნქტამდე) და მას შემდეგ გადაზიდვის მანძილების შეჯამებით (ნახ.3.16)-ის მიხედვით: 6-11-7-8-3-9-10-1-2-4-5-4-6. შეიძლება გამოვყოთ ოთხი დამახასიათებელი უბანი: პირველი – ნულოვანი გარბენი ავტოსატრანსპორტო კომპანიიდან პირველი ტვირთის დატვირთვის პუნქტამდე – 11, მეორე – ძირითადი ტვირთის გადაზიდვა 11-დან მე-3 პუნქტამდე. 3 და 5 პუნქტებს შორის ტვირთის ერთობლივი გადაზიდვა და მეოთხე – მეორე ნულოვანი გარბენი მე-5 პუნქტიდან ტრანსპორტის დისლოკაციის ადგილამდე. მე-7 ეტაპზე ხდება მიღებული მარშრუტის ეკონომიკური ეფექტის დასაბუთება [80].

### 3.3. გადაზიდვის პროცესის ორგანიზაციის ეფექტურობის შეფასება

ავტოსატრანსპორტო საშუალებების მუშაობის შეფასების საზომად ხშირად გამოიყენება შესრულებული სამუშაო ტონებში ან ტონა-კილომეტრებში. უნდა აღინიშნოს, რომ გადაზიდვის მანძილის გაზრდით პირველი მაჩვენებელი მცირდება, ხოლო მეორე იზრდება. სწორედ აღნიშნული წარმოადგენს კლასიკური მეთოდის წინააღმდეგობრივ მხარეს. ამიტომ ეს მაჩვენებლები ვერ ახასიათებენ პროცესს სრულყოფილად და ობიექტურად წრიულ მარშრუტებზე გადაზიდვების შესრულებისას. ამიტომ საჭიროა სხვა კრიტერიუმების დამუშავება, რომელიც კარგად დაახასიათებს გადაზიდვის დროს შესრულებულ მუშაობას.

ავტომობილის სრული მუშაობა ტოლი არის

$$P = P^{abm} + P^{mp} \quad (3.63)$$

სადაც  $P^{abm}$  – არის მუშაობა, რომელიც იხარჯება ავტომობილის გადაადგილებაზე, (ტ.კმ);

$P^{mp}$  – სატრანსპორტო მუშაობა, რომელიც იხარჯება ტვირთის გადაადგილებაზე, (ტ.კმ).

ზემოთ მოყვანილ განტოლებას მივცეთ შემდეგი სახე:

$$\frac{P}{P^{amp}} = 1 + \frac{P^{mp}}{P^{amp}} \quad (3.64)$$

ამრიგად, რაც უფრო მეტი სატრანსპორტო მუშაობა მოდის ავტომობილის ერთეულ მუშაობაზე, მით უფრო ეფექტური არის გადაზიდვის პროცესი. სიდიდეების დახასიათებისათვის (3.64) განტოლებაში შემოვიტანოთ სატრანსპორტო მუშაობის ფარდობითობის კოეფიციენტი

$$K^{mp} = \frac{P^{mp}}{P^{amp}} = \frac{\sum_{j=1}^n q_{ij} \ell_{ij}}{G_{CHL}} \quad (3.65)$$

სადაც  $q_{ij}$  – არის განტვირთვის  $j$ -ურ პუნქტში ტვირთის მასა, ტ;

$L$  – მარშრუტის სიგრძე, კმ;

$G_{CH}$  – გამართული ავტომობილის წონა, ტ;

$\ell_{ij}$  – დატვირთვის  $i$ -ურ და განტვირთვის  $j$ -ურ პუნქტს შორის მანძილი, კმ.

(3.65) ფორმულა შეიძლება გარდავქმნათ შემდეგი სახით:

$$K^{mp}=K^Q\gamma_{\theta}\beta \quad (3.66)$$

სადაც  $\beta$  – გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი;

$\gamma_{\theta}$  – ტვირთამწეობის გამოყენების დინამიკურობის კოეფიციენტი;

$K^Q$  – კუთრი ტვირთამწეობის კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია:

$$K^Q = \frac{Q_a}{C_{CH}} \quad (3.67)$$

სადაც  $Q_a$  – ავტომობილის ტვირთამწეობაა, ტ.

შემოთავაზებული კოეფიციენტი  $K^{mp}$  არის მოხერხებული უგანზომილებო კოეფიციენტი, რადგან ის არ არის დამოკიდებული მოძრაობის სიჩქარეზე, დროზე და მარშრუტის სიგრძეზე. უნდა აღინიშნოს, რომ მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა მიიღება ქანქარისებურ მარშრუტზე, როცა უკუგარბენა არის ტვირთიანი  $\gamma_{\theta} \cdot \beta = 1$ .

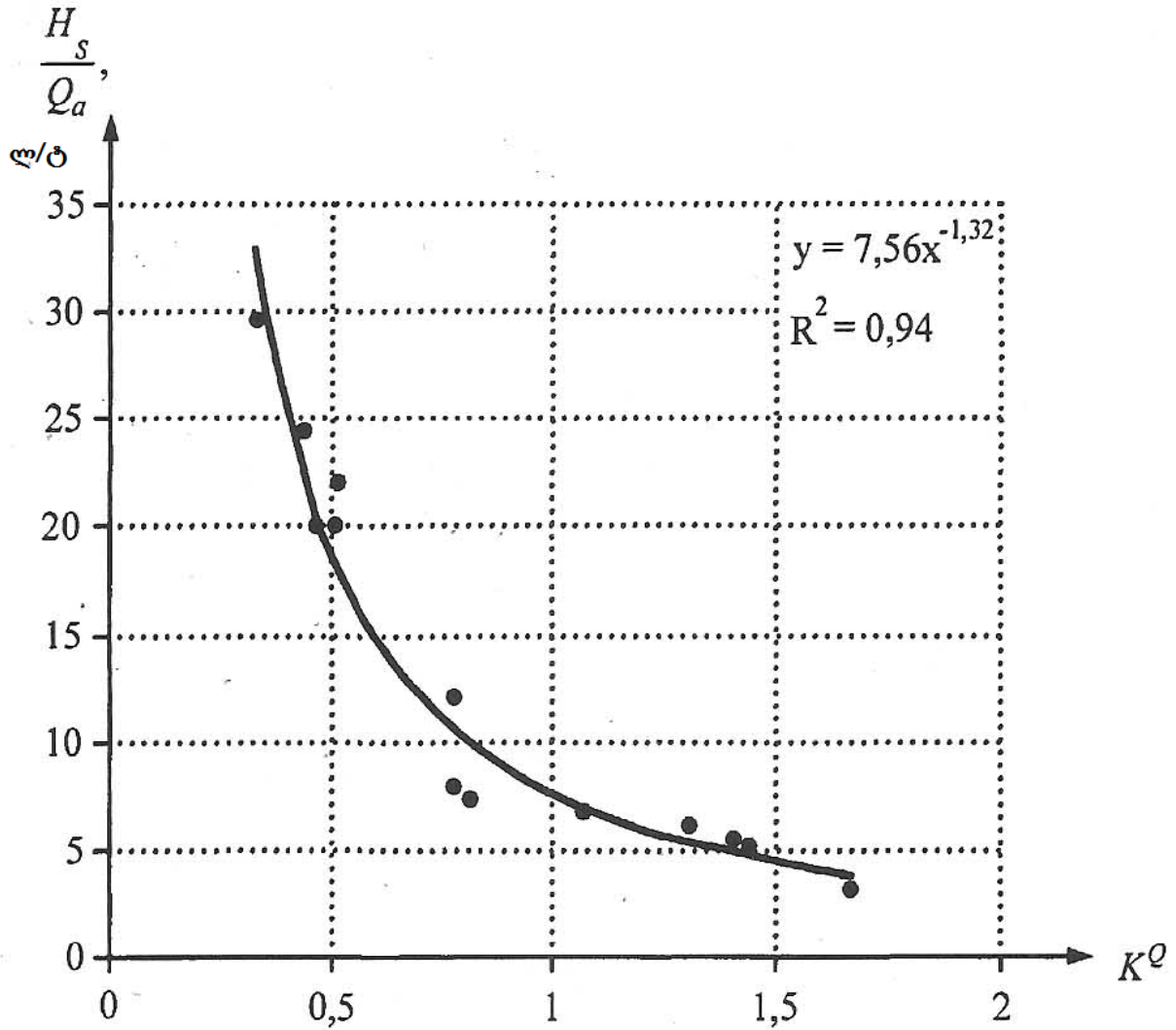
$$K^{mp}=K^Q \quad (3.68)$$

მიღებული ტოლობა ადასტურებს არჩეული მიდგომის სამართლიანობას. გარდა ამისა, კუთრი ტვირთამწეობის კოეფიციენტის გაზრდა ეფექტურს ხდის გადაზიდვის პროცესს. რაც პასუხობს ბაზრის მოთხოვნებს, რომ სასურველია გადავზიდოთ რაც შეიძლება დიდი რაოდენობის ტვირთი მცირე მასის მქონე ავტომობილებით.

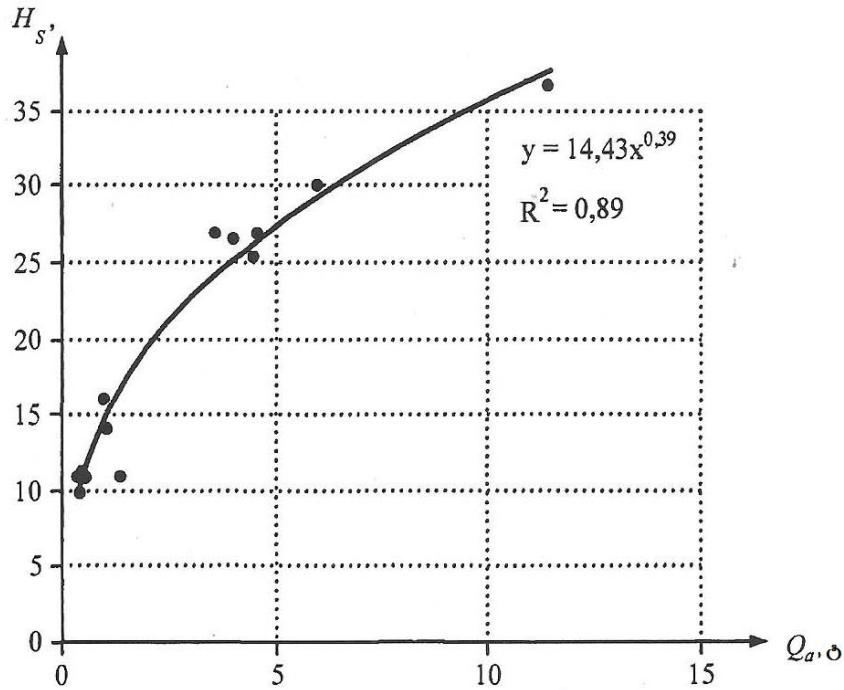
აღნიშნული ფაქტის დასადასტურებლად შეიძლება განვიხილოთ რამდენიმე სხვადასხვა მარკის ავტომობილები სხვადასხვა საწვავის ხარჯით ერთეულ ტვირთზე. გრაფიკები მოყვანილია ნახ.3.17 და 3.18. საანგარიშო სიდიდეებად შეიძლება გამოვიყენოთ:  $H_s$  – გამართულ მდგომარეობაში საწვავის ხარჯის საბაზო ნორმა, ლ/100კმ;  $H_w$  – სატრანსპორტო მუშაობაზე საწვავის ხარჯვის ნორმა, ლ/100ტ.კმ.

გრაფიკებიდან ჩანს, რომ ტვირთამწეობის გაზრდით (მათ შორის მისაბმელების გამოყენებით) საწვავის ხარჯი ერთეულ ტვირთზე მცირდება, რაც კიდევ ერთხელ მიუთითებს, რომ წრიულ მარშრუტებზე გადაზიდვის ეფექტურობის შეფასებისათვის უმჯობესია გამოვიყენოთ მაჩვენებელი, რომელიც ითვალისწინებს გამართული სატრანსპორტო საშუალების მასას. უნდა აღინიშნოს, რომ ერთი და იგივე მოცულობის სამუშაო შეიძლება შესრულდეს სხვადასხვა დროში სხვადასხვა სიმძლავრის ავტომობილებით. შესაბამისად მწარმოებლურობა და საწვავის ხარჯი იქნება სხვადასხვა. გაანგარიშების არსებული მეთოდიკა არ ითვალისწინებს

აღნიშნულ გარემოებას. იმის გამო, რომ საწვასი ფასი განუხრელად იზრდება, ცხადია, რომ ავტომობილის გადაადგილებაზე გაწეული ხარჯი სწრაფად იზრდება. შექმნილი მდგომარეობა საჭიროს ხდის შეიცვალოს გადაზიდვის პროცესის შეფასებისადმი მიდგომა. ამრიგად, მწარმოებლურობის გაანგარიშების მეთოდიკა საჭიროებს სრულყოფას.



ნახ.3.17. საწვავის ხარჯის დამოკიდებულება (1 ტ. ტვირთზე) ხვედრითი ტვირთამწეობის კოეფიციენტზე



ნახ.3.18. საწვავის ხარჯის დამოკიდებულება ავტომობილის ტვირთამწეობაზე მექანიკის კლასიკური კურსიდან ცნობილია, რომ სიმძლავრე (ჩვენს შემთხვევაში მწარმოებლურობა) გამოისახება ფორმულით:

$$W = \frac{P^{pm}}{t} \quad (3.69)$$

თუ გამოვიყენებთ (3.65), გამოვთვლით მოძრავი შემადგენლობის მწარმოებლურობას ტონა-კილომეტრებში:

$$W = \frac{P^{pm}P^{abm}}{t} = \frac{K^Q \gamma_{\beta}}{\frac{L}{V_T} + t^{np}} P^{abm} \quad (3.70)$$

სადაც  $V_T$  – ტექნიკური სიჩქარეა, კმ/სთ;

$t^{np}$  – დატვირთვა-განტვირთვის სამუშაოების დრო, სთ;

$t$  – გზობის შესრულების დრო.

თუ სატრანსპორტო მოძრავი შემადგენლობის მწარმოებლურობას ტონა-კილომეტრებში გავყოფთ მუშაობაზე, რომელიც იხარჯება ავტოსატრანსპორტო საშუალების გადასადგილებლად, მივიღებთ მწარმოებლობის ფარდობით კოეფიციენტს (სთ<sup>-1</sup>)

$$K^W = \frac{K^{mp}}{t} = \frac{K^Q \gamma_{\beta}}{\frac{L}{V_T} + t^{np}} = \frac{P^{mp}}{P^{abt} t} \quad (3.71)$$

მიღებული ფორმულის ანალიზიდან ჩანს, რომ რაც უფრო დიდია  $K^W$ -ს მნიშვნელობა, მით უფრო დიდია ავტომობილის ფარდობითი მწარმოებლურობა.

ამრიგად, ის ითვალისწინებს ავტომობილის წონას დატვირთულ მდგომარეობაში და მის მუშაობას.

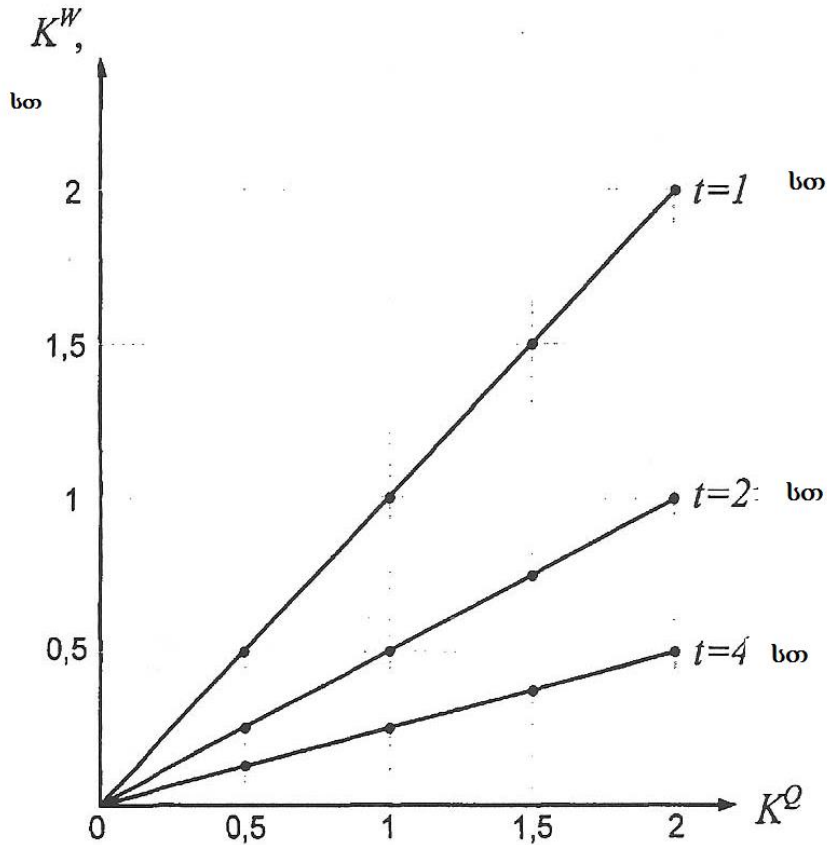
ცნობილია, რომ ყველაზე მაღალი მწარმოებლურობა მიიღწევა ქანქარისებურ მარშრუტებზე უკუ ტვირთიანი გარბენის შემთხვევაში, როცა  $\gamma_{\beta} = \gamma_c \beta = 1$ , მაშინ (3.71)-დან ვპოულობთ:

$$K^W = \frac{K^Q}{\frac{L}{V_T} + t^{np}} \quad (3.72)$$

(3.72)-დან ჩანს, რომ რაც მეტია კუთრი ტვირთამწეობა, მით მეტია მწარმოებლურობა. აღნიშნული კარგად მტკიცდება მაღალი ტვირთამწეობის ავტომობილების და მისაბმელების გამოყენების შემთხვევაში. ამასთან ერთად, მწარმოებლურობა შეიძლება გავზარდოთ მარშრუტის სიგრძის ან დატვირთვა-განტვირთვის დროის შემცირებით. (3.71) ფორმულა უნივერსალურია და შეიძლება გამოვიყენოთ ნებისმიერი მარშრუტის შემთხვევაში. კერძოდ, მწარმოებლურობის გაზრდისათვის უნდა მივისწრაფვოდეთ იქეთ, რომ გავზარდოთ კოეფიციენტი  $K^{mp}$  და შევამციროთ გზობის დრო.

აღვნიშნავთ, რომ კრიტერიუმი  $K^W$  გამორიცხავს მწარმოებლურობის შეფასების წინააღმდეგობრიობას ტ/სთ-სა და ტ.კმ/სთში. აღნიშნული დამოკიდებულების გრაფიკული გამოსახულება მოცემულია ნახ.3.19 და 3.20-ზე.

გრაფიკებიდან ჩანს, რომ ფარდობითი მწარმოებლურობის კოეფიციენტის დამოკიდებულება  $K^Q$  კოეფიციენტზე წრფივია. გზობის დროის შემცირებით  $K^W$  პარამეტრი ძლიერ იზრდება. მაგალითად,  $K^Q$ -ს ორჯერ გაზრდა  $K^W$ -ს სიდიდეს 0,25-დან ზრდის 2 სთ<sup>-1</sup>, ე.ი. 8-ჯერ.



ნახ.3.19. ფარდობითი მწარმოებლურობის კოეფიციენტის დამოკიდებულება  
კუთრი ტვირთამწეობის კოეფიციენტზე

ამრიგად, იმისათვის რომ გავზარდოს  $KW$ -ს მნიშვნელობა, საჭიროა შევამციროთ ავტომობილის გადაადგილებაზე გაწეული ხარჯები.  $KW$ -ს გაზრდის კიდევ ერთი რეზერვი არის, მარშრუტზე დახარჯული დროის შემცირება.  $KW$ -ს დამოკიდებულება დროზე ჰიპერბოლური ხასიათისაა.

მარშრუტზე დახარჯული დრო შეიძლება გამოვსახოთ როგორც სამი ცვლადის სახით: სიგრძე, სიჩქარე და დატვირთვა-განტვირთვის დრო. იმისათვის, რომ განვსაზღვროთ თითოეული აღნიშნული სიდიდის გავლენა კუთრი ტვირთამწეობაზე, ვაგებთ გრაფიკს (ნახ.3.21).

მცირე პარტიებად ტვირთების გადაზიდვის პროცესის განსაკუთრებულობას წარმოადგენს დრო, რომელიც იხარჯება ავტომობილის მოცდენაზე. გარბენზე დანახარჯების შეფასებისას გამოიყენება შეფასება კილომეტრებით, ხოლო მოცდენაზე დანახარჯები – საათობით. ცხადია, რომ სატრანსპორტო დანახარჯები  $i$ -ურ მარშრუტზე შედგება შემდეგი წევრებისაგან:



$$3_i = 3_i^d + 3_i^s + 3_i^o + 3_i^f, \quad (3,73)$$

სადაც,  $3_i^d$  – ავტომობილის მოძრაობაზე დანახარჯებია;

$3_i^s$  – დატვირვა-განტვირთვისას მოცდენის დანახარჯებია;

$3_i^o$  – საორგანიზაციო მოცდენის დანახარჯებია;

$3_i^f$  – მძღოლის ხელფასზე დანახარჯებია;

(3.73) განტოლების გარდაქმნით მივიღებთ:

$$3_i = c_i^L L + c_i^q \sum_{ij=1}^P q_{ij} \ell_{ij} + c_i^h t_i^y + c_i^k t_i^k + c_i^b t_i, \quad (3.74)$$

სადაც  $L$  – არის მარშრუტის სიგრძე (კმ);

$q$  – თითოეულ პუნქტში გადმოსატვირთი ტვირთის წონა (ტ);

$\ell$  – მანძილი ტვირთის დატვირთვის ადგილიდან ტვირთის განტვირთვის ადგილამდე (კმ);

$P$  – განტვირთვის პუნქტების რაოდენობა (ერთეული);

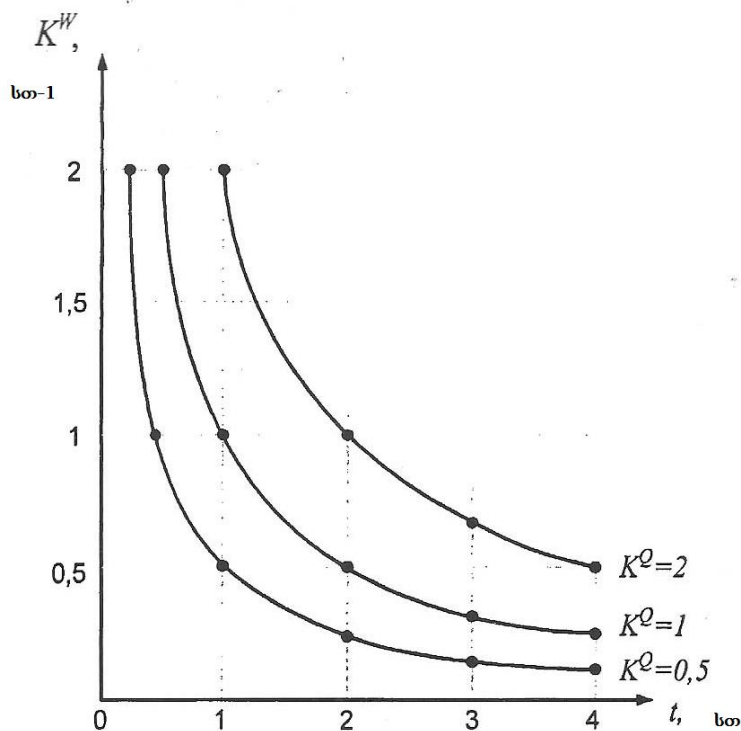
$t^y$  – დატვირთვა-განტვირთვის ოპერაციებზე დახარჯული დრო (სთ);

$t^k$  – განტვირთვის პუნქტში შესვლის დრო (სთ);

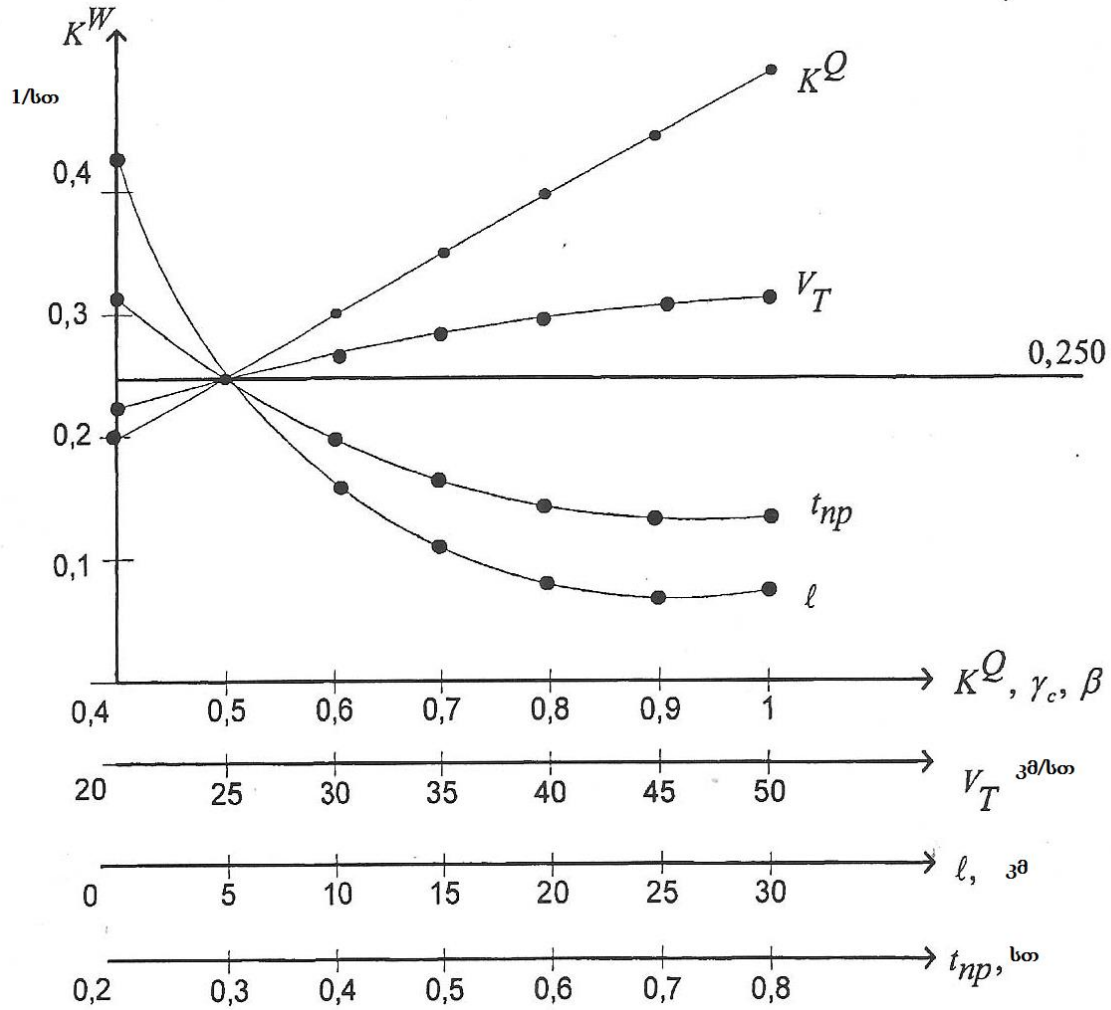
$t_i$  – მძღოლის სამუშაო დრო (სთ).

$c_i^L$  (ლარი/კმ),  $c_i^q$  (ლარი/ტ.კმ),  $c_i^h$  (ლარი/სთ),  $c_i^b$  (ლარი/სთ) – ღირებულებითი მაჩვენებლებია.

განხილული ამოცანის შემთხვევაში სატრანსპორტო ხარჯები მარშრუტების შეერთების შედეგად შემცირდა 25%-ით.



ნახ.3.20. ფარდობითი მწარმოებლურობის კოეფიციენტის დამოკიდებულება დროზე



ნახ.3.21. მახასიათებელი გრაფიკი

ავილთ შემდეგი მონაცემები: სიგრძე  $L=5$  კმ; ტექნიკური სიჩქარე  $V_T=25$  კმ/სთ;  $K^Q=\gamma_c=\beta=0,5$ ;  $t^{np}=0,3$  სთ.

ნახაზზე ჰორიზონტალური ხაზი შეესაბამება მწარმოებლურობას  $K^W=0,250$  სთ<sup>-1</sup>. გავზარდოთ  $K^W$  კოეფიციენტი 1,2-ჯერ და მივიღებთ მის მნიშვნელობას  $K^W=0,31$  სთ<sup>-1</sup>. ეს ზრდა შესაძლებელია, თუ სიჩქარე გაიზრდება 45 კმ/სთ-მდე (1,8-ჯერ) კუთრი ტვირთამწეობის, გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი და ტვირთამწეობის გამოყენების დინამიურობის კოეფიციენტი გაიზრდება 0,6-მდე (1,2ჯერ). ამასთან ერთად გზობის სიგრძე შემცირდება 2,9 კმ-მდე (1,72-ჯერ) და დატვირთვა-განტვირთვის დრო 0,22 სთ-მდე (1,36-ჯერ).  $K^W$  პარამეტრზე ყველაზე დიდ გავლენას ახდენს კოეფიციენტები:  $K^Q$ ,  $\lambda_0$  და  $\beta$ , რომლებიც შედიან ფარდობითი სატრანსპორტო მუშაობის  $K^{mp}$  კოეფიციენტის სიდიდეში.

### 3.4. მე-3 თავის დასკვნები

ორი მწარმოებლისაგან წრიულ მარშრუტებზე ტვირთების გადაზიდვის პროცესის მოდელირებისას ჩატარებული თეორიული კვლევების შემდეგ შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

1. დადგენილია, რომ ორი მწარმოებლისაგან ტვირთების გადაზიდვის დროს საჭიროა პირველ რიგში გაირკვეს მეორე ტვირთის ასაღებად შესვლის მიზანშეწონილობა და მეორეს მხრივ, საჭიროა განისაზღვროს შევლის პუნქტის რაციონალური მდებარეობა იმ პირობიდან გამომდინარე, რომ ავტომობილის ძარაზე იქნება დამატებითი ტვირთის დასატვირთად საჭირო ადგილი.
2. ფორმულირებულია მეორე ტვირთის ასაღებად შევლის მიზანშეწონილობა. ნაპოვნია შევლისათვის საჭირო დრო. შემოთავაზებული პირობა მოიცავს ახალ მაჩვენებელს – ორივე ტვირთის ერთდროულად გადმოტვირთვის დროს.
3. განხილულია მარშრუტების შერწყმის სხვადასხვა სქემები ტვირთის ასაღებად შუალედ პუნქტში შევლის და საბოლოო პუნქტში ძირითადი ტვირთის გადმოტვირთვის დროს.
4. დადგენილია რომ:
  - მიზანშეწონილია გავაერთიანოთ პუნქტები, რომლებიც ყველაზე შორს არის ავტოსატრანსპორტო კომპანიის განთავსების ადგილიდან;
  - კარგი ეფექტი მიიღება, როცა ძირითადი და დამატებითი მარშრუტების პუნქტები ერთმანეთს ემთხვევა;
  - ერობლივი გადაზიდვის ორგანიზებისას საჭიროა გამოვიყენოთ მაღალი ტვირთამწეობის ავტომობილები.
5. შემოთავაზებულია დამატებითი ტვირთის ასაღებად პუნქტის განსაზღვრის მეთოდის „ფიქტიური შტოების“ მეთოდის გამოყენებით.
6. დამუშავებულია მარშრუტების შერწყმის შემთხვევაში ავტომობილების მუშაობის ეკონომიკური ეფექტურობის განსაზღვრის ალგორითმი და პროგრამა.
7. წრიულ მარშრუტებზე გადაზიდვის პროცესის ეფექტურობის შეფასების მიზნით შემოთავაზებულია მაჩვენებელი – ფარდობითი მწარმოებლურობის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს გამართული ავტომობილის წონას

სატრანსპორტო მუშაობის შესრულების დროს. მტკიცდება ცნობილი ფაქტი, რომ გადაზიდვის ხარჯები მცირდება, თუ დიდი რაოდენობის ტვირთი გადაგვაქვს ავტომობილებით, რომელსაც აქვთ მცირე კუთრი წონა.

## თავი 4. ტვირთების მცირე პარტიებით მიწოდების ექსპერიმენტული კვლევები

### 4.1. ექსპერიმენტის მიზანი და ამოცანები

ექსპერიმენტული კვლევის მიზანს წარმოადგენს შევამოწმოთ რამდენად შეესაბამება გადაზიდვების ოპტიმიზაციის მეთოდთა მცირე პარტიებად ტვირთების გადაზიდვის დროს ჩამორიგებით მარშრუტებზე, როცა გამოყენებული არის სრულყოფილი მათემატიკური მეთოდი „განშტოების და საზღვრების“.

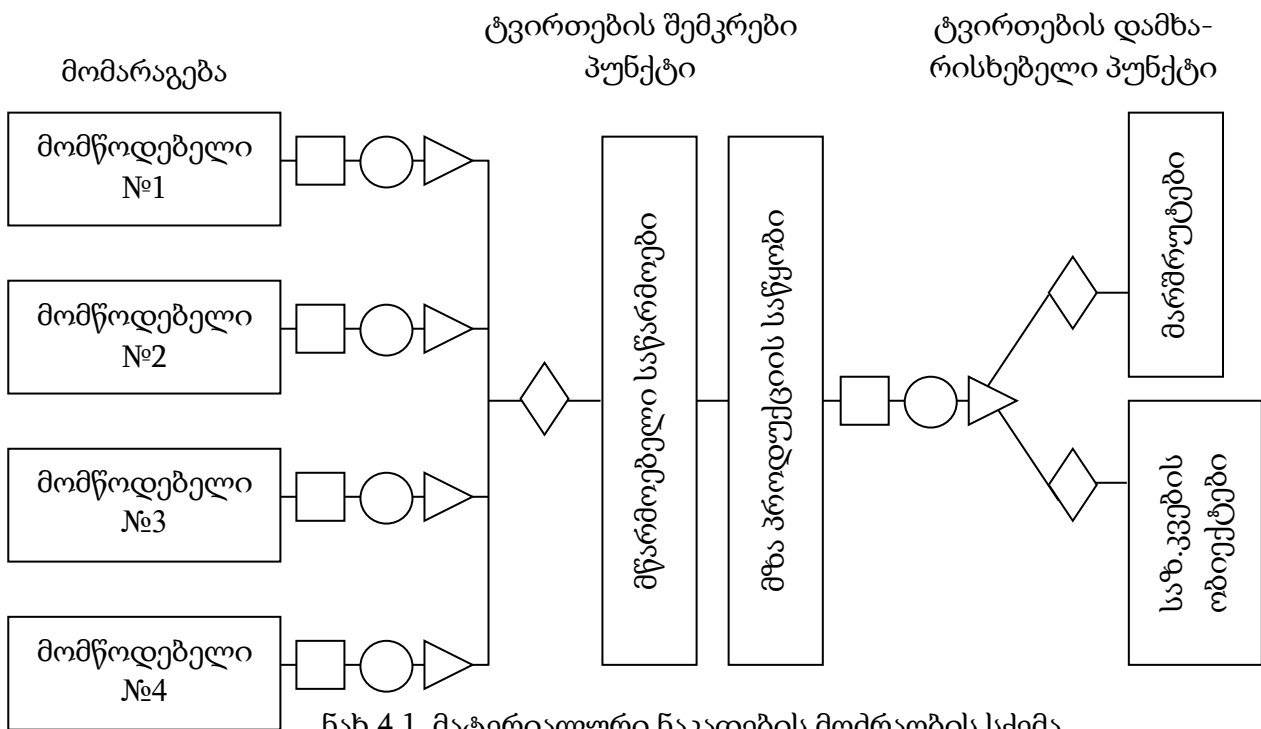
ზემოთაღნიშნული მიზნებიდან გამომდინარე დასმული იქნა რამდენიმე ამოცანა, რომლის გადაჭრა ხდებოდა ექსპერიმენტის ჩატარების პროცესში.

- საწყისი ინფორმაციის შეკრება ქალაქის მასშტაბით მომხმარებლისა და სავაჭრო წერტილების განლაგების შესახებ. მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე დგინდება სატრანსპორტო სქემა და ხდება არსებული მოძრაობის მარშრუტების შესწავლა.
- ექსპერიმენტული გზით მივიღოთ მონაცემები, რომელიც ახასიათებს მზა პროდუქციის გადაზიდვის პროცესს.
- მოხდეს მონაცემების სტატისტიკური დამუშავება, რომელიც მივიღეთ ნატურალური მეთვალყურეობის შედეგად.
- დამუშავდეს შერწყმული მარშრუტის მოდელი, როცა ტვირთის გადაზიდვა ხორციელდება ორი მიმწოდებლიდან.
- ჩატარდეს არსებული და გაერთიანებული (შერწყმული) მარშრუტების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარება.
- ჩატარდეს კლასიკური მეთოდით და შემოთავაზებული მეთოდით მიღებული გაანგარიშების შედარება.

### 4.2. კვლევის ობიექტის შერჩევა და აღწერა

სატრანსპორტო კომპანიის საქმიანობაში ლოგისტიკური მიდგომების გამოყენება გულისხმობს ხარჯების მინიმიზაციის პრობლემის გადაწყვეტას მიწოდების ჯაჭვში მწარმოებელი – მიმწოდებელი – მომხმარებელი. კომპანიების საქმიანობის ძირითადი ამოცანა არის მოგების მიღება. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ მდგრადი საწარმოო პროცესი ისეთი წესით უნდა განხორციელდეს, რომ პროცესიდან მივიღოთ არა მარტო ეკონომიკური ეფექტი, არამედ სრულად დავაკმაყოფილოთ მომხმარებლის მოთხოვნა როგორც რაოდენობრივი, ასევე ხარისხობრივი თვალსაზრისით. განსაკუთრებით ეს შეეხება ე.წ. მოციალურ ტვირთებს (მაგ. პური და სხვა), რომელიც ყოველდღიურ საჭიროებას წარმოადგენს, ამიტომ ყურადღება გავამახვილოთ ბათუმის პურის მწამროებელ საწარმოებზე. საჭიროა აღინიშნოს, რომ თუ ადრე ამ მიმართულებით რამდენიმე საწარმო მუშაობდა, დღეისათვის მათი რიცხვი შემცირებულია. ჩვენ განვიხილავთ ორი საწარმოდან პროდუქციის მიწოდების ვარიანტს.

მატერიალური ნაკადების მოძრაობის სქემა ნაჩვენებია ნახ.4.1-ზე.

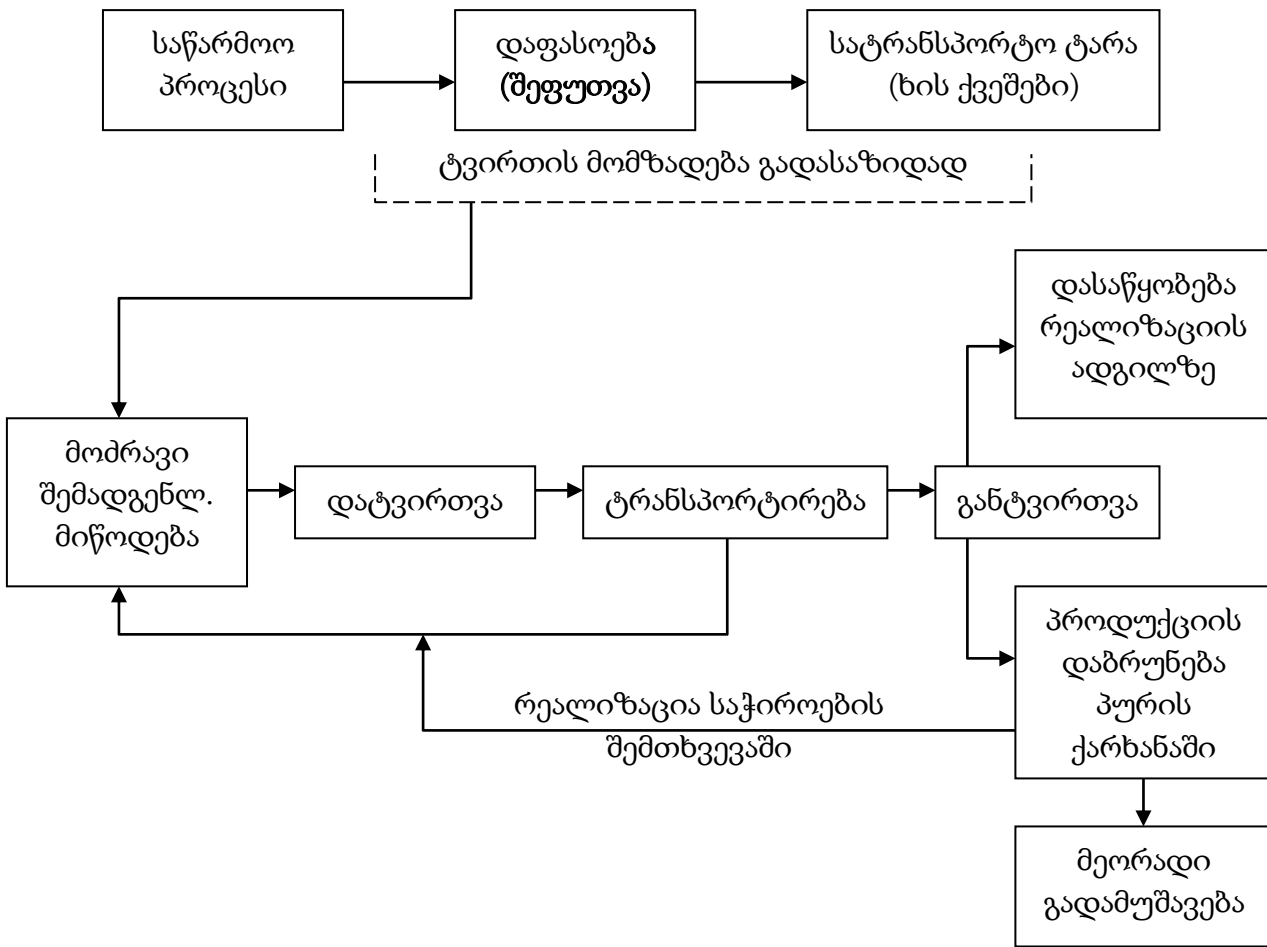


□ – დატვირთვა; ○ – ტრანსპორტირება; ▷ – განტვირთვა; ◇ – დასაწყობება

საწარმოო საამქროებიდან პროდუქცია იკრიბება საწყობებში, საიდანაც ის ხვდება განაწილების სისტემაში როგორც მარკეტებში, ასევე საზოგადოებრივი კვების ობიექტებში.

გადაზიდვა ხორციელდება მცირე ტვირთამწეობის სატრანსპორტო საშუალებებით.

პროდუქციის მიწოდების ტექნოლოგიური სქემა შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი სახით (ნახ.4.2.).



ნახ.4.2. პურპროდუქტების გადაზიდვის ტექნოლოგიური სქემა

### 4.3. ექსპერიმენტული კვლევების ჩატარების მეთოდოლოგია

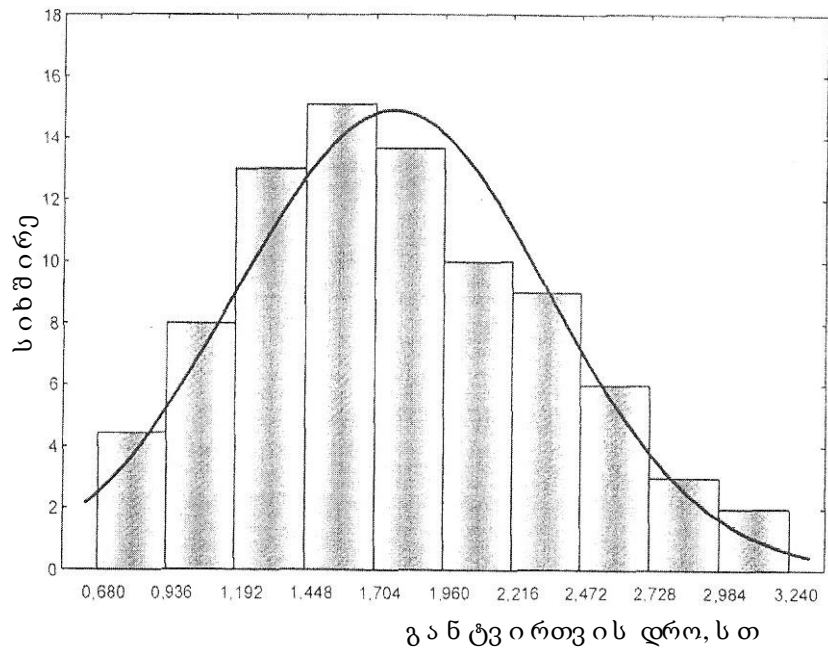
ექსპერიმენტული კვლევების დროს გამოყენებული იქნა ნატურალური კვლევის მეთოდები. კერძოდ, აღნიშნული განხორციელდა ინფორმაციის მოპოვების თვალსაზრისით. კერძოდ, შეკრებილი იქნა ინფორმაცია, რომელიც ახასიათებდა საწარმოო პროცესის ციკლს, არსებულ სატრანსპორტო ქსელს, ასევე გადაზიდვის პროცესის ხანგრძლივობას. შემდეგ მოხდა მიღებული ინფორმაციის სტატისტიკური დამუშავება და შედარება განსაზღვრულ განაწილების კანონთან.

სადისპეტჩერო სამსახურების მუშაობის და მიღებული შეკვეთების ანალიზის შედეგად აღმოჩნდა, რომ მომხმარებლის რაოდენობა შეადგენს 240 პუნქტს (აქ არ არის მითითებული ქალაქგარეთა ობიექტები).

მიღებული მონაცემების შედეგად შედგენილ იქნა საწყისი სატრანსპორტო ქსელი. მოდელირებისათვის შერჩეულ იქნა მოძრაობის 34 რეალური მარშრუტი. მარშრუტი მოიცავდა ტვირთების მიზიდვის ისეთ პუნქტებს, სადაც ხდება ორივე მიმწოდებლის პროდუქციის რეალიზაცია. შერჩეულ იქნა მოძრაობის მარშრუტები, რომელიც გადის როგორც საწარმოებს შორის, ასევე მათი გვერდის ავლით.

სატრანსპორტო საშუალებებში (ფორდი) თავსდება 0,3 ტ და 0,5 ტ ტვირთი. წარმოების ადგილზე ტვირთის დამუშავება ხდება არამექანიზირებული წესით. კვლევებით დადგინდა, რომ დატვირთვის დრო  $t^n$  არ არის დამოკიდებული სატრანსპორტო საშუალების ტვირთამწეობაზე, ამიტომ გაზომვები ჩატარდა 1 ტონა ტვირთისათვის. მიღებულ განაწილების გრაფიკს აქვს სახე (ნახ.4.3).

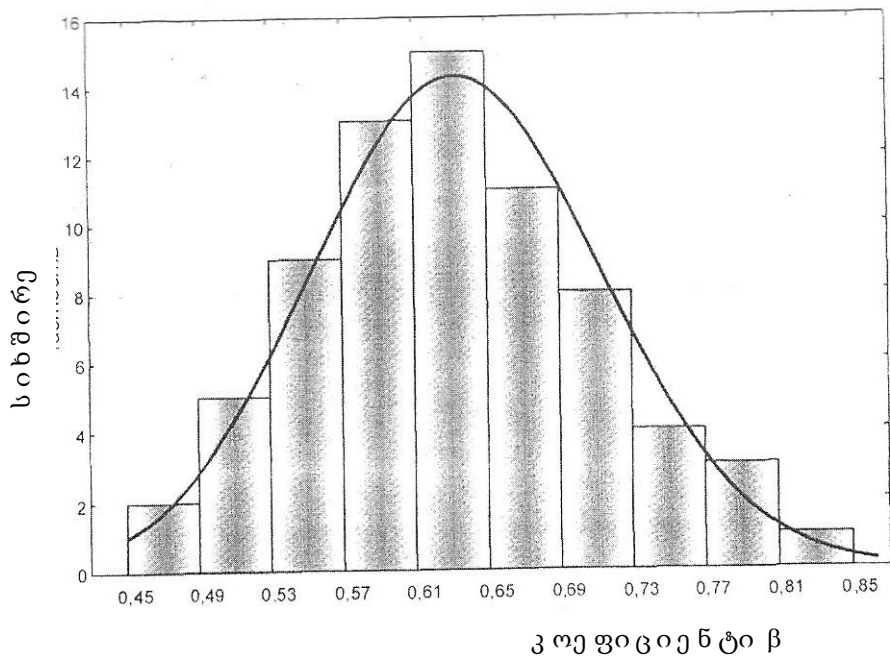




ნახ.4.3.  $t^n$  სიდიდის განაწილების გრაფიკი

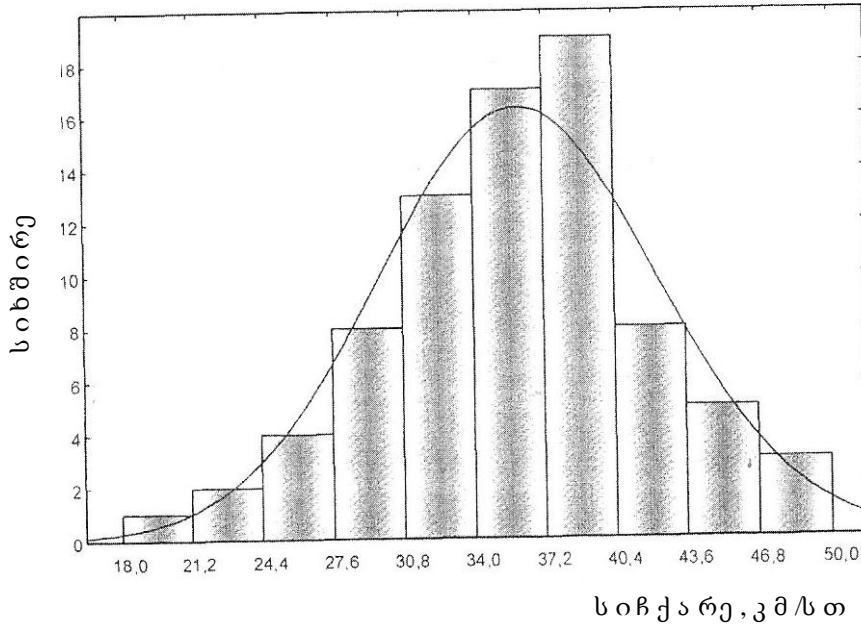
შერჩეულ მარშრუტებზე მოხდა დროის გაზომვები. კერძოდ იზომებოდა ავტომობილის მუშაობის დრო, ასევე სიგრძეები სპიდომეტრის საშუალებით.

ცნობილია, რომ საერთო გარბენი ხასიათდება გარბენის გამოყენების კოეფიციენტით  $\beta$ . აღნიშნული სიდიდის განაწილების სურათი ნაჩვენებია ნახ.4.4-ზე.



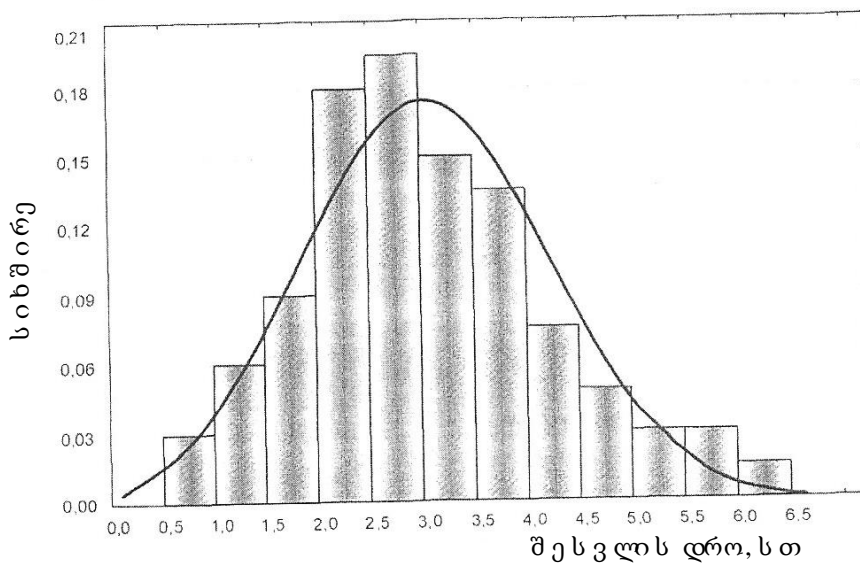
ნახ.4.4.  $\beta$  კოეფიციენტის სიდიდის განაწილების გრაფიკი

ტრანსპორტირების პროცესის ხანგრძლივობიდან გამომდინარე განსაზღვრული იქნა ტექნიკური სიჩქარე  $V_T$ , რომლის განაწილების გრაფიკი მოცემულია ნახ.4.5-ზე.



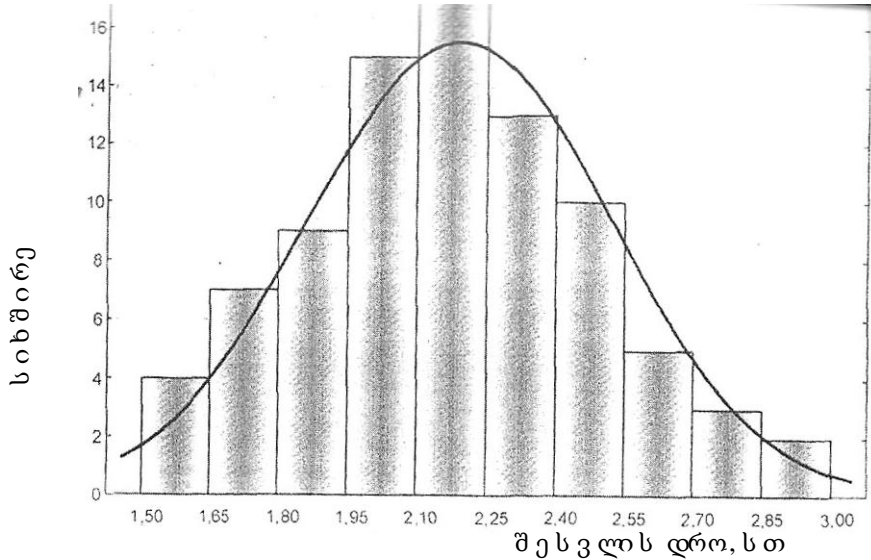
ნახ.4.5. ტექნიკური სიჩქარის განაწილების გრაფიკი

ტვირთის ასაღებად შესვლის დრო  $t^{3P}$  შედგება რამდენიმე მდგენელისაგან: მანევრირების ეტაპი, დატვირთვის დრო და დოკუმენტების გაფორმება. დაკვირვების დროს აღმოჩნდა, რომ დოკუმენტების გაფორმება მიმდინარეობს დატვირთვის პარალელურად. განაწილების გრაფიკი მოცემულია ნახ.4.6.



ნახ.4.6.  $t^{3P}$  სიდიდის განაწილების გრაფიკი

განტვირთვის დროის სიდიდე  $t^p$ , ისე როგორც დატვირთვის შემთხვევაში, არ არის დამოკიდებული მოძრავი შემადგენლობის ტიპზე, ამიტომ გამოთვლები ტარდებოდა 1 ტ ტვირთზე გათვლით. ნახ.4.7-ზე მოცემული არის პროდუქციის განტვირთვის დროის განაწილების გრაფიკი.



ნახ.4.7.  $t^p$  სიდიდის განაწილების გრაფიკი

ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ წრიული მოძრაობის გრაფიკები არარაციონალურად არის შერჩეული. სადისპეტჩერო სამსახურები არ აქცევენ ყურადღებას ტვირთის გადაზიდვის ორგანიზებას. პრაქტიკულად არ არსებობს მუდმივი მარშრუტები. როგორც წესი სატრანსპორტო საშუალების მძღოლს ეძლევა მხოლოდ სასაქონლო ზედდებული და ტვირთის მიზიდვის მისამართი, ხოლო მიზიდვის პუნქტში მისასვლელი მარშრუტს ირჩევს მძღოლი. შესაბამისად დაფიქსირდა მარშრუტზე მოძრაობის არა რენტაბელური ვარიანტები. კერძოდ მნიშვნელოვნად არის ნაზრდილი გარბენები.

ჩატარებულმა ექსპერიმენტულმა კვლევებმა ასევე აჩვენა, რომ ყველა სიდიდე, რომელიც მივიღეთ ნატურალური კვლევებისას ატარებს შემთხვევით ხასიათს. სტატისტიკური მახასიათებლები მოცემულია ცხრ. 4.1-ში. ასევე მიღებული ჰისტოგრამები აღიწერება ნორმალური კანონით, რაც ასევე მიუთითებს იმაზე, რომ საკვლევი სიდეები არიან შემთხვევითი ხასიათის.

საკვლევი სიდიდე	მათემატიკური ლოდინი	საშუალო კვადრატული გადახრა	პირსონის კრიტერიუმი
დატვირთვის დრო $t^n$ , სთ	$M(t^n)=1,765$	$\sigma(t^n)=0,576$	$\chi^2(t^n)=0,986$
განტვირთვის დრო $t^p$ , სთ	$M(t^p)=2,189$	$\sigma(t^p)=0,327$	$\chi^2(t^p)=0,985$
განტვირთვის პუნქტში შესვლის დრო $t^{3p}$ ,	$M(t^{3p})=3,079$	$\sigma(t^{3p})=1,174$	$\chi^2(t^{3p})=0,972$
ტექნიკური სიჩქარე $V_T$ კმ/სთ	$M(V_T)=35,925$	$\sigma(V_T)=6,259$	$\chi^2(V_T)=0,9849$
გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი $\beta$	$M(\beta)=0,623$	$\sigma(\beta)=0,792$	$\chi^2(\beta)=0,992$

პრობლემები, რომელიც თან ახლავს გადაზიდვის პროცესების ორგანიზებას როგორც აღნიშნული, ასევე სხვა შემთხვევაში, გამომდინარეობს იქედან, რომ საწარმოებში არ ტარდება ღონისძიებები იმისათვის, რომ გამოყენებული იქნეს დაგეგმვის ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელები.

#### 4.4. შეერთებული (შერწყმული) მარშრუტების მოდელირება და მათი ეფექტურობის შეფასება

განვიხილოთ მარშრუტის მოდელირების პროცესი ორი მიმწოდებლისაგან ტვირთების მიწოდების შემთხვევაში. განსახილველი მარშრუტები მათი მოძრაობის მიმართულებიდან გამომდინარე გამვეყოთ ექვს ბლოკად.

იმისათვის, რომ მოვახდინოთ გაყოფა, პირობით შემოვიტანოთ აღნიშვნები: №1 პურის ქარხანა და №2 პურის ქარხანა

1 ბლოკი – მარშრუტები პირველი პურის ქარხნიდან, რომლის მიზიდვის საბოლოო პუნქტები იმყოფება №2 პურის ქარხნის რაიონში.

2 ბლოკი – მარშრუტები, სადაც მიზიდვის პუნქტები იმყოფება პურის ქარხნებს შორის (მიმართულება №2 პურის ქარხნიდან).

3 ბლოკი – მოძრაობის მარშრუტები: მიმართულება №2 პურის ქარხნიდან, როცა მიზიდვის საბოლოო პუნქტები იმყოფება №1 პურის ქარხნის რაიონში.

4 ბლოკი – მოძრაობის მარშრუტები, სადაც მიზიდვის პუნქტები იმყოფება პურის ქარხნებს შორის (მიმართულება მე-2 პურის ქარხნიდან).

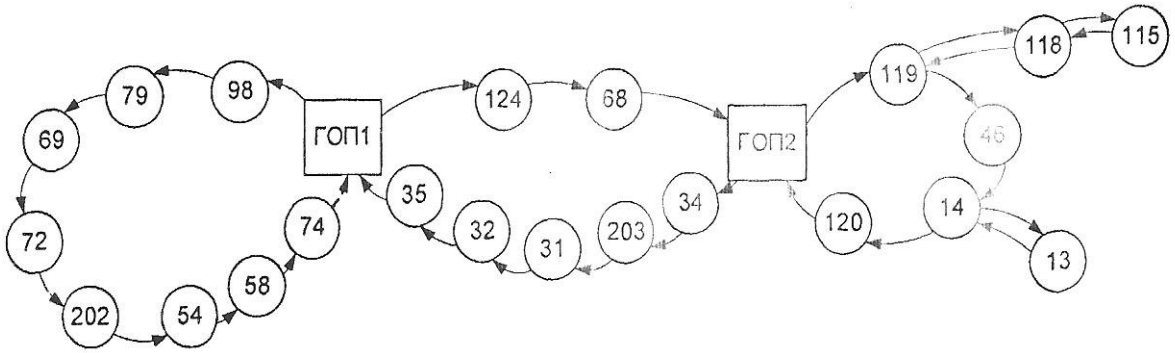
5 ბლოკი – მოძრაობის მიმართულება №2 პურის ქარხნიდან, როცა მიზიდვის პუნქტები იმყოფება იმავე რაიონში.

6 ბლოკი – მოძრაობის მიმართულება №1 პურის ქარხნიდან, როცა მიზიდვის პუნქტები იმყოფება იმავე რაიონში.

განიხილება გეერთების ორი ტიპი. როცა დატვირთვის მეორე პუნქტში შესვლა ხდება ძირითადი მარშრუტის შუალედური პუნქტიდან და მეორე, როცა შესვლა ხორციელდება საბოლოო პუნქტიდან.

მარშრუტის შეერთება განხორციელდა სამ ეტაპად. პირველ ეტაპზე გაერთიანდა მარშრუტები პირველი და მე-5 ბლოკიდან და მივიღეთ პირველი შუალედური შეერთებული მარშრუტი.

შემდეგ ეტაპზე შეერთდა მე-3 და მე-6 ბლოკის მარშრუტები და ვღებულობთ მეორე შუალედურ შეერთებულ მარშრუტს. ბოლო ეტაპზე მიღებული მარშრუტებიდან ვღებულობთ შერწყმულ მარშრუტს (ნახ.4.8).



ნახ.4.8. შეერთების შედეგად მიღებული მარშრუტები

იმის გამო, რომ გადაზიდვის დროს ვსარგებლობთ ერთი ავტოსატრანსპორტო კომპანიის საშუალებებით, იცვლება ნულოვანი გარბენის სიდიდეები. შესაბამისად შეიძლება ჩავწეროთ, რომ

$$\left[ t_{mD}^{3C} \right] = \Sigma t^0, \quad (4.1)$$

უნდა აცინიშნოს, რომ საერთო შემთხვევაში მარშრუტების შეერთების დროს შეიძლება მივიღოთ მათი გაერთიანების სხვადასხვა კომბინაციები.

იმის გამო, რომ მარშრუტებს აქვთ სხვადასხვა მახასიათებლები (გადასაზიდი ტვირთის მოცულობა, მიზიდვის პუნქტების რაოდენობა, სატრანსპორტო საშუალების ტიპი და ტვირთამწეობა და სხვა), საჭიროა შეერთების ეფექტურობის განსაზღვრისათვის თითოეულ ბლოკში განვსაზღვროთ ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები. ჩვენი შემთხვევისათვის აღნიშნული მონაცემები მოცემულია ცხრილებში 4.8 და 4.9.

#### 4.4. შერწყმული მარშრუტების მოდელირება და მისი ეფექტურობის შეფასება

განვიხილოთ მარშრუტების შერწყმის მოდელირების პროცესი ტვირთების გადაზიდვის შემთხვევაში ორი მწარმოებლისაგან. გაანალიზებული მარშრუტების მონაცემები მოყვანილია ცხრილებში 4.2-4.7. მოძრაობის მიმართულების მიხედვით ისინი დაყოფილი არიან ექვს ბლოკად.

პირველი ბლოკი – მარშრუტები №1 პურის ქარხნის მიმართულებით, სადაც საბოლოო პუნქტები იმყოფებიან №2 პურის ქარხნის რაიონში.

მეორე ბლოკი – მარშრუტები იმყოფებიან პურის ქარხნებს შორის.

მესამე ბლოკი – მოძრაობის მარშრუტები №2 პურის ქარხნიდან, სადაც ტვირთის მიტანის საბოლოო პუნქტები იმყოფებიან №1 პურის ქარხნის რაიონში.

მეოთხე ბლოკი – მოძრაობის მარშრუტები, სადაც ტვირთის მიტანის პუნქტები იმყოფებიან ობიექტებს შორის მიმართულება – მეორე პურის ქარხნიდან.

მეხუთე ბლოკი – მოძრაობის მარშრუტები №2 პურის ქარხნიდან, როდესაც ტვირთის მიტანის პუნქტები იმყოფებიან იმავე რაიონში.

მეექვსე ბლოკი – მოძრაობის მარშრუტები №1 პურის ქარხნის მიმართულებიდან, როდესაც მარშრუტები იმყოფებიან იმავე რაიონში.

განხილული არის ორი ვარიანტი, როდესაც დატვირთვის მეორე პუნქტში შესვლა ხორციელდება ძირითადი მარშრუტის შუალედური პუნქტიდან და მეორე, როდესაც ტვირთის ასაღებად შევლა ხორციელდება საბოლოო პუნქტიდან.

მარშრუტების შერწყმის დროს შემოთავაზებულია ის სატრანსპორტო საშუალებების გამოყენება, რომელიც ეკუთვნის №1 პურის ქარხანას.

ფორმულა (3.42) შეიძლება გარდაიქმნას ასეთი სახით:

$$[t_{mD}^{3C}] = \sum t^{3P} - \sum t^{\Gamma o} + \sum t^{\Gamma c} + \sum t^0, \quad (4.1)$$

$$\text{სადაც } \sum t^0 = \sum t_{nB}^{oo} + \sum t_{oD}^{oo} + \sum t_{BD}^{oo}$$

აღნიშნული ფორმულის ანალიზისათვის განვიხილებოდა ძირითადი ტვირთის გადაზიდვის მარშრუტის გაერთიანება, რომლებიც შედიოდა პირველ და მესამე ბლოკებში, იმ მარშრუტებთან, რომელიც შედიოდა 5 და 6 ბლოკებში.

პირველი ბლოკის მარშრუტების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები

№ მარშრუტი	$P_{TP}$ , ტ კმ	$P_A$ , ტ კმ	$P_{OБЩ}$ , ტ კმ	$L'$ , კმ	$L^x$ , კმ	$L^{OБЩ}$ , კმ	$\Pi$ , 1	$t^{OБЩ}$ , სთ	$Q$ , ტ	$W$ , ტ სთ	$W_p$ , ტ კმ სთ	$\beta$	$z$ , ლარი	$K^w$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	9,935	112,688	122,623	17,556	14,187	31,743	9	4,805	0,878	0,183	2,068	0,55	1000,9	0,088
2	13,778	126,227	140,005	20,473	15,084	35,557	10	5,232	0,948	0,181	2,633	0,58	1092,5	0,109
3	10,850	107,448	118,298	19,569	10,698	30,267	10	5,058	0,941	0,186	2,092	0,65	1050,45	0,101
4	12,860	173,698	186,558	34,257	14,672	48,929	12	5,633	0,930	0,165	2,283	0,7	1187,6	0,074
5	9,712	104,512	114,224	16,081	13,359	29,44	12	4,973	0,900	0,181	1,953	0,55	1032,09	0,093
6	14,169	139,21	153,38	23,551	15,664	39,125	14	5,479	0,934	0,170	2,586	0,6	1146,18	0,102
7	11,031	109,457	120,488	18,398	12,435	30,833	14	5,246	0,934	0,178	2,103	0,6	108879	0,101
8	11,059	121,769	132,828	19,316	14,985	34,301	16	5,209	0,875	0,168	2,123	0,56	1085,41	0,091



მეორე ბლოკის მარშრუტების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები

№ მარშრუტი	$P_{TP}$ , ტ კმ	$P_A$ , ტ კმ	$P_{OБЩ}$ , ტ კმ	$L^r$ , კმ	$L^x$ , კმ	$L^{OБЩ}$ , კმ	$\Pi$ , 1	$t^{OБЩ}$ , სთ	$Q$ , ტ	$W$ , ტ სთ	$W_p$ , ტ კმ სთ	$\beta$	$z$ , ლარი	$K^w$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2,687	32,688	35,375	9,556	10,255	19,811	4	2,587	0,465	0,18	1,039	0,48	526,851	0,082
2	4,735	46,652	51,387	18,962	9,312	28,274	5	2,931	0,480	0,164	1,615	0,67	600,11	0,101
3	2,547	21,757	24,304	8,556	4,627	13,186	6	2,527	0,471	0,186	1,01	0,65	511,932	0,117
4	3,069	33,743	36,812	11,719	8,731	20,45	4	2,514	0,442	0,176	1,221	0,57	512,653	0,091
5	2,535	36,968	39,503	13,446	8,959	22,405	5	2,571	0,430	0,167	0,986	0,6	524,646	0,069
6	4,594	35,325	39,919	14,329	7,080	21,409	6	3,071	0,551	0,3179	1,496	0,67	625,106	0,13
7	2,938	36,577	39,515	12,526	9,642	22,168	4	2,653	0,465	0,175	1,107	0,56	541,041	0,08
8	6,527	46,685	53,212	19,579	8,715	28,294	5	2,979	0,492	0,165	2,191	0,7	610,426	0,14
9	3,516	36,78	40,296	12,553	9,738	22,291	6	2,677	0,445	0,166	1,313	0,56	546,207	0,096
10	3,998	27,463	31,461	10,979	5,665	16,644	4	2,566	0,482	0,188	1,558	0,66	521,873	0,146
11	5,681	48,682	54,363	17,833	11,671	29,504	5	2,985	0,485	0,162	1,903	0,6	611,791	0,117
12	3,308	27,068	30,376	10,01	6,396	16,405	5	2,57	0,472	0,184	1,287	0,61	522,269	0,122
13	2,935	28,215	31,15	9,109	7,991	17,1	4	2,433	0,445	0,183	1,206	0,53	494,944	0,104
14	3,164	29,476	32,64	10,596	7,268	17,864	5	2,445	0,430	0,176	1,294	0,59	497,753	0,107
15	3,502	37,325	40,827	13,813	8,808	22,621	6	2,824	0,480	0,17	1,24	0,61	575,824	0,094

მესამე ბლოკის მარშრუტების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები

№ მარშრუტი	$P_{TP}$ , ტ კმ	$P_A$ , ტ კმ	$P_{OБЩ}$ , ტ კმ	$L^f$ , კმ	$L^x$ , კმ	$L^{OБЩ}$ , კმ	$\Pi$ , 1	$t^{OБЩ}$ , სთ	$Q$ , ტ	$W$ , ტ სთ	$W_P$ , ტ კმ სთ	$\beta$	$z$ , ლარი	$K^w$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	9,845	84,6	94,445	11,997	11,854	23,831	6	4,715	950	0,201	2,088	0,5	974,1	0,116
2	11,668	97,771	109,439	14,424	13,117	27,541	7	5,12	1,014	0,198	2,279	0,52	1060,19	0,119
3	9,807	98,253	108,06	15,482	12,195	27,677	8	4,807	0,921	0,192	2,04	0,56	996,88	0,1
4	9,999	113,494	123,49	17,71	14,260	31,97	9	4,775	0,870	0,182	2,094	0,55	995,428	0,088
5	10,958	109,163	120,12	16,333	14,417	30,75	10	5,067	0,940	0,186	2,163	0,53	1052,94	0,1
6	11,591	114,026	125,617	20,064	12,056	32,120	11	5,076	0,920	0,181	2,283	0,62	1056,57	0,102
7	11,148	110,895	122,043	18,6	12,637	31,238	12	5,386	0,992	0,184	2,131	0,6	1117,36	0,101
8	10,563	134,073	144,635	24,489	13,278	37,767	14	5,336	0,908	0,170	1,98	0,65	1114,49	0,079
9	11,074	106,244	117,318	18,097	11,831	29,928	14	5,323	0,960	0,18	2,08	0,6	1103,28	0,104
10	15,794	107,114	122,908	18,283	11,890	30,173	9	5,337	1,025	0,192	2,96	0,61	1108,16	0,147

მეოთხე ბლოკის მარშრუტების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები

№ მარშრუტი	$P_{TP}$ , ტ კმ	$P_A$ , ტ კმ	$P_{OБЩ}$ , ტ კმ	$L'$ , კმ	$L^X$ , კმ	$L^{OБЩ}$ , კმ	$\Pi$ , სთ	$t^{OБЩ}$ , სთ	$Q$ , ტ	$W$ , ტ სთ	$W_P$ , ტ კმ სთ	$\beta$	$3$ , ლარი	$K^W$
1	4,055	30,475	34,53	10,915	7,555	18,47	5	2,659	0,480	0,181	1,525	0,59	541,232	0,133
2	3,875	35,363	39,238	12,189	9,243	21,432	6	2,594	0,430	0,166	1,494	0,57	529,366	0,11
3	2,084	28,291	30,375	8,717	8,429	17,146	4	2,45	0,449	0,183	0,851	0,51	498,04	0,074
4	3,594	29,433	33,027	9,94	7,898	17,838	6	2,644	0,468	0,177	1,36	0,56	537,789	0,122
5	2,994	26,708	29,703	8,413	7,774	16,187	5	2,615	0,485	0,185	1,145	0,52	531,11	0,112
6	3,759	31,507	35,266	10,667	8,428	19,095	6	2,754	0,487	0,177	1,365	0,56	560,379	0,119
7	2,223	21,13	23,353	6,404	6,402	12,806	4	2,294	0,440	0,192	0,969	0,5	465,041	0,105
8	3,683	27,242	30,925	9,156	7,354	16,510	5	2,652	0,492	0,186	1,389	0,55	538,846	0,135
9	4,028	33,492	37,520	14,778	5,520	20,298	6	2,701	0,465	0,172	1,491	0,73	550,298	0,12
10	5,054	34,85	39,904	16,166	4,955	21,121	6	2,818	0,489	0,174	1,793	0,76	574,588	0,145
11	2,759	28,84	31,599	8,514	8,965	17,479	6	2,492	0,432	0,173	1,107	0,49	506,869	0,096
12	3,937	34,48	38,417	14,167	6,73	20,897	5	2,482	0,418	0,168	1,586	0,68	506,712	0,114
13	3,143	32,614	35,757	10,9	8,866	19,766	4	2,602	0,469	0,18	1,208	0,55	529,924	0,096
14	2,355	26,77	29,125	8,72	7,504	16,224	5	2,605	0,482	0,185	0,904	0,54	528,706	0,088
15	4,043	31,639	35,673	10,165	9,010	19,175	6	2,669	0,465	0,174	1,511	0,53	543,587	0,128
16	3,163	34,33	37,493	10,764	10,042	20,806	4	2,615	0,465	0,178	1,21	0,52	532,989	0,092

## მეხუთე ბლოკის მარშრუტების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები

№ მარშრუტი	$P_{TP}$ , ტ კმ	$P_A$ , ტ კმ	$P_{OБЩ}$ , ტ კმ	$L^f$ , კმ	$L^x$ , კმ	$L^{OБЩ}$ , კმ	$\Pi$ , 1	$t^{OБЩ}$ , სთ	$Q$ , ტ	$W$ , ტ სთ	$W_P$ , ტ კმ სთ	$\beta$	$z$ , ლარი	$K^w$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,937	17,898	19,835	5,955	4,892	10,847	6	2,41	0,458	0,190	0,804	0,55	487,436	0,108
2	3,579	24,684	28,263	9,985	4,975	14,960	7	2,717	0,494	0,182	1,317	0,67	551,119	0,145
3	2,563	20,039	22,602	7,852	4,293	12,145	5	2,396	0,458	0,191	1,070	0,65	485,445	0,128
4	1,665	15,164	16,828	5,841	3,349	9,190	6	2,487	0,489	0,197	0,670	0,64	501,912	0,110
5	1,918	15,956	17,873	7,984	1,686	9,670	5	2,379	0,471	0,198	0,806	0,83	480,662	0,120
6	2,160	23,417	25,577	8,528	5,664	14,192	8	2,528	0,439	0,174	0,854	0,60	512,511	0,092
7	2,470	22,631	25,101	8,642	5,074	13,716	5	2,48	0,468	0,189	0,996	0,63	502,699	0,109
8	1,949	16,917	18,866	8,564	1,689	10,253	5	2,399	0,472	0,197	0,812	0,83	484,95	0,115
9	1,417	21,661	23,078	7,464	5,664	13,128	4	2,283	0,435	0,191	0,621	0,57	462,69	0,065
10	2,266	19,325	21,591	6,553	5,159	11,712	6	2,462	0,465	0,189	0,920	0,56	498,268	0,117

მეექვსე ბლოკის მარშრუტების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები

№ მარშრუტი	$P_{TP}$ , ტ კმ	$P_A$ , ტ კმ	$P_{OБЩ}$ , ტ კმ	$L'$ , კმ	$L^X$ , კმ	$L^{OБЩ}$ , კმ	$\Pi$ , 1	$t^{OБЩ}$ , სთ	$Q$ , ტ	$W$ , ტ სთ	$W_P$ , ტ კმ სთ	$\beta$	$3$ , ლარი	$K^W$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2,101	15,297	17,398	6,681	2,590	9,271	9	2,446	0,440	0,180	0,859	0,72	493,86	0,137
2	1,791	18,147	19,938	5,811	5,187	10,998	4	2,232	0,437	0,196	0,802	0,53	451,69	0,099
3	1,637	19,868	21,505	6,792	5,249	12,041	5	2,386	0,456	0,191	0,686	0,56	482,873	0,082
4	2,211	18,381	20,592	8,591	2,549	11,140	6	2,442	0,464	0,190	0,907	0,77	494,037	0,120
5	1,566	13,294	14,860	6,290	1,767	8,057	5	2,243	0,448	0,200	0,698	0,78	452,709	0,118
6	0,662	7,308	7,970	2,219	2,210	4,429	4	2,053	0,438	0,213	0,322	0,50	412,76	0,091
7	1,453	11,345	12,798	5,823	1,053	6,876	4	2,078	0,427	0,205	0,699	0,85	419,014	0,128
8	2,068	13,487	15,555	6,284	1,890	8,174	5	2,259	0,451	0,200	0,915	0,77	455,98	0,153
9	1,028	10,410	11,438	4,080	2,229	6,309	5	2,163	0,440	0,203	0,475	0,65	435,725	0,099
10	1,050	14,560	15,610	3,938	4,886	8,824	5	2,202	0,432	0,196	0,477	0,45	444,448	0,065

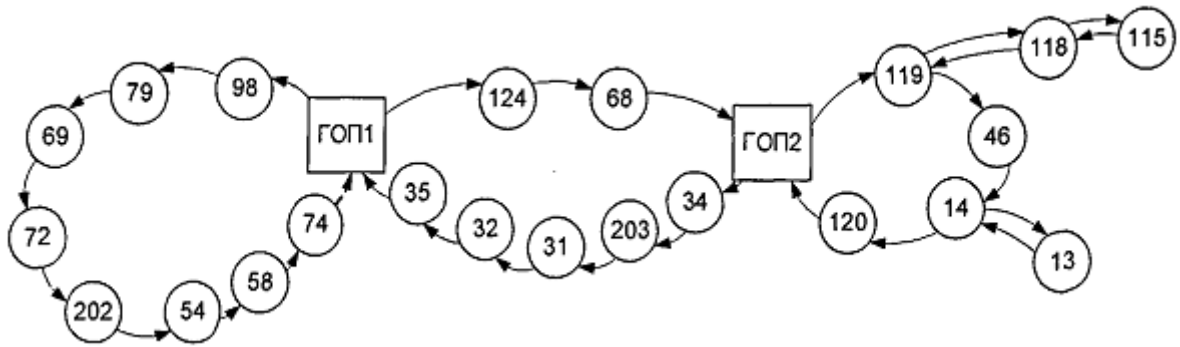
ცხრილი 4.8.

მაჩვენებლებების საშუალო მნიშვნელობები

№ მარშრუტი	$P_{TP}$ , ტ კმ	$P_A$ , ტ კმ	$P_{OБЩ}$ , ტ კმ	$L^r$ , კმ	$L^x$ , კმ	$L^{OБЩ}$ , კმ	$\Pi$ , 1	$t^{OБЩ}$ , სთ	$Q$ , ტ	$W$ , ტ სთ	$W_p$ , ტ კმ სთ	$\beta$	$z$ , ლარი	$K^w$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	11,674	124,376	136,05	21,150	13,885	35,050	12	5,2	0,918	0,176	2,23	0,6	1085,5	0,095
2	3,716	34,863	38,743	12,905	8,324	21,228	5	2,69	0,469	0,175	1,364	0,6	548,23	0,106
3	11,245	107,563	118,808	17,546	12,754	30,300	10	5,09	0,950	0,187	2,210	0,57	1057,9	0,106
4	3,421	30,448	33,87	10,661	7,792	18,453	5	2,6	0,464	0,178	1,307	0,57	529,7	0,112
5	2,192	19,769	21,961	7,737	4,245	11,982	6	2,45	0,465	0,190	0,890	0,65	469,77	0,111
6	1,557	14,210	15,767	5,651	2,961	8,612	5	2,25	0,443	0,197	0,684	0,66	454,31	0,109

შერწყმა განხორციელდა სამ ეტაპად. პირველად გაერთიანდა 1 და მე-5 ბლოკის მარშრუტები და მივიღეთ პირველი შერწყმული შუალედური მარშრუტი.

მეორე ეტაპზე შეერთდა მე-3 და 6 ბლოკის მარშრუტები და მივიღეთ მეორე შერწყმული მარშრუტი. ბოლო ეტაპზე მოხდა საერთო შერწყმული მარშრუტის ფორმირება.



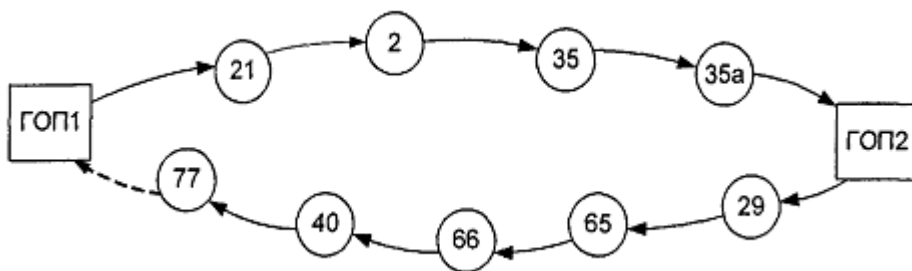
ნახ.4.8. შერწყმის შედეგად მიღებული მარშრუტი

მეორე ტიპის შერწყმის მოდელის ანალიზის დროს მოხდა მეოთხე ბლოკის და მეორე ბლოკის მარშრუტების შერწყმა. იმის გამო, რომ გადაზიდვას ემსახურება ერთი ავტოსატრანსპორტო კომპანია, ამიტომ შესაბამისი ნულოვანი გარბენები შეგვაქვს ფორმულაში და მივიღებთ:

$$[t_{mD}^{3C}] = \sum t^0, \tag{4.2}$$

$$\text{სადაც } \sum t^0 = \sum t_{mB}^{oo} + \sum t_{nD}^{oo} + \sum t_{nB}^{oo}$$

მაგალითისათვის აღებული იქნა მე2 მარშრუტი მეორე ბლოკიდან და მე2 მარშრუტი მეოთხე ბლოკიდან. მათი შერწყმის შედეგად მიღებული მარშრუტი გამოსახულია ნახ.4.9-ზე.



ნახ.4.9. მარშრუტი, რომელიც მიიღება შერწყმის შედეგად

ზემოთ განხილული მაგალითებიდან გამომდინარე, საერთო შემთხვევაში შეიძლება მივიღოთ გაერთიანების სხვადასხვა კომბინაციები.

თუმცა უნდა აღვნიშნოთ, რომ მარშრუტებს აქვთ სხვადასხვა მახასიათებლები. კერძოდ, გადასაზიდი ტვირთის რაოდენობა, გადაზიდვის პუნქტების რიცხვი, დაშორება, სატრანსპორტო საშუალების ტიპი და ტვირთამწეობა. ამიტომ ზოგადად საჭირო არის გამოვთვალოთ საშუალო ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები, რომელიც მოყვანილი არის ცხრ. 4.8-ში. შემდეგ ეტაპზე აღნიშნული მაჩვენებლებით ხდება შერწყმის ეფექტურობის შეფასება. მარშრუტების გაერთიანების შედეგად მიღებული ეფექტის შეფასებისათვის ცხრილში 4.9 მოცემულია ტექნიკურ-ეკონომიკური ინდიკატორები.

ცხრილი 4.9

მარშრუტი	$t$ სთ,	$W$ , ტ/ს	$WP$ , ტ.კმ/ს	$L^x$ , კმ	$\beta$	$z$ , ლარი	$K^W$ ,
გაერთიანებამდე	15,00	0,158	1,778	33,845	0,61	3067,5	0,007
გაერთიანების შემდეგ	13,35	0,206	1,843	17,823	0,83	2733,8	0,011

ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ მარშრუტების შეერთების (შერწყმის) დროს იზრდება: გარბენის კოეფიციენტის მნიშვნელობა 15-30%-ით, მწარმოებლობა ტ/სთ-ში 5-20%-ით, მწარმოებლურობა ტ.კმ/სთ 4-5%-ით, ამასთან ერთად მცირდება ავტომობილის უქმი გარბენი – 50-55%-ით, ავტომობილის მარშრუტზე მოძრაობის დრო 5-10%-ით.

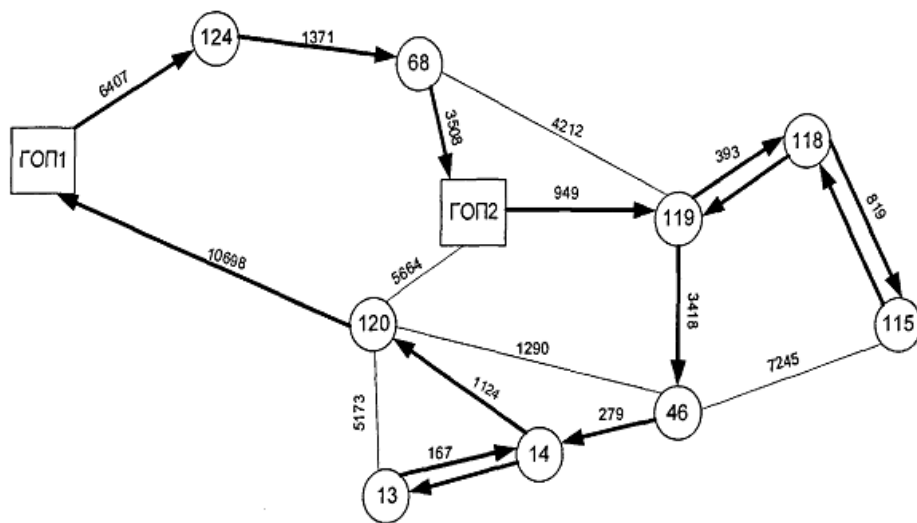


4.5. „ფიქტიური შტოების“ მეთოდის გამოყენების შეფასება

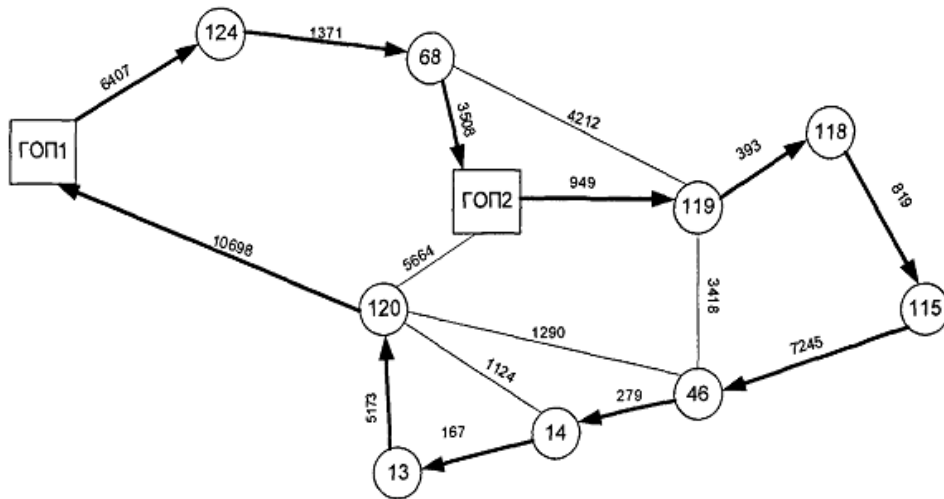
ცნობილია, რომ „შტოების და საზღვრების“ კლასიკური მეთოდი ითვალისწინებს მხოლოდ ერთ გავლას მარშრუტის განშტოებაზე, მაგრამ პრაქტიკაში ხშირად გვხვდება შემთხვევა, როდესაც საჭირო ხდება მარშრუტის რომელიმე რგოლის განმეორებით გავლა. ამიტომ ასეთი შემთხვევებისათვის ოპტიმალური მარშრუტის დასადგენად შემოთავაზებულ იქნა „ფიქტიური შტოების“ მეთოდი, რომელიც მეორე თავში არის ნაჩვენები. ამ მიზნით განხილული იქნა მრავალი ვარიანტი, რომელთა შორის 17-ს გააჩნია ქვეციკლები, რაც განპირობებული არის სატრანსპორტო ქსელის სპეციფიკით. მაგალითისათვის განვიხილოთ მარშრუტი, რომელიც მოცემულია ნახ.4.12-ზე. შედარებისათვის 4.13-ზე მოცემულია მარშრუტი, რომელიც შედგენილია კლასიკური მეთოდით.

ცხრილი 4.11

განგარიშების მეთოდი	მარშრუტის სიგრძე, L კმ	საერთო დრო, t° სთ
„შტოების და საზღვრების“	37,009	7,09
„ფიქტიური შტოების“	30,512	6,848



ნახ.4.12. მოძრაობის მარშრუტი, რომელიც მიღებული არის შემოთავაზებული მეთოდის „ფიქტიური შტოების“ მიხედვით გათვლის შედეგად



ნახ.4.13. მოძრაობის მარშრუტი, რომელიც მიღებული არის კლასიკური მეთოდით „შტოების და საზღვრების“ მიხედვით გათვლის შედეგად

ცხრილიდან ჩანს, რომ შემოთავაზებული მეთოდიკა საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ გარბენის დრო და სიგრძე. უნდა შევნიშნოთ, რომ დამუშავებული კომპიუტერული პროგრამით შემოთავაზებული გათვლები თითოეული ვარიანტისათვის შეადგენს 3 წმ-ს.

#### მე-4 თავის დასკვნები

1. წარმოდგენილი არის ექსპერიმენტალური კვლევის სტატისტიკური ანალიზი. სატარებელი კვლევის შედეგად მიღებულ იქნა ინფორმაცია მომხმარებლების, სავაჭრო წერტილების, გადაზიდვის დროის, ტვირთის მოცულობის და სატრანსპორტო საშუალებების მოძრაობის სიჩქარის შესახებ.
2. დადგენილია შემოთავაზებული მეთოდიკის ეფექტურობა და ადეკვატურობა მცირე პარტიებად ტვირთების გადაზიდვის შემთხვევისათვის ორი მწარმოებლის შემთხვევაში. მარშრუტების შერწყმის შედეგად შესაძლებელი გახდა: გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი გაზრდილიყო 20-25%-ით, მწარმოებლურობა ტ/სთ – 5-25%-ით, მწარმოებლურობა ტ.კმ/სთ – 4-5%-ით. ამასთან ერთად შემცირდა უქმი გარბენის სიდიდე და დანახარჯები მარშრუტის გავლისას.
3. დადგენილია შემოთავაზებული მეთოდიკის გამოყენების მიზანშეწონილობა, რაც საშუალებას გვაძლევს გავითვალისწინოთ ქვეციკლების არსებობა და შევამციროთ გარბენის სიგრძე საშუალოდ 6%-ით.

## ძირითადი დასკვნები

1. შემოთავაზებულია ინსტრუმენტები, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ რაციონალური მარშრუტის ფორმირება ტვირთების მცირე პარტიებად გადაზიდვის დროს, რომლის შედეგად ვზრდით გადაზიდვის ეფექტურობას.
2. მოდერნიზირებულ იქნა კლასიკური მეთოდი, „განშტოებები და საზღვრები“, რომლის ძირითად არსს წარმოადგენს ახალი ფიქტიური კვანძების და კავშირების შემოყვანა სატრანსპორტო ქსელში.
3. დამუშავებულია წრიული მარშრუტების შეერთების მათემატიკური მოდელი, რომელიც შეიცავს მთელ რიგ ახალ ელემენტებს. კერძოდ, შემოთავაზებულია გადაზიდვის პროცესის ეფექტურობის შემფასებელი კოეფიციენტი, ასევე განსაზღვრულია დამატებითი ტვირთის ასაღებად გადაადგილების თანმიმდევრობა მარშრუტიზაციის ალგორითმის სრულყოფის გზით.
4. დამუშავებულმა მოდელებმა, მეთოდიკამ და პროგრამულმა უზრუნველყოფამ საშუალება მოგვცა ჩაგვეტარებინა მარშრუტების შეერთების მიზანშეწონილობა.
5. მიღებულმა მოდელებმა და მეთოდიკამ საშუალება მოგვცა დაგვემუშავებინა ავტოსატრანსპორტო საშუალებების მოძრაობის მარშრუტები პურპროდუქტების ჩამორიგების შემთხვევაში. დადგენილია, რომ მარშრუტების შეერთების (შერწყმის) დროს იზრდება: გარბენის კოეფიციენტის მნიშვნელობა 15-30%-ით, მწარმოებლობა ტ/სთ-ში 5-20%-ით, მწარმოებლურობა ტ.კმ/სთ 4-5%-ით, ამასთან ერთად მცირდება ავტომობილის უქმი გარბენი – 50-55%-ით, ავტომობილის მარშრუტზე მოძრაობის დრო 5-10%-ით.
6. მიღებული სამეცნიერო, პრაქტიკული და ეკონომიკური შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნას კონკრეტული საწარმოებისა და მწარმოებლებისათვის. სადისერტაციო ნაშრომის მასალები შეიძლება გამოყენებულ იქნას სასწავლო პროცესში მიმართულებისათვის „გადაზიდვების ორგანიზაცია და მართვა ტრანსპორტზე“ და „სატრანსპორტო ლოგისტიკა“.

## ლიტერატურა

1. Азизов, Ф.Х. Применение математических методов при планировании перевозок товаров [Текст] / Ф.Х. Азизов, А.И. Ахмедов, В.П. Кочеулов. -М.: Госторгиздат, 1963. - 104 с.
2. Алгоритмы. Построение и анализ [Текст] / Томас Кормен [и др.]. -2-е изд.: пер. с англ. - М.-СПб.-Киев: Изд. дом «Вильяме», 2007. - 1296 с.
3. Афанасьев, Л.Л. Производительность работы автомобильного парка при грузовых перевозках [Текст]: дис... канд. техн. наук / Л.Л. Афанасьев-М., 1940.- 146 с.
4. Афанасьев, Л.Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки [Текст]: учеб. для студентов вузов / Л.Л. Афанасьев, Н.Б. Островский, СМ. Цукерберг. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1984. - 333 с.
5. Ахметзянов, А. Моделирование грузовых и пассажирских потоков в городе и регионе [Текст] / А.Ахметзянов // Логинфо. - 2002. - №1.
6. Беллман, Р. Применение динамического программирования к задаче о коммивояжере [Текст] / Р. Беллман // Кибернетический сб. - 1964. Вып.9.- С.219-222.
7. Беллман, Р. Прикладные задачи динамического программирования [Текст] / Р. Беллман, С. Дрейфус. - М.: Наука, 1965. - 458 с.
8. Бенсон, Д. Транспорт и доставка грузов [Текст] / Д.Бенсон, Дж.Уайтхед: пер. с англ. - М.: Транспорт, 1990. - 279 с.
9. Брегман, В.И. Графы в задачах управления производством [Текст] / В.И. Брегман. -М.: Статистика, 1974. - 144 с.
10. Вадас, П. Новые методы по разработке маршрутов с помощью ЭВМ [Текст]: перевод №Б-832/2 / П. Вадас - М.: ВЦП, 1982. - 32 с.
11. Великанов, Д.П. Эффективность автомобиля [Текст] / Д.П. Великанов. - М.: Транспорт, 1989.
12. Вельможин, А.В. Теория организации и управления автомобильными перевозками: логистический аспект формирования перевозочных

процессов [Текст]: монография / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин. — Волгоград: Волгоград, гос. тех. ун-т, 2001. - 178 с.

13. Вельможин, А.В. Технология, организация и управление грузовыми автомобильными перевозками [Текст]: учеб. для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин. - 2-е изд., доп. - Волгоград: Волгоград, гос. тех. ун-т., 2000. - 304 с.

14. Вельможин, А.В. Грузовые автомобильные перевозки [Текст]: учеб. для вузов / А.В. Вельможин [и др.]. - М.: Горячая линия - Телеком, 2006 -560 с.

15. Венгерова, И.В. К вопросу об эффективности метода ветвей и границ [Текст] / И.В. Венгерова, Ю.Ю. Финкельштейн // Экономика и мат. методы. - 1975. - № 1.

16. Вензик, Н.Г. Торговля и транспорт [Текст] / Н.Г. Вензик // БТИ. - 1999.-№4.-С. 13-15.

17. Титюхин, Н.Ф. Взаимодействие участников логистической цепи. Место транспортно-экспедиторской компании в логистической цепи [Текст] / Н.Ф. Титюхин // Логинфо. - 2003. - №12.

18. Витвицкий, Е.Е. Развозочно-сборные автотранспортные системы перевозки грузов [Текст]: монография / Е.Е. Витвицкий - Омск: Изд-во «Вариант-Сибирь», 2003. - С. 18.

19. Воркут, А.И. Автомобильные перевозки партионных грузов [Текст] / А.И. Воркут. - Киев: Вища школа, 1974. - 184 с.

20. Воркут, А.И. Грузовые автомобильные перевозки (Основы теории транспортного процесса) [Текст]: учеб. пособ. для вузов / А.И. Воркут. -Киев: Вища школа, 1979. - 392 с.

21. Воркут, А.И. Грузовые автомобильные перевозки [Текст] / А.И. Воркут. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1986. - 447 с.

22. Воркут, А.И. Разработка теоретических основ и методов рациональной организации транспортного процесса при автомобильных

перевозках партионных грузов [Текст]: дис... докт. техн. наук / А.И. Воркут. - Киев, 1986. - 442 с.

23. Воркут, А.И. Транспортное обслуживание торгово-оптовых баз [Текст] / А.И. Воркут. - Киев: Технка, 1985. - 112 с.

24. Герасимович, А.И. Математическая статистика [Текст] / А.И. Герасимович. - Минск: Выш. школа. 1983. - 279 с.

25. Геронимус, Б.Л. Математические методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок [Текст] / Б.Л. Геронимус. - М.: Транспорт, 1972. - 102 с.

26. Голубев, С. Доставка молока в торговую сеть [Текст] / С. Голубев, А. Бречко // Автомобильный транспорт. - 1973. - №1. - С. 23 - 24.

27. Гольденберг, Я.М. Эксплуатация автогужевого транспорта [Текст] / Я.М. Гольденберг. - М.: Союзтранс, 1932. - Вып.1 - 77 с.

28. Гольштейн, Е.Г. Задачи линейного программирования транспортно-го типа [Текст] / Е.Г. Гольштейн, Д.Б. Юдин. - М.: Наука, 1969. - 384 с.

29. Ванчукевич, В.Ф. Грузовые автомобильные перевозки [Текст]: учеб. пособ. / В.Ф. Ванчукевич, В.Н. Седюкевич, В.С. Холупов. - Минск: Выш. шк., 1978.-272 с.

30. Гудков, В.А. Влияние работы автотранспортного обслуживающего комплекса на качество хлебобулочных изделий и экономическую эффективность системы доставки [Текст] / В.А. Гудков, С.А. Кащеев, С.А. Ширяев // Наземные транспортные системы: межвуз. сб. науч. тр. -Волгоград: РПК «Политехник», 2000. - С. 111-114.

31. Гудков, В.А. Особенности функционирования производственно-транспортной системы доставки продуктов питания [Текст] / В.А. Гудков, С.А. Ширяев, С.А. Кащеев // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: сб. матер. I междунар. науч.-техн. конф. (4-6 апреля 2000 г.). - Пенза, 2000. - Ч. 2. - С. 125 - 130.

32. Гудков, В. А. Формирование логистической цепи доставки продуктов питания (на примере хлебобулочных изделий) [Текст] / В.А. Гудков,

С. А. Ширяев, С.А. Кащеев // Бизнес и логистика-2001: сб. матер. Московского международного логистического форума (Москва, 1-4 февраля 2001 г.) / Координационный совет по логистике. - М., 2001. - С 180 - 182.

33. Гудков, В.А. Логистический подход к организации процесса перевозки хлебобулочной продукции [Текст] / В.А. Гудков, С.А. Ширяев, К.С. Подшивалова // Прогресс транспортных средств и систем: сб. матер, междунар. науч.-практ. конф. (20-23 сентября 2005 г.) - Волгоград, 2005. - Ч. 1.-С. 523 -524.

34. Гудков, В. А. К теории совместной развозки партионных грузов [Текст] / В. А. Гудков, С. А. Ширяев, К. С. Подшивалова, СФ. Подшивалов // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: сб. матер, междунар. науч.-практ. конф. (10-12 мая 2006 г.). - Пенза, 2006. - Ч. 1. - С. 298-302.

35. Гудков, В. А. Новый взгляд на показатели работы автомобилей [Текст] / В.А. Гудков, С. А. Ширяев, К. С. Подшивалова, СФ. Подшивалов // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: сб. матер, междунар. науч.-практ. конф. (10-12 мая 2006 г.) - Пенза, 2006. - Ч. 1. - С. 303-307.

36. Гудков, В. А. Совместная развозка партионных грузов на кольцевом [Текст] / В. А. Гудков, С. А. Ширяев, К. С. Подшивалова, СФ. Подшивалов // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: сб. матер, междунар. науч.-практ. конф. (10 - 12 мая 2006 г.). -Пенза, 2006. - Ч. 1.-С. 307-313.

37. Джонсон, Дж. Современная логистика [Текст] / Дж. Джонсон [и др.] - 7-е изд. - М.: Вильяме, 2002. - С 8-27.

38. Житков, В.А. Алгоритм приближенного решения задачи развозки [Текст] / В.А. Житков // Методы оптимизации перевозочного процесса на автотранспорте. - М., 1976. - С. 84 - 90.



39. Житков, В.А. Математические методы организации и планирования автомобильных перевозок мелких партий грузов [Текст]: дис... канд. техн. наук / В.А. Житков. - М.: МАДИ, 1968. - 134 с.

40. Житков, В.А. Планирование автомобильных перевозок грузов мелкими партиями [Текст] / В.А. Житков. - М.: Транспорт, 1976. - 112 с.

41. Житков, В.А. Методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок [Текст] / В.А. Житков, К.В. Ким. - М.: Транспорт, 1984.-218 с.

42. Зарецкий, Л.С. Решение задачи коммивояжера и задач развозки методом коррекции функции состояния [Текст] / Л.С Зарецкий // Методы оптимизации перевозочного процесса на автотранспорте. - М.: 1976. - С. 70 - 83.

43. Зыков, А.А. Основы теории графов [Текст] / А.А Зыков. - М.: Наука, 1987.

44. Исследование операций. Методологические основы и математические методы [Текст]: пер. с англ. / Под ред. И.М. Макарова, И.М. Бескровного.-М.: Мир, 1981.-Т. 1.-712 с.

45. Каниовский, П.В. Эксплуатация автомобильного транспорта [Текст] / П.В. Каниовский. - М.: Изд-во МКХ РСФСР, 1947.

46. Кащеев, СА. Повышение эффективности функционирования системы доставки грузов в торговую сеть автомобильным транспортом [Текст]: дис... канд. техн. наук / СА. Кащеев. - Волгоград, 2004. - 195 с.

47. Клепик, Н.К. Статистическая обработка эксперимента в задачах автомобильного транспорта [Текст]: учеб. пособие / Н.К. Клепик. -Волгоград: ВГТУ, 1995. - 96 с.

48. Ковалев, М.М. Дискретная оптимизация (целочисленное программирование) [Текст] / М.М. Ковалев. - 2-е изд., стер. - М.: Едиториал УРСС, 2003.- 192 с.

49. Кожин, А.П., Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками [Текст]: учеб. для вузов / А.П. Кожин, В.Н. Мезенцев. - М.: Транспорт, 1994 - С. 124.

50. Корбут, А.А. Дискретное программирование [Текст] / А.А. Корбут, Ю.Ю. Финкельштейн. - М: Наука, 1969. - 368 с.

51. Коробков, В.К. Некоторые алгоритмы для решения задачи коммивояжера [Текст] / В.К. Коробков, Р.И. Кричевский // Математические модели и методы оптимального управления. - Новосибирск: Наука, 1966. - С. 106.108.

52. Корягин, М.Е. Планирование автомобильных перевозок в торговой сети [Текст] / М.Е. Корягин, А.Ю. Тюрин // Вести КузГТУ. - 2000. - №1. - С. 43-45.

53. Косован, А.П. Новые подходы к калькуляции себестоимости и формированию ассортимента продукции на хлебозаводах [Текст] / А.П. Косован [и др.] // Хлебопечение России. - 2000. - №1. - С. 10 - 12.

54. Кофман, А. Сетевые методы планирования и их применение [Текст] / А. Кофман, Г. Дебазей. - М.: Прогресс, 1968. - 181 с.

55. Крампе, Х. Логистика, как фактор развития производства в условиях рыночной экономики [Текст] / Х. Крампе // Подъемно-транспортная техника и склады. - 1991. - № 6. - С. 43 - 45.

56. Крестофидес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход [Текст] / Н. Крестофидес. - М.: Мир, 1978. - 396 с.

57. Левачев, Н.А. Механизация погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ в пищевой промышленности [Текст] / Н.А. Левачев. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 184 с.

58. Лейдерман, СР. Анализ влияния эксплуатационно-технических измерителей на производительность и себестоимость работы автомобилей [Текст] / СР. Лейдерман // сб. тр. ЦНИИАТ. - М.: Коммухоз, 1949. - Вып.4.

59. Лейдерман, СР. Основные измерители и коэффициенты автомобилей [Текст] / СР. Лейдерман // Мотор. - 1932. - №6.

60. Лесин, В.В. Основы методов оптимизации [Текст] / В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец. - М.: Изд-во МАИ, 1995. - 344 с.

61. Лесов, Ю.И. Совершенствование внутригородских автомобильных перевозок продовольственных и промышленных товаров [Текст]: докл. по совокупности опубликованных работ на соискание ученой степени канд. техн. наук / Ю.И. Лесов. - М: 1968. - 38 с.

62. Литтл, Дж. Алгоритм решения задачи коммивояжера [Текст] / Дж. Литтл [и др.] // Экономика и математические методы. - 1965. -№1. -С. 94- 107.

63. Логистика: Управление в грузовых транспортно-логистических системах [Текст]: учеб. пособие / Под ред. Л.Б. Миротина. - М.: Юристъ, 2002.

64. Лукинский, В.С. Теоретические проблемы современной логистики [Текст] / В.С. Лукинский, И.А. Цвиринько, А.Э. Троянов // Логистика в современном бизнесе: сб. тез. и докл. междунар. семинара в рамках выставки «ТРАНСРОССИЯ 2002». - М: Изд-во ГУ-ВШЭ, 2002. -С. 16-20.

65. Магомедов, М.Д. Снижение транспортных затрат на перевозку хлеба - фактор повышения конкурентоспособности хлебозавода [Текст] / М.Д. Магомедов, К.Л. Быстров // Хлебопечение России. - 1999. - №2. - С. 9-11.

66. Малышев, В.В. Обобщенное динамическое программирование. Общие положения [Текст] / В.В. Малышев, Д.Э. Чернов // Автоматика и телемеханика, - 1993.-№12.-С.101 - ПО.

67. Малышев, В.В. Обобщенное динамическое программирование. Некоторые приложения [Текст] / В.В. Малышев, Д.Э. Чернов // Автоматика и телемеханика. - 1994. -№1. - С.117 - 127.

68. Меламед, И.И. Методы оптимизации в транспортном процессе [Текст] / И.И. Меламед // ИНТ ВИНТИ. Сер. Организация управления транспортом.- 1991.-№ 10.-С. 1-164.

69. Механизация работ в хлебохранилищах и экспедициях хлебозаводов [Текст] / Э.А. Бронштейн [и др.]. - М.: Пищевая промышленность, 1973. - 304 с.

70. Миротин, Л.Б. Логистика: обслуживание потребителей [Текст] / Л.Б. Миротин, Ы.Э. Ташибаев, А.Г. Касенов. - М: ИНФРА-М, 2002. - 190 с.
71. Модели и методы теории логистики [Текст]: учеб. пособие / Под ред. В.С. Лукинского - СПб.: Питер, 2003. - 176 с.
72. Мудров, В.И. Задача о коммивояжере [Текст] / В.И. Мудров. - М.: Знание, 1970.
73. Нестеров, Е.П. Транспортные задачи линейного программирования [Текст] / Е.П. Нестеров. - М.: Транспорт, 1977. - 216 с.
74. Николин, В.И. Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов [Текст] / В.И. Николин. - М.: Транспорт, 1990. - 191с.
75. Николин, В.И. Научные основы совершенствования теории грузовых автомобильных перевозок [Текст]: автореф. дис... докт. техн. наук / В.И. Николин. - М., 2000. - 37 с.
76. Николин, В.И. Грузовые автомобильные перевозки [Текст]: монография / В.И. Николин, Е.Е. Витвицкий, СМ. Мочалин. - Омск: Изд-во «Вариант-Сибирь», 2004. - С. 8-27.
77. Новые нормы расхода топлива и ГСМ [Текст]. - М.: ИНФРА-М., 2002. - 64 с.
78. Оптимизация планирования и управления транспортными системами [Текст] / под ред. В.Н. Лифшица - М.: Транспорт. - 1987.
79. Оре, О. Теория графов [Текст] / О. Оре. - М.: Наука, 1968. - 352 с.
80. Организация, планирование и управление автотранспортными предприятиями [Текст]: учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности «Экономика и организация автомобильного транспорта» / Н.Ф. Билибина [и др.]; под ред. Л.А. Бронштейна, К.А. Савченко-Бельского. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1986. - 360 с.
81. Панов, С.А. Модели маршрутизации на автомобильном транспорте [Текст] / С.А. Панов. - М.: Транспорт, 1974. - 152 с.
82. Петрова, Е.В. Статистика на автомобильном транспорте [Текст] / Е.В. Петрова, О.И. Ганченко. - М.: Транспорт. - 1997.

83. Подшивалов, С. Ф. Оценка эффективности перевозок [Текст] / С. Ф. Подшивалов, К.С. Подшивалова // Прогресс транспортных средств и систем: сб. матер, междунар. науч.-практ. конф. (20-23 сентября 2005 г.). - Волгоград, 2005. - Ч. 1. - С. 498 - 499.

84. Подшивалов, С.Ф., Подшивалова К.С. К построению общего алгоритма решения задачи странствующего коммивояжера [Текст] / С. Ф. Подшивалов, К.С. Подшивалова // Прогресс транспортных средств и систем: сб. матер. междунар. науч.-практ. конф. (20-23 сентября 2005 г.). - Волгоград, 2005. - С. 571 - 572.

85. Подшивалова, К. С. Решение задачи маршрутизации для кольцевого маршрута методом фиктивных матриц [Текст] / К. С. Подшивалова // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: сб. матер, междунар. науч.-практ. конф. (10-12 мая 2006 г.). - Пенза, 2006. - Ч. 1. - С. 356-370.

86. Подшивалова, К.С. Логистика перевозок хлебобулочной продукции [Текст] / К.С. Подшивалова, В.А. Гудков, С.А. Ширяев // Грузовое и пассажирское автохозяйство. - 2005. - № 11. - С. 59 - 60.

87. Попченко, Я.А. Пути повышения эффективности грузовых автомобильных перевозок [Текст] / Я.А. Попченко, Г.Д. Луцкер. - М.: Транспорт, 1986.-94 с.

88. Портнов, А.С Эффективное распределение продукции по торговым филиалам с применением системы планирования, прогнозирования и оптимизации [Текст] / А.С. Портнов // ММЛФ-2001: сб. тезисов выступлений на ММЛФ-2001. -М, 2001. - С. 68 - 71.

89. Поставка товаров народного потребления [Текст]: сб. нормативных актов. - М.: Юридическая литература, 1986. - 128 с.

90. Прокофьева, О.С Разработка методики оптимизации развозочных маршрутов [Текст]: дис... канд. техн. наук / О.С Прокофьева. - Иркутск, 2004.- 169 с.

91. Просов, С.Н. Повышение эффективности планирования перевозок по сборно-развозочным маршрутам [Текст]: дис... канд. техн. наук / С.Н. Просов. - М: МАДИ-ТУ, 1985.- 125 с.

92. Просов, С.Н. Маршрутизация грузовых автомобильных перевозок [Текст]: дис... канд. техн. наук / С.Н. Просов // Материалы ММЛФ-2002. -М.: МАДИ-ТУ, 2002. - С. 77 - 92.

93. Резер, СМ. Математические методы оптимального планирования в транспортных системах [Текст] / СМ. Резер, СЕ. Ловецкий, И.И. Меламед // ИНТ ВИНТИ. Сер. Организация управления транспортом. - 1990. - С 1-172.

94. Ройтман, Я.М. Исследование влияния технико-эксплуатационных показателей на эффективность использования автомобилей [Текст]: дис... канд. техн. наук / Я.М. Ройтман. - М., 1968.

95. Романовская, А.М. Задачи оптимизации на графах [Текст]: учеб. пособие / А.М. Романовская. - Омск: РГТЭУ, 2007. - 89 с.

96. Романовский, И.В. Односторонний обход дерева вариантов в методе Ленд и Дойг [Текст] / И.В Романовский, М.П. Сорокина // Вычислительная математика и математическая физика. - 1973. - № 1.

97. Ромашко, М.В. Совершенствование процесса доставки мелкопартионных грузов при сокращении срока доставки [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук / М.В. Ромашко. - М., 2000.

98. Семенов, Е.В. Составление на ЭВМ графика подачи автомашин под погрузку и доставку готовой продукции в торговую сеть с одновременным подбором оптимальных маршрутов [Текст] / Е.В. Семенов [и др.] // Труды ВНИИМП. - 1970. - Вып. 27. - С. 212 - 215.

99. Семухина, Н.В. Некоторые вопросы организации перевозок мелкопартионных грузов автомобильным транспортом на коротком плече [Текст]: дис... канд. экон. наук /Н.В. Семухина. - М., 1971. -232 с.

100. Серджвик, Роберт. Фундаментальные алгоритмы на С. Алгоритмы на графах [Текст]: пер. с англ. / Роберт Серджвик. - СПб.: ООО «Диа Софт ЮП», 2003.- 480 с.

101. Смехов, А.А. Математические модели процессов грузовой работы [Текст] / А.А. Смехов. - М.: Транспорт, 1982. - 255 с.
102. Триус, Е.Б. Задачи математического планирования транспортного типа [Текст] / Е.Б. Триус. - М.: Сов. Радио, 1967. - 208 с.
103. Ту, Дж. Принципы распознавания образов [Текст] / Дж. Ту, Р. Гонсалес. - М.: Мир, 1978. - 284 с.
104. Тюрин, А.Ю. Логистическая система управления транспортом в хлебопекарной промышленности [Текст]: автореф. дис... канд. экон. наук / А.Ю. Тюрин. - Ростов н/Д., 2002.
105. Управление транспортным парком [Текст] / К. Кирсанов, С.Луцкий // Логинфо. - 2003. - №5.
106. Фомин, Г.П. Математические методы и модели в коммерческой деятельности [Текст] / Г.П. Фомин. - М.: Финансы и статистика, 2005.
107. Фридман, А.А. Дискретные задачи и метод ветвей и границ [Текст] / А.А. Фридман, А.А. Вотяков // Экономика и мат. методы. - 1974. - № 3.
108. Харари, Фрэнк. Теория графов [Текст] / пер. с англ. и предисл. В.П. Козырева; под ред. Г.П. Гаврилова / Фрэнк Харари. - изд. 2-е. - М.: Едиториал УРСС, 2003. - 296 с.
109. Хелд, М. Применение динамического программирования к задачам упорядочения [Текст] / М. Хелд, Р. Карп // Кибернетический сб. -1964. -Вып.9.- С. 208-218.
- ПО. Чудаков, Е.А. Избранные труды [Текст] / Е.А. Чудаков. - М.: Изд-во Академ, наук СССР, 1961. - Т. 1,2. - С. 462, 361.
111. Юдин, Д.Б. Линейное программирование [Текст] / Д.Б. Юдин, Е.Г. Гольштейн. - М.: Наука, 1969. - 424 с.
112. Юревич, Н.В. Анализ деятельности хлебокомбината с использованием методики «Издержки - оборот - прибыль» [Текст] / Н.В. Юревич, Н.А. Евланова//Хлебопечение России. - 1999. -№3. - С. 9 - 10.
113. Atkinson A., Epstein M. Measure for measure: Realizing the power of the balanced scorecard // CMA Management. - September 2000.

114. Balas E. A note on the branch-and-bound principle. - Oper. Res., 16, N2, 1968.
115. Balinski M., Quandt R. On an integer program for a delivery problem. - Operational Research, 1964. V. 12. №2. p. 300 - 304.
116. Ballou R.H. Business Logistics Management. Third Edition. -Prentice - Hall International, Inc., 1993
117. Beltrami E., Bodin L. Networks and vehicle routing for municipal waste collection. - Networks, 1974. V. 4. № 1. p. 65 - 94.
118. Binbergen A., Visser J. New urban goods distribution systems. Conference on Urban Transport Systems. Lund, Sweden. 1999, 11 p.
119. Bowersox D.J., Closs D.J., Helderich O. K. Logistical Management. The Integrated Supply Chain Process. - The McGRAW -HILL Companies, ins. New York, 1996.
120. Carpaneto G., Toth P. Some new branching and bounding criteria for the asymmetric traveling salesman problem // Management Science. - 1980. - 26, №7.-p. 736-743.
121. Clark G., Wright J. Scheduling of vehicles central depot to an umber of delivery points. - Operational Research Quarterly, 1964. V. 12. № 4. p. 568 -581.
122. Dantzig G., Fulkerson D., Jonson S. Solution of a largescale traveling salesman problem // Operational Research, 1954. V. 2. № 4. - p. 393 - 410.
123. Evans S.R., Norback J.P. The impact of a decision-support system for vehicle routing in foodservice supply situation. - Operational Research Quarterly, 1985. V. 36. №4. p. 467-472.
124. Foster B.A., Ryan D.M. An integer programming approach to the vehicle scheduling problem. - Operational Research Quarterly, 1976. V. 27. №2. p. 367-384.
125. Gillett B., Miller L. A heuristic algorithm for the vehicle dispatch problem. - Operational Research, 1974. V. 22. № 3. p. 340 - 349.



126. Groes G.A. Method for Solving Traveling Salesman Problems. Operational Research, 1958, vol. 6, p. 791-814.

127. Held M. and Karp R.M. A Dynamic Programming Approach to Sequencing Problems. J. Soc. Indust. And Appl. Math., 1962, vol. 10, p. 196 -210.

128. Lawler E.L., Lenstra I.K., Rinnooy Kan A. U. G., Shomoys D.B. The traveling salesman problem. // J. Wiley Sons. New York, 1985.

129. Lin S. Computer solution of the traveling salesman problem. // Bell System Technical Journal - 1965. - №4. - p. 677 - 682.

130. Miller C.E., Tucker A.W., Zemlin R.A. Integer programming formulation of traveling salesman problems. - Computer Machinery, 1960. V. 27. №2. p. 503 -511.

131. Mitten L. Branch-and-bound methods: general formulation and properties. - Oper. Res., 18, N 1, 1970.

132. Robertson B. Route optimization is the better way to bigger profits: Walls. - Motor truck. 1984. V. 53. №5. p. 27 - 28.

133. Rusenhr J. Chr.Erfolgs-Erlebnis. - Last auto Omnibus, 1984. №8. p.26-27.

134. Russel R.A. An effective heuristic for m-tour traveling salesman problem with some side conditions. - Operational Research, 1977. V. 25. № 3.

135. Sweeney D.W. The Exploration of a New Algorithm for Solving the Traveling Salesman. M.S. Thesis, M., I. T., 1963.

136. Wong K.F., Beasley J.E. Vehicle routing using fixed delivery areas. - Omega. 1984. V.12. № 6. p. 591 - 600.

137. Wren A., Holliday A. Computer scheduling of vehicles from one or more depots to a number of delivery Points // Operational Research Quarterly, 1972. V. 23. №3. p. 333 -344.

138. 1.ბ. ბარამიძე; ი. შარაბიძე საზღვაო ტრანსპორტის განვითარების პერსპექტივები აჭარის რეგიონში: საერთაშორისო კონფერენციის „საზღვაო ინდუსტრიის ინოვაციური გამოწვევები“. შრომების კრებული.- ბათუმი, 2015 წ.- გვ.16-22.

139. 2. M. Baramidze, P. Gogiashvili, R. Mamuladze Internacional transport projects and ecosystem of black sea. International journal MACHINES TECHNOLOGIES MATERIALS. Issue 11/2015.-p.39-41.

140. 3. მ.ბარამიძე, ი. შარაბიძე, ნ. დოლიძე საზღვაო ტრანსპორტის ეფექტური ფუნქციონირება და საქართველოში არსებული პრობლემების კვლევა ლოჯისტიკურ სისტემებში. -II საერთაშორისო კონფერენცია „საზღვაო ინდუსტრიის ინოვაციური გამოწვევები: საზღვაო ტრანსპორტი, საინჟინრო ტექნოლოგიები, ლოჯისტიკა, ტურიზმი“. შრომების კრებული.- ბათუმი, 2016 წ.- გვ.12-15.

141. 4. M. Baramidze, T. Dzeladze Role of Georgian ports as logistic hab in transnational projects .-19<sup>th</sup> International Conference Maritime Transport and Indrastructure. - LATVIAN MARITIME ACADEMY.- Riga, 2017.-p.8

142. 5. М. Барамидзе, Г. Леквешвили, П. Гогиашвили Методы оценки эффективности функционирования транспортных компаний с использованием принципов логистики.-XXIV INTERNATIONAL SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE Trans & MOTAUTO'16. –Varna, 2016.- с.56-59.

143. 6. M. Baramidze, P. Gogiashvili, G. Lekveishvili Improving the efficiency of road freight transport. International scientific journal Trans & MOTAUTO WORLD. –sofia, 2017.-p.150-152.

144. 7. მ. ბარამიძე, ფ. გოგიაშვილი, გ. ლეკვეიშვილი ცვალებადი მოცულობის ძარა. სასარგებლო მოდელის პატენტი განაცხადზე №14242/02 საქპატენტი. ბრძ. №384/02

## დამუშავებული პროგრამის პაკეტი

```

#ifdef UnitTreeH #define UnitTreeH #
include <math.h> ^include <alloc.h>
^include <stdlib.h> #include <stdio.h>
#include <fcntl.h> #include <io.h>
#include <ermo.h> #define BLC 9999
#define FICT 1 #define N0T_FICT 0
/*define CNT_MAS_MAX 100 #define
CNT_MAS_CUT 300 ##define
CNT_TABLE 1000 #define
ADD_FICT_NOT 0 #defme
ADDFICTSTR 1 #define
ADD_FICT_ST0LB 2 #include
<Classes.hpp> #include <ComCtrls.hpp>
#include <DSTRING.H>
#define FILE_NAME_GLOB_TABLE "gltab.bin" #define
FILE_NAME_GLOB_TABLE_LEC "gltabc.bin" //структура
вершины
typedef struct ver{ int pit; //номер вершины
char f; //признак фиктивности вершины int f_num; //если вершина фиктивная, то указывается номер
вершины int cnt_f; //счетчик фиктивности int max_cnt_f;//максимальное значение счетчика
bool super; //"правительственная" связь } s_ver;
//структура для маршрута typedef struct mar{
s_ver beg; //начальная вершина
s_ver end; //конечная вершина} s_mar;
//структура для таблицы результатов typedef struct
table_res{
s_mar mar[1000]; //маршрут int size; //длина float por;} s_table_res; int InitSignal(); int
InitPorog(float por); int InitStartMode(char mode); int InitMode(char m); int
InitControlFict(bool m); int StartWriteSim(FILE **handle, char* name); int StartReadSim(FILE
**handle, char* name); int StopSim(FILE **handle);
int FileWriteMar(FILE *handle, s_mar* marshrut, int cnt_marshrut, float porog);
int FileReadMar(FILE *handle, s_mar* marshrut, int cnt_marshrut);
int FileReadSizePor(FILE *handle, int* cnt_marshrut, float* porog);
//int SaveTable(s_table_res* tab, int* size);
int CalcRabotaPlus(s_ver* mar, int cnt, int i_start, float* rab);
int CalcRabotaMinus(s_ver* mar, int cnt, int i_start, float* rab);
int CalkLength(s_ver* mar, int cnt, int i_start, float* len);
//класс "дерево решений"
class CTree{
public:
CTree();
~CTree();

```

```

//Инициализация класса int Init(float* mas[], int size, s_ver* ver_ver, s_ver* ver_hor, int lev, char f, s_mar* mar, int
cnt_mar, s_ver mar_beg, s_ver mar_end, CTree* pred); int InitPorog(float p); int InitCut(s_mar* mar_cut, int cnt_mar_cut);
//Обработка матрицы int Process_matrix(); int CalcPorog(s_ver ver_beg, s_ver ver_end, float* n_porog); int
Resize_matrix(float** mas, int ii, int jj); int Resize_matrix_str(float** mas, int ii, int jj, int bjj, int size); int
Resize_matrix_stolb(float** mas, int ii, int jj, int bii, int size); int Find(s_ver* mas_ver, int ver); int Check_block(); int
Resize_mas_ver(s_ver* mas_ver, int ii, s_ver* new_mas_ver); int AddFictVer(s_ver* mas_ver_beg, s_ver* mas_ver_end, int i, int
size); int LoadMatrix(float** mas, float* ver, int size, s_ver* ver_ver, s_ver* ver_hor, float** mas_dist); int Delete(); int
DeleteMatrix();
//Симуляция int Sim(); float GetPorog();
//исследуемая матрица int sizejmatrix; //вертикальные //размер матрицы //уровень
protected: float** matrix; вершины //горизонтальные вершины int level; в дереве "O" -
s_ver* ver_vertical;
s_ver* ver_horizont; //флаг фиктивности узла в дереве
корень char fjct; char //флаг конца обработки cntjnarshrut; //размер //размер
f_end; s_mar* //пройденные вершины в маршруте int "склеенного"
marshrut;
маршрута s_mar* cut; // "склеенный" маршрут int cnt_cut;
маршрута s_ver ver_beg;
s_ver ver_end; //начальная вершина
вычеркиваемых строк int* find i; //массив найденных вычеркиваемых столбцов float porog;
//Граница вычислений //конечная вершина int*
CTree** L; findj; cntjmax;};
CTree** F1;
CTree** F2; //массив найденных
CTree* Parent; //массив указателей на нормальную ветвь //массив
#endif указателей на фиктивную ветвь №1 //массив
указателей на фиктивную ветвь №2 //указатель на
родителя "O, NULL" - корень int

```

A.2. Файл «UnitTree.cpp»

```

#pragma hdrstop include
"UnitTree.h" ^include
<string.h> #pragma
package(smartjnit) float** int
float**
s_ver*
s_ver*
float* global
int int _matr
int float ix;
char global
char _matr
bool ix_siz
e = 0;
global
_matr
ix_dist; global_vertical;
global_horizont;
g_vershins_weigth;
cnt_table; cnt_table_lec;
CNT_TABLE = 1000;
global_porog = 9999;

```

```

    f_start_mode; //0 - с одним ф.у. в начале
    fmode; //режим 0 - по всем вершинам, 1 - с заданной начальной и конечной
    f contro 1_Г1 ct; // контроль фиктивных узлов int handle;
FILE *hGlobTable; FILE // дискриптор файла таблицы решений // дискриптор
*hGlobTableLec; char // дискриптор файла таблицы решений с лекалом
sygnal_for_end = 0; int
StartWriteSim(FILE * *handle, char* name){
AnsiString file;
file = ExtractFilePath(Application->ExeName) + name; ♦handle =
fopen(file.c_str(), "wb"); if (*handle == NULL){ perror("Error"); return
1;} return 0;} int StartReadSim(FILE **handle, char* name){ AnsiString
file;
file = ExtractFilePath(Application->ExeName) + name;
♦handle = fopen(file.c_str(), "rb");

```

```

if(*handle==NULL){
    perror("Error:"); return I;} int StopSim(FILE
**handle){ fclose(*handle); return 0;}
int FileWriteMar(FILE *handle, s_mar* marshrut, int cnt_marshrut, float porog){ int i;
    // Записываем размер
    fwrite(&cnt_marshrut, sizeof(int), 1, handle);
    // Записываем порог
    fwrite(&porog, sizeof(float), 1, handle);
    fwrite(marshrut, sizeof(s_mar), cnt_marshrut, handle); return 0;} int
FileReadMar(FILE *handle, s_mar* marshrut, int cnt_marshrut){ int i;
    fread(marshrut, sizeof(s_mar), cnt_marshrut, handle); return 0;} int
FileReadSizePor(FILE* handle, int* cnt_marshrut, float* porog){
    // Считываем размер
    fread(cnt_marshrut, sizeof(int), 1, handle);
    // Считываем порог
    fread(porog, sizeof(float), 1, handle); return 0;} int InitSignal(){
signal_for_end = 0; return 0;} int InitPorog(float por){ global_porog =
por; return 0;} int InitMode(char m){ f_mode = m; return 0;} int
InitWriteFile(char m){ f_write_file = m; return 0;} int InitStartMode(char
mode){ f_start_mode = mode; return 0;} int InitControlFict(bool m){
f_control_fict = m; return 0;}
int CalcK RabotaPlus(s_ver* mar, int cnt, int i_start, float* rab){ int i, j, beg, tek; float l, r; float *weigh; l = 0; r =
0;
    weigh = new float[cnt];
    for(i = 0; i < cnt; i++) {weigh[i] = g_vershins_weigh[i]; j = i start;
    beg = mar[j].f_num 1 -; ifG <(cnt-1) {j++;} else {j = 0;} for(i =
1; i < cnt; i++) {
        tek = mar[j].f_num 1 -;
        if (!(weigh[tek] == 0) && (i == 1)) { l +=
            global_matrix_dist[beg][tek];}
        r += (1 * weigh[tek]);
        weigh[tek] = 0; //Сброс рыва
        beg = tek;
        ifG < (cnt-1) {j++;} else {j = 0;} } delete weigh; *rab = r; return 0;} int CalcK RabotaMinus(s_ver* mar,
int cnt, int i_start, float* rab){ int i, j, beg, tek; float l, r; float *weigh; l = 0; r = 0;
    weigh = new float[cnt];
    for(i = 0; i < cnt; i++) {
        weigh[i] = g_vershins_weigh[i]; j =
    i_start; beg = mar[j].f_num -1; if <J > 0) (H
    } else {j = cnt - 1; } for(i = (cnt - 2); i >= 0;
    i--) {
        tek = mar[j].f_num -1;
        if (!(weigh[tek] == 0) && (i == (cnt - 2))) {
            l += global_matrix_dist[beg][tek]; r
            += (1 * weigh[tek]); weigh[tek] = 0;
            //Сброс рыва beg = tek; ifG > 0){

```

```

    j--; } else { j = cnt - 1; } } delete weigth; *rab = r; return 0;} int CalkLength(s_ver*
mar, int cnt, int i_start, float* len){ int i, j, beg, tek; float l; l = 0; j = i_start; beg =
mar[j].f_num - 1; if(j < (cnt-1)) {j++;} else {j = 0;} for(i= 1; i <= cnt; i++) {
tek = mar[j].fnum-1; l += global_matrix_dist[beg][tek]; beg = tek; if (J < (cnt-1))H j++;}
else {j = 0;} } *len = l; return 0;} int GlobalFind(s_ver* mas_ver, int ver){ int i;
for(i = 0; i < global_matrix_size; i++) {if (mas_ver[i].num == ver) {return i;} } return -1;}

```

```

int FullMemo(){ return 0;}
CTree::CTree(){ int i_max;
    matrix = 0; size_matrix =0;
    ver_horizont = 0; ver_vertical = 0; level = 0;
    ffict = 0; f_end = 0; cnt_marshrut = 0; ver_beg.num = 0;
    ver_beg.f = NOT_FICT; ver_end.num = 0;
    ver_end.f = NOT_FICT; marshrut = 0;
    cut = 0; cnt_cut = 0; Parent = 0; porog = 0;
    cnt_max = 0;
}
CTree::~CTree(){ int i; if
    (size_matrix != 0) {
        for (i = 0; i < sizejmatrix; i++) { delete matrix[i]; } delete matrix; delete ver_horizont; delete
ver_vertical;}
    if (marshrut != 0) { delete marshrut;}
    if (cnt_cut != 0) { delete cut;} int CTree::Init(float* mas[], int size, s_ver* ver_ver, s_ver* ver_hor, int lev, char f, s_mar* mar,
int cnt_mar, s_ver mar_beg, s_ver mar_end, CTree* pred){ int i, j;
    if (matrix == 0) {
        matrix = new float*[size]; size_matrix = size; ver_horizont = new s_ver[size]; ver_vertical =
new s_ver[size]; if (size != sizejmatrix) {
            for (i = 0; i < sizejmatrix; i++) { delete matrix[i]; } delete matrix; delete ver_horizont; delete
ver_vertical;
            matrix = new float*[size]; size_matrix = size; ver_horizont = new s_ver[size];
            ver_vertical = new s_ver[size]; for(i = 0;
i < size; i++) {
                matrixfi = new float[size],-
                for(j = 0; j < size; j++){ matrix[i][0]
                    = mas[i][j];}
                ver_vertical[i] = ver_ver[i];
                ver_horizont[i] = ver_hor[i];} level
= lev; ffict = f;
                marshrut = new s_mar[cnt_mar + 10]; if (level
!=0) {
                    for(i = 0; i < cntjnar; i++) { marshrutfi = mar[i];}
                    cnt_marshrut = cnt_mar;
                    marshrut[cnt_marshrut].beg = mar_beg; marshrut[cnt_marshrut].end = mar_end; cnt_marshrut++;
                }
                ver_beg = mar_beg; ver_end = mar_end; Parent = pred; return 0;
            }
}
int CTree::InitPorog(float p){ porog = p; return 0;}
int CTree::InitCut(s_mar* mar_cut, int cnt_mar_cut){ int i, j, tj;
    char flag_update; int block2_i, block2J;
    AnsiString str1;
    cut = new s_mar[cnt_mar_cut + 2]; for(i
= 0; i < cnt_mar_cut; i++) {
        cut[i] = mar_cut[i];} cnt_cut = cnt_mar_cut;
        cut[cnt_cut].beg = ver_beg; cut[cnt_cut].end =
ver_end; cnt_cut++; flag_update = 1; while
(flagjipdate == 1) { flagjipdate = 0; for (i = 0; i

```



```

< cnt_cut; i++) { for (J =0;j <cnt_cut;j++) {
if(i!=j){
        if (cut[i].beg.num == cut[j].end.num) {
            //Блокируем цикличную ветвь
            block2_i = Find(ver_vertical, cut[i].end.num);
            block2J = Find(ver_horizont, cut[j].beg.num);
            if((block2_i !=-1)&& (block2J !=-1)) {
                matrix[block2_i][block2J] = BLC;
            }
            //Склеиваем маршрут
            cut[i].beg = cut[j].beg; for (tj = j; tj < cnt_cut; t_i++) { cut[t_i]
            = cut[t_i + 1]; } cnt_cut--; flag_update = 1; break;} } }
            if (flag_update == 1) {break;} } } return 0;
}

```

```

int CTree::Process_matrix(){ float* min_str; float* min_stolb; float** zero; float min_a, min_b, max; int i, j, a,
b, tj;

```

```

min_str = new float[size_matrix]; min_stolb = new float[size_matrix]; zero = new
float*[size_matrixJ;
for(i = 0; i < size_matrix; i++) { zero[i] = new float[size_matrixJ;} //Найти
минимальный элемент в каждой строке for(i = 0; i < sizejmatrix; i++) {
min_str[i] = matrix[i][0]; for(j = 0; j < sizejmatrix; j++) {
    if(matrix[i][j] < min_str[i]) {min_str[i] = matrix[i][j];} } //... и
вычесть его из элементов строк for(i = 0; i < sizejmatrix; i++) { for(j = 0; j
< sizejmatrix; j++) {
        if (matrix[i][j] != BLC) {matrix[i][j] = matrix[i][j] - min_str[i];} } //Найти
минимальный элемент в каждом столбце for(j = 0; j < sizejmatrix; j++) {
min_stolb[j] = matrix[0][j]; for(i = 0; i < sizejmatrix; i++) {
    if(matrix[i][j] < min_stolb[j]) {min_stolb[j] = matrix[i][j];} } //... и вычесть
его из элементов столбцов for(j = 0; j < sizejmatrix; j++) { for(i = 0; i <
sizejmatrix; i++) {
        if (matrix[i][j] != BLC) {matrix[i][j] = matrix[i][j] - min_stolb[j];} } //Оценка
нулей
for (i = 0; i < sizejmatrix; i++) { for(j = 0; j <
sizejmatrix; j++) { zero[i][j] = -1;
        if (matrix[i][j] == 0) {//встретили "ноль"
            //Находим минимальный элемент в строке min_a
            = BLC;
            for(a = 0; a < sizejmatrix; a++) { if(a!=j){
                if (matrix[i][a] < min_a) {
                    min_a = matrix[i][a];
                } }
                //Находим минимальный элемент в столбце
                min_b= BLC;
                for(b = 0; b < size_matrix; b++) { if(b != i)
                    {
                        if (matrix[b][j] < min_b) {
                            min_b = matrix[b][j]; } } //Оцениваем... zero[i][j] = min_a + min_b; } }
            //Находим элемент в матрице с максимальной оценкой max = zero[0][0]; cnt_max = 0;

```

```

    for (i = 0; i < sizejmatrix; i++) { for() = 0;
        j < sizejmatrix; j++) { if(zero[i]0
            = max) {
                cnt_max++; } else if(zero[i]0
                > max) {
                    max = zero[i][j]; cnt_max = 0; cnt_max++; } }
//Нашли количество максимальных значений
//Выделяем память
    findj = new int[cnt_max]; findj = new int[cnt_max];
    L = new CTree*[cnt_max]; F1 = new CTree*[cnt_max]; F2 = new CTree*[cnt_max]; tj = 0;
    for (i = 0; i < sizejmatrix; i++) { for(j = 0; j <
        sizejmatrix; j++) { if(zero[i][j] == max) {
            find_i[t_i] = i; findj[t_i] = j; t_i++; } } delete min_str; delete min_sto!b; for(i = 0; i < sizejmatrix; i++) { delete
zero[i]; } delete zero; return 0; } int CTree::CalcPorog(s_ver ver_beg, s_ver ver_end, float* njwrog){ int i, j; if(ver_beg.f==F!CT){
    i = GlobalFind(global_vertical, ver_beg.f_num); } else { i =
    GGlobalFind(global_vertical, ver_beg.num); } if (ver_end.f == FICT) {
j = GlobalFind(global_horizont, ver_end.f_num); } else { j = GlobalFind(gIobal_horizont,
ver_end.num); } *njDorog = porog + globaljmatrixfi[]]; return 0; } int CTree::Find(s_ver*
mas_ver, int ver){ int i; for(i = 0; i < size_matrix; i++) { if (mas_ver[i].num == ver) { return
i; } } return -1; } int CTree::Resize_matrix(float** mas, int ii, int jj){ int i, j, a, b; a = 0; b = 0;
    for(i = 0; i < sizejmatrix; {
        for(j = 0, b = 0; j < sizejmatrix; j++) {
            if((i !=ii)&&(j!=jj)H
                mas[a][b] = matrix[i][j]; b++;
        } }
if((i !=ii)&&(j!=jj)) {a++;} } return 0; } int CTree::Resize_matrix_str(float** mas, int ii, int jj, int bjj, int
size){ int i, a, b; for (i = 0, a = 0, b = 0; i < sizejmatrix; i++) { if(i Mi){
    mas[a++][size - 1] = matrix[i][bjj];
    if 0 J=jj) {
        mas[size - 1][b++] = matrix[ii][i]; } } mas[size - 1][size - 1] = BLC; return 0; } int
CTree::Resize_matrix_stolb(float** mas, int ii, int jj, int bii, int size){ int i, a, b; for (i = 0, a = 0, b = 0; i <
sizejmatrix; i++) { if(i Mi){
    mas[a++][size - 1] = matrix[i][jj];
    if (*r=jj) {
        mas[size - 1][b++] = matrix[bii][i]; } } mas[size - 1][size - 1] = BLC; return 0; } int
CTree::Resize_mas_ver(s_ver* mas_ver, int ii, s_ver* new_mas_ver){ int i, a; for (i = 0, a = 0; i <
sizejmatrix; i++) { if(i != ii) {
    new_mas_ver[a++] = mas_ver[i]; } } return 0; } int CTree::AddFictVer(s_ver* mas_ver_beg,
s_ver* mas_ver_end, int i, int size){ mas_ver_beg[size - 1].f = FICT;
    mas_ver_beg[size - 1].max_cnt_f = mas_ver_end[i].max_cnt_f; mas_ver_beg[size - 1]
].super = mas_ver_end[i].super; if (mas_ver_end[i].f== NOT_FICT) {
    mas_ver_beg[size - 1].лит = (mas_ver_end[i].num * 1000) + 1;
    mas_ver_beg[size - 1].f_num = mas_ver_end[i].num;
    mas_ver_beg[size - 1].cnt_f = 1; } else {
    mas_ver_beg[size - 1].лит = mas_ver_end[i].num + 1;
    mas_ver_beg[size - 1].f_num = mas_ver_end[i].f_num;
    mas_ver_beg[size - 1].cnt_f = mas_ver_end[i].cnt_f + 1; } if (mas_ver_beg[size - 1].cnt_f > (mas_ver_beg[size - 1].max_cnt_f - 1))
{return 1; } else {return 0;} } int CTree::Check_block(){ int i, j; int flag = 0; //Проверка строк
    for (i = 0; i < sizejmatrix; i++) { flag = 0;

```

```

    for (j = 0; j < sizejmatrix; j++) {
        if (matrix[i][j] != BLC) {flag = 1; break;} }
    if(flag==0) {return 1;} }

//Проверка столбцов for 0 ≤ j <
sizejmatrix; j++) {
    flag = 0;
    for (i = 0; i < sizejmatrix; i++) {
        if (matrix[i][j] != BLC) {flag = 1; break;} } if (flag == 0) {return
1;} } return 0;} int CTree::Sim() { float** tempjnas; float**
temp2_mas; s_ver* temp_ver_horizont; s_ver* temp_ver_vertical;
    int i, ijnax; int blockj, blockj, block2J, block2J, bii, bjj, ii, jj; int j, k, m, cnt; float begjium,
tekjium;
    char* mas_f_ver; float newjiorog; int res_L = 0, res_F1 = 0, res_F2 = 0;
    char flag_add_Ver = 0, flag_add_Hor = 0, f_rodn_stolb = 0, f_rodn_str = 0, f_route_str = 0, fjoute_stolb
= 0;

    char f_add_fict_str = 0, f_add_fict_stolb = 0; if
(sygnal_for_end == 1) {return 100;} tempjnas = new
float*[size_matrix + 1]; for(i = 0; i < sizejmatrix + 1;
i++) {
    temp_mas[i] = new float[size_matrix + 1];}
temp_ver_horizont = new s_ver[size_matrix + 1];
temp_ver_vertical = new s_ver[size_matrix + 1]; for(i = 0;
i < size_matrix; i++) {
temp_ver_horizont[i] = ver_horizont[i];
temp_ver_vertical[i] = ver_vertical[i];} //Граничные
условия //1. если матрица 2*2 if (sizejmatrix == 2) {
    //Записать оставшуюся матрицу в массив маршрутов if
((matrix[0][0] == BLC) && (matrix[0][1] == BLC) || (matrix[1][0]
== BLC) && (matrix[1][1] == BLC) || (matrix[0][1] == BLC) &&
(matrix[ 1 ][ 1 ] == BLC) || (matrix[0][0] == BLC) &&
(matrix[1][0] == BLC)) { f_end = 0;
    for(i = 0; i < (sizejmatrix + 1); i++) {delete temp_mas[i];}
    delete tempjnas; delete temp_ver_horizont; delete temp_ver_vertical;
    return 1; }
if ((matrix[0][0] == BLC) || (matrix[ 1 ][1] == BLC)) { marshrut[cnt_marshrut].beg =
ver_vertical[1]; marshrut[cnt_marshrut].end = ver_horizont[0]; cnt_marshrut++;
CalcPorog(ver_vertical[1], ver_horizont[0], &porog); marshrut[cnt_marshrut].beg =
ver_vertical[0]; marshrut[cnt_marshrut].end = ver_horizont[1]; cnt_marshrut++;
CalcPorog(ver_vertical[0], ver_horizont[1], &porog); } else if ((matrix[ 1 ][0] == BLC) ||
(matrix[0][1] == BLC)) { marshrut[cnt_marshrut].beg = ver_vertical[0];
marshrut[cnt_marshrut].end = ver_horizont[0]; cnt_marshrut++;
CalcPorog(ver_vertical[0], ver_horizont[0], &porog); marshrut[cnt_marshrut].beg =
ver_vertical[1]; marshrut[cnt_marshrut].end = ver_horizont[1]; cnt_marshrut++;
CalcPorog(ver_vertical[1], ver_horizont[1], &porog); } else {
marshrut[cnt_marshrut].beg = ver_vertical[1]; marshrut[cnt_marshrut].end =
ver_horizont[0]; cnt_marshrut++; CalcPorog(ver_vertical[1], ver_horizont[0],
&porog); marshrut[cnt_marshrut].beg = ver_vertical[0]; marshrut[cnt_marshrut].end
= ver_horizont[1]; cnt_marshrut++; CalcPorog(ver_vertical[0], ver_horizont[1],
&porog);}

```

```

if (porog <= global_porog) {
    mas_f_ver = new char[global_matrix_size];
    for (i = 0; i < global_matrix_size; i++) {mas_f_ver[i] = 0;}
    beg_num = marshrut[0].beg.num;
    if(marshrut[0].beg.f == FICT) {mas_f_ver[marshrut[0].beg.f_num - 1] = 1; } else {
mas_f_ver[marshrut[0].beg.num - 1] = 1;}
    tekjum = marshrut[0].end.num;
    if (marshrut[0].end.f == FICT) {
        mas_f_ver[marshrut[0].end.f_num - 1] = 1; } else {
mas_f_ver[marshrut[0].end.num - 1] = 1;}
    j = 0; k = I; cnt = 0;
    while ((tek_num != beg_num) && (k == 1)) { tek_num =
        marshrut[j].end.num; if (marshrut[j].end.f == FICT) {
            mas_f_ver[marshrut[j].end.f_num - 1] = 1; } else {
mas_f_ver[marshrut[j].end.num - 1] = 1; } j = 0; k = 0; while (j < cnt_marshrut) {
        if (marshrut[j].beg.num == tek_num) { k = 1; cnt++; break; } j++;}
        //Проверка: По всем ли вершинам мы прошли? t = 1;
        for (i = 0; i < global_matrix_size; i++) {if (mas_f_ver[i] == 0) {m = 0; } } f_end = 4;
        if((k == 1) && (m == 1)) {
            //Сохранить маршрут в глобальной таблице if (porog <
            global_porog) {cnt_table = 0; // Очищаем файл
            StopSim(&hGlobTable);
            StartWriteSim(&hG10bTable, FILE_NAME_GLOB_TABLE);
        }
        FileWriteMar(hGlobTable, marshrut, cnt_marshrut, porog);
        cnt_table++;
    }
    global_porog = porog; f_end = 1; if(cnt_table >= (CNT_TABLE)) {sygnal_for_end = i; } else {
} delete mas_f_ver; } else {
    for(i = 0; i < (size_matrix + 1); i++) {
        delete temp_mas[i]; delete temp_mas; delete temp_ver_horizont; delete temp_ver_vertical; if (f_end == 1) {
            return 0; } else {return 1; } if (Check Jlock() == I) {
        for(i = 0; i < (sizejmatrix + 1); i++) {
            delete temp_mas[i]; delete tempjnas; delete temp_ver_horizont; delete temp_ver_vertical; f_end = 0; return 1; } if (level ==
0) { cntjable = 0; if (fjnode == 1) {
                cntjnax = 2; ijnax = -1; findj = new int[cnt_max]; findj = new int[cnt_max]; L = new CTree *[cntjnax]; F1 = new
                CTree*[cnt_max]; F2 = new CTree *[cntjnax]; if ((f_start_mode == 0) || (f_start_mode == 2)) { i_max++;
                find_i[i_max] = ver_beg.num - 1; //вначале совпадают номера индексов с номером вершины findj[i_max] =
                ver_end.num - 1;
                CalcPorog(ver_vertical[find_i[i_max]], ver_horizont[findj[i_max]], &new_porog); blockj = Find(ver_vertical,
                ver_horizont[findj[i_max]].num); blockj = Find(ver_horizont, ver_vertical[findj[i_max]].num); if( blockj == -1)
                { f_end = 0;
                    return 1; }if (blockj == -1) {fend = 0; return 1; } Resize_matrix(temp_mas, find j[i_max],
                find j[i_max]); Resize_mas_ver(ver_vertical, find_i[i_max], temp_ver_vertical);
                Resize_mas_ver(ver_horizont, findj[i_max], temp_ver_horizont); block i =
                Find(temp_ver_vertical, ver_horizont[find j[i_max]].num);
                    blockj = Find(temp_ver_horizont, ver_vertical[find_i[i_max]].num); if ((blockj !=
                    -1) && (blockj != -1)) { temp_mas[block i][blockj] = BLC; } L[i_max] = new
                    CTree;
                L[1' _maxJ->Inl't(temp_mas, size_matrix - 1, temp_ver_vertical, temp_ver_horizont, level + 1,
                NOT_FICT, marshrut, cnt_marshrut, ver_vertical[find j[i_max]], ver_horizont[findj[i_max]], this);

```

```

L[i_max]->InitPorog(new_porog); res_L +=
L[i_max]->Sim(); delete L[i_max]; L[i_max] = 0; if
(level == 0) { f_end= 100;}; F1 [i_max] = new CTree;
bii = Find(ver_vertical, ver_horizont[find j[i_max]].num); Resize_matrix_stolb(temp_mas, find_i[i_max], findj[i_max], bii,
size_matrix); AddFictVer(temp_ver_vertical, ver_horizont, findj[i_max], size_matrix); AddFictVer(temp_ver_horizont,
ver_horizont, findj [i_max], size_matrix); F1[i_max]->Init(temp_mas, size_matrix, temp_ver_vertical, temp_ver_horizont, level + 1,
N0T_FICT, marshrut, cnt_marshrut, ver_vertical[findj[i_max]], ver_horizont[findj[i_max]], this);
F1 [i_max]->InitPorog(new_porog);
res_F1 +=F1[i_max]->Sim(); delete
F1[i_max]; F1[i_max] = 0; F2[i_max] =
new CTree;
bjj = Find(ver_horizont, ver_vertical[findj[i_max]].num); Resize_matrix_str(temp_mas, findj[i_max], findj[i_max], bjj, sizejmatrix);
AddFictVer(temp_ver_horizont, ver_vertical, fmd_i[i_max], sizejmatrix); AddFictVer(temp_ver_vertical, ver_vertical,
fmd_i[i_max], size_matrix); F2[i_max]->Init(temp_mas, size_matrix, temp_ver_vertical, temp_ver_horizont, level + 1, N0T_FICT,
marshrut, cnt_marshrut, ver_vertical[findj[i_max]], ver_horizont[findj[i_max]], this);
F2[i_max]->InitPorog(newPorog);
res_F2 += F2[i_max]->Sim(); delete
F2[i_max]; F2[i_max] = 0;
}
if ((f_start_mode == 1) || (f_start_mode == 2)) {
i_max++;
find_i[i_max] = ver_beg.num - I; //вначале совпадают номера индексов с номером
вершины
find j[i_max] = ver_end.num - 1;
CalcPorog(ver_vertical[findj[i_max]], ver_horizont[findj[i_max]], &newjPorog); //Удалим
найденную строку и столбец из матрицы и из массивов вершин Resize_matrix(temp_mas, find
j[i_max], find j[i_max]); Resize_mas_ver(ver_vertical, find_i[i_max], temp_ver_vertical);
Resize_mas_ver(ver_horizont, find j[i_max], temp_ver_horizont); //Блокируем в L3 элемент на
пересечении строки findj и столбца findj blockj = Find(temp_ver_vertical,
ver_horizont[findj[i_max]].num); blockj = Find(temp_ver_horizont, ver_vertical[findj[i_max]].num);
if ((blockj != -1) && (blockj != -1)) {
temp_mas[blockj][blockj] = BLC;
}
//Создаем две ветви и инициализируем их
if(block_i = "1) {
F1[i_max] = 0; } else {
bii = Find(ver_vertical, ver_horizont[findj[i_max]].num); Resize_matrix_stolb(temp_mas,
findj[i_max], findj[i_max], bii, size_matrix); flag_add_Ver = AddFictVer(temp_ver_vertical,
ver_horizont, findj [i_max],
size_matrix);
flag_add_Hor = AddFictVer(temp_ver_horizont, ver_horizont, findj [i_max],
size_matrix);
bjj = Find(ver_horizont, ver_vertical[find j[i_max]].num); Resize_matrix_str(temp_mas,
find_i[i_max], findj[i_max], bjj, sizejmatrix + 1); temp_mas[size_matrix - 1 ][sizejmatrix] =
matrix[findj[i_max]][bii]; temp_mas[size_matrix][size_matrix - 1 ] = matrix[bjj][find j[i_max]];

```

```

        flagaddHor = AddFictVer(temp_ver_horizont, ver_vertical, find_j[i_max],
size_matrix + 1);
        flag_add_Ver = AddFictVer(temp_ver_vertical, ver_vertical, find_i[i_max],
size_matrix + 1);

        F1[i_max] = new CTree;
        F1[i_max]->Init(temp_mas, sizejmatrix + 1, temp_ver_vertical, temp_ver_horizont, level + 1,
NOT_FICT, marshrut, cnt_marshrut, ver_vertical[find_jfijnax], ver_horizont[findj[i_max]], this);
        F1[i_max]->InitPorog(new_porog);
        F1[i_max]->InitCut(cut, cnt_cut);
        res_F1 += F1[i_max]->Sim();
        delete F1[i_max];
        F1[i_max] = 0;
    }
        F2[i_max] = 0;
        } delete findj; delete findj; delete L; delete F1; delete F2; L = 0; F1 = 0;
        F2 = 0; cntjnax = 0; //Удаляем найденные маршруты for(i = 0; i <
(sizejmatrix + 1); i++) {
        delete tempjnafi; } delete tempjnax; delete temp_ver_horizont; delete
temp_ver_vertical; return 0; } Processjmatrix();
for (i_max = 0; ijnax < cntjnax; i_max++) {
        //Вычислим порог
CalcPorog(ver_vertical[findj[i_max]], ver_horizont[findj[i_max]], &newj)0rog); if ((ver_vertical[findj[i_max]].num == 5) &&
(ver_horizont[findj[i_max]].num == 4) && (cntjnax == 14)) {
        f_end = 10; } //И. если порог (граница) превышена if
(newj)0rog > globalj)0rog) { f_end = 2; continue; } //2. если
удаляется ранее введенный фиктивный узел
if ((f_control_fict == true) && (f_fict = FICT) && (findj[i_max] != (sizejmatrix - 1) && find j[i_max] !=
(sizejmatrix - 1))) { f_end = 3; continue; }
//Удалим найденную строку и столбец из матрицы и из массивов вершин
Resize_matrix(temp_mas, findj[i_max], findj [ijnax]); Resize_mas_ver(ver_vertical,
findj[i_max], temp_ver_vertical); Resize_mas_ver(ver_horizont, findj[i_max],
temp_ver_horizont); //Блокируем в L3 элемент на пересечении строки findj и
столбца findj blockj = Find(temp_ver_vertical, ver_horizont[findj[i_max]].num); blockj =
Find(temp_ver_horizont, ver_vertical[findj[i_max]].num); if ((blockj != -1) && (blockj
!= 1*)) {
        temp_mas[blockj][blockj] = BLC; }
//Блокируем ветвь ведущую к заикливанию
if(cnt_marshrut > 0) {
if (ver_vertical[findj[i_max]].num == marshrut[cntjnax] - 1).end.num) { block2_i =
Find(temp_ver_vertical, ver_horizont[find j[i_max]].num); block2_j = Find(temp_ver_horizont,
marshrut[cnt_marshrut - 1].beg.num); if ((block2_j != -1) && (block2_j != -1)) {
temp_mas[block2_j][block2_j] = BLC; } } //Поиск родных ветвей
f_rodn_stolb = 0; f_rodn_str = 0; fjoute_str = 0; f_route_stolb = 0; if
(cntjnax > 0) {
        if ((marshrut[cntjnax] - 1).end.num == ver_vertical[find j[i_max]].num) && (marshrut[cntjnax] -
1).beg.f_num == ver_horizont[findj[i_max]].f_num) && (marshrut[cntjnax] - 1).beg.num <
ver_horizont[findj[i_max]].num)) { f_rodn_stolb = 1; } else {
if ((marshrut[cntjnax] - 1).beg.num == ver_horizont[find j[i_max]].num) && (marshrut[cntjnax] -
1).end.fnum == ver_vertical[find_i[i_max]].f_num) && (marshrut[cnt_marshrut - 1].end.num <

```

```

ver_vertical[findj[i_max].num]) { fjodn_str= 1;} } //Создаем три ветви и инициализируем их
if((f_rodn_stolb == 0) || (f_rodn_str == 0)) //||
    olb = 0)) {
        L[i_max] = new CTree;
L[i_max]->Init(temp_mas, sizejmatrix - 1, temp_ver_vertical, temp_ver_horizont, level + 1, NOT_FICT, marshrut, cntjnarshrut,
ver_vertical[find_i[i_max]], ver_horizont[find j[i_max]], this); Lf i_max]->InitPorog(newjwrog); L[i_max]->InitCut(cut, cnt_cut);
res_L += L[i_max]->Sim(); delete L[i_max]; Lf ijmax] = 0;} else {
L[i_max] = 0;} if ((blockj = -1) || (f_rodn_str == 1) || (f_route_str == 1))
{ F1 [i_max] = 0;} else {
        bii = Find(ver_vertical, ver_horizont[findj[i_max]].num); Resize_matrix_stolb(temp_mas, findjfiijmax],
        findj [ijmax], bii, sizejmatrix); flag_add_Ver = AddFictVer(temp_ver_vertical, ver_horizont, find jfiijmax],
        sizejmatrix); flag_add_Hor = AddFictVer(temp_ver_horizont, ver_horizont, find j[i_max], size_matrix);
        if((flag_add_Ver== 1)|| (flag_add_Hor == 1)) { f_end = 3;
        F1 [ijmax] = new CTree; if
        (f_rodn_stolb== 1) {
                F1[i_max]->Init(temp_mas, sizejmatrix, temp_ver_vertical, temp_ver_horizont, level + 1,
NOT_FICT, marshrut, cnt_marshrut, ver_vertical[find jfiijmax]], ver_horizont[find j[i_max]], this);} else {
                if ((temp_ver_vertical[size_matrix - 1].cnt_f > 1) || (temp_ver_vertical[size_matrix -
1].super ==true)) {
                        F1[i_max]->Init(temp_mas, size_matrix, temp_ver_vertical, temp_ver_horizont, level + 1,
NOT_FICT, marshrut, cntjnarshrut, ver_vertical[find jfiijmax]], ver_horizont[findj[i_max]], this);
                        f_route_stolb = 1;} else {
                                F1[i_max]->Init(temp_mas, sizejmatrix, temp_ver_vertical, temp_ver_horizont, level + 1,
FICT, marshrut, cntjnarshrut, ver_vertical[findjfiijmax]], verjiorizontffindjfiijmax]], this);} }
        F1 [ijmax]->InitPorog(newjwrog); F1 [i_max]->InitCut(cut, cnt_cut); res_F1
        += F1[i_max]->Sim();delete F1[i_max]; F1[i_max] = 0;
        } }
if ((blockj == -1) || (f_rodn_stolb = 1) || (f_route_sto!b == 1)) { F2[i_max] =
0;} else {
        bjj = Find(ver_horizont, ver_vertical[findj[i_max]].num); Resize_matrix_str(temp_mas, findjfiijmax], find
        jfiijmax], bjj, sizejmatrix); flag_add_Hor = AddFictVer(temp_ver_horizont, ver_vertical, fmd_i[i_max],
        sizejmatrix); flag_add_Ver = AddFictVer(temp_ver_vertical, ver_vertical, findjfiijmax], sizejmatrix); if
        ((flag_add_Ver == 1) \\ (flag_add_Hor == 1)) { f e n d = 3;} else { F2f ijmax] = new CTree; //Если ветвь
        родная... if(f_rodn_str== 1) {
                F2[i_max]->Init(temp_mas, size_matrix, temp_ver_vertical, temp_ver_horizont, level + 1 ,
NOT_FICT, marshrut, cntjnarshrut, ver_vertical[findjfiijmax]], verjiorizontffindj[i_max]], this);} else {
                if ((temp_ver_horizont[size_matrix - 1].cnt_f > 1)|| (temp_ver_horizont[size_matrix -
1].super == true)) {
                        F2[i_max]->Init(temp_mas, sizejmatrix, temp_ver_vertical, temp_ver_horizont, level + 1 ,
NOT_FICT, marshrut, cntjnarshrut, ver_vertical[findjfiijmax]], ver_horizont[findj[i_max]], this);
                        f_route_str = 1;} else {
                                F2[i_max]->Init(temp_mas, sizejmatrix, temp_ver_vertical, temp_ver_horizont, level + 1 , FICT, marshrut, cntjnarshrut,
ver_vertical[findjfiijmax]], verjiorizontffind jfiijmax]], this); } } F2[ijmax]->InitPorog(newjwrog); F2 [i_max]-> InitCut(cut, cnt_cut);
res_F2 += F2[i_max]->Sim(); delete F2[i_max]; F2[i_max] = 0; } } //ijmax if (f_write_file == 1) { if (level == 0) {
        close(handle);} } delete findj; delete findj; delete L; delete F1; delete F2;

```

```

L = 0; F1 = 0; F2 = 0; cntjmax = 0; //Удаляем
найденные маршруты
for(i = 0; i < (size matrix + 1); i++) { delete tempjnasfi; } delete tempjnas; delete temp_ver_horizont; delete
temp_ver_vertical;

if ((res_L == 0) || (res_F1 == 0) || (res_F2 == 0)) {return 0;} else {return 1; } } int

CTree::Delete(){ int ijmax;
for (ijmax = 0; ijmax < cntjmax; i_max++) { if(L[ijmax] !=0) {
L[i_max]->Delete(); delete L[i_max];} if (F1
[ijmax] !=0) {
F1[i_max]->Delete(); delete F1 [ijmax];} if(F2[i_max]
!= 0) {
F2[i_max]->Delete(); delete F2[i_max];} } if (cntjmax != 0) { delete findj; delete findj; delete L; delete F1; delete F2; L = 0;
F1 = 0; F2 = 0; cntjmax = 0;} return 0;} int CTree::LoadMatrix(float** mas, float* ver, int size, s_ver* ver ver, s_ver* ver hor,
float** masjdist){ int

U;

if (global_matrix_size == 0) {
globaljmatrix = new float*[size]; global_matrix_dist = new float*[size]; global_matrix_size =
size; global_vertical = new s_ver[size]; global_horizont = new s_ver[size]; g_vershins_weigth =
new float[size];} if (size != global_matrix_size) {
for (i = 0; i < global_matrix_size; i++) { delete global_matrix[i]; delete global_matrix_dist[i]; } delete global_matrix;
delete global_matrix_dist; delete global_vertical; delete global_horizont; delete global_matrix; delete g_vershins_weigth;
globaljmatrix = new float*[size]; global_matrixjlist = new float*[size]; global_matrix_size =
size; global_vertical = new s_ver[size]; global_horizont = new s_ver[size]; g_vershins_weigth =
new float[size];} for(i = 0; i < size; i++) {
global_matrix[i] = new float[size]; global_matrix_dist[i] = new float[size]; for(j = 0; j <
size; j++) {
global_matrix[i][j] = mas[i][j]; global_matrix_dist[i][0] = mas_dist[i][j];} global_vertical[i] =
ver_ver[i]; global_horizont[i] = ver_hor[i]; g_vershins_weigth[i] = ver[i];} return 0;} int
CTree::DeleteMatrix(){ int i;
for (i = 0; i < global_matrix_size; i++) { delete globaljmatrixfi; delete global_matrix_distfi; } delete globaljmatrix; delete
global_matrix_dist;
global_matrix_size = 0; return 0;} float
CTree::GetPorog(){ return globalj30rog;}

```