აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
საინჟინრო-ტექნიკური ფაკულტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ირაკლი მიქელაძე

# ევრაზიული სატრანსპორტო დერეფნის სამხრეთ კავკასიის უბნის სატრანზიტო პოტენციალის გამოკვლევა და მისი გაზრდის მიზნით ინოვაციური ღონისძიებების შემუშავება

ტრანსპორტის ინჟინერიის დოქტორის (0716.1.1) აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაციის

## ავტორეფერატი

ქუთაისი 2021

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
საინჟინრო-ტექნიკური ფაკულტეტი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: **პროფესორი - ემერეტუსი რანი ჭაბუკიანი**

რეცენზენტები: ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის **პროფესორი ინდიკო აბაშიძე;**

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის **პროფესორი გიორგი ფურცხვანიძე.**

დისერტაციის დაცვა შედგება 2021 წლის „--------“ ---------- $14^{00}$ საათზე საინჟინრო - ტექნიკური ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს მიერ შექმნილ სადისერტაციო კომისიის სხდომაზე. მისამართი: 4600. ქუთაისი. თამარ მეფის ქ. 59, I კორპუსი აუდ. №1114.

დისერტაციის გაცნობა შესაძლებელია აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკაში მისამართზე: 4600. ქუთაისი. თამარ მეფის ქ. 59.

ავტორეფერატი დაიგზავნა “____” _____ 2021 წ.
(თარიღი)

სადისერტაციო საბჭოს
მდივანი, ასოც. პროფესორი _____ /ნ. სახანბერიძე/
(ხელმოწერა)

**თემის აქტუალობა.** სატრანსპორტო საშუალებების განვითარება გულისხმობს არა მარტო საგზაო ქსელების გაფართოებას მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნების ქალაქებსა და რეგიონებს შორის, არამედ იგი საფუძველია წარმოების მიერ შექმნილი პროდუქციის თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით დანიშნულების (მოთხოვნის) ადგილზე მიწოდებისათვის.

გლობალიზაცია და ევროკავშირთან მზარდი ეკონომიკური კავშირები საქართველოს საერთაშორისო ვაჭრობაში სრულად ინტეგრაციის უნიკალურ შესაძლებლობას ქმნის. ტრანსპორტისა და ლოგისტიკის სექტორმა ამ პროცესში ერთ-ერთი გადამწყვეტი როლი უნდა შეასრულოს. ისტორიულ აბრეშუმის გზაზე გამავალი სატრანსპორტო მარშრუტი და მისი ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი რგოლი საქართველო, ევროპა-აზიის შემაერთებელ დერეფანს წარმოადგენს, რომელშიც განვითარებულია თითქმის ყველა სახეობის ტრანსპორტი: სარკინიგზო, საავტომობილო და საჰაერო, ასევე საზღვაო ნავსადგურები და ნავთობ და გაზსადენები, რაც განსაზღვრავს საქართველოს ინტეგრირებას საერთაშორისო სატრანსპორტო ქსელში. ევროკავშირის სატრანსპორტო სისტემაში საქართველოს ინტეგრაცია ნიშნავს ევროპული სტანდარტების დანერგვას, სატრანსპორტო კავშირების გაუმჯობესებას, განვითარებულ ინფრასტრუქტურას და ხარისხიან სერვისებს.

ტვირთების გადაზიდვის ლოგისტიკურ ჯაჭვში უწყვეტი სატრანსპორტო სისტემის უზრუნველყოფისათვის მნიშვნელოვანია არა მხოლოდ ტრანსპორტის თითოეული სახეობის ეფექტური სატრანსპორტო სისტემის შექმნა, არამედ სხვადასხვა სახის ტრანსპორტის ურთიერთმოქმედება. ტვირთნაკადების ერთი სახის ტრანსპორტიდან მეორეზე გადაცემის პროცესის მნიშვნელოვან პუნქტს მიეკუთვნება პორტები და პორტისწინა სადგურები.

ტვირთების გადაზიდვის ლოგისტიკურ ჯაჭვში ერთერთ მნიშვნელოვან რგოლს წარმოადგენს მაღალხარისხოვანი საბაჟო სერვისის დანერგვა, საბაჟო კონტროლისა და დოკუმენტაციის გაფორმებისას ეფექტური ინოვაციური ტექნოლოგიების გამოყენება, რომელიც ითვალისწინებს აგრეთვე საერთაშორისო სტანდარტებთან ქვეყნის კანონმდებლობის შესაბამისობას.

დღეს მსოფლიოში კონტეინერებით გადაიზიდება საკონტეინერო ტვირთების დაახლოებით 55%. 2025 წლისთვის მოცემული მაჩვენებელის ზრდა არსებულის 70%-ის ფარგლებში არის პროგნოზირებული. გაეროს ეკონომიკური და სოციალური კომისიის პროგნოზის მიხედვით მსოფლიო საკონტეინერო გადაზიდვები უმოკლეს ვადაში მიაღწევენ 577 მილიონ TEU-ს.

უკანასკნელ წლებში შეიმჩნევა საქართველოს ნავსადგურებში გადამუშავებული და რკინიგზით გადაზიდული კონტეინერების მნიშვნელოვანი რაოდენობრივი ზრდა. 2019 წელს სარკინიგზო-საკონტეინერო გადაზიდვები 2018 წელთან შედარებით 39.0%-ით არის გაზრდილი. 2020 წლის იანვარ-ივლისის

პერიოდში გადამუშავდა 47, 306 TEU, რაც 2019 წლის ანალოგიურ პერიოდთან შედარებით 8.3%-ით მეტია (43, 687 TEU).

მიუხედევად ბოლო წლებში კონტეინერებით გადაზიდვების ზრდისა, არსებობს პრობლემები სხვადასხვა სახის ტრანსპორტის ურთიერთქმედების სფეროში. ხდება ვაგონებისა და გემების მოცდენები, სხვადასხვა სტანდარტების სისტემას მივყავართ დოკუმენტების რაოდენობრივ ზრდადამდე, სარკინიგზო-საზღვაო გადაზიდვებში საექსპორტო და საიმპორტო ტვირთების გაფორმების პროცედურების დროის ხანგრძლივობის გაზრდის გამო მცირდება სარკინიგზო ტრანსპორტის კონკურენტუნარიანობა.

სადისერტაციო სამუშაოს კვლევის სფეროს წარმოადგენს კონტეინერნაკადის გადაცემისას საზღვაო და სარკინიგზო ტრანსპორტის ურთიერთქმედების პროცესის კვლევა, რომელიც გავლენას ახდენს ევრაზიული სატრანსპორტო დერეფნის სამხრეთ კავკასიის უბნის ეფექტურობის ამაღლებაზე. აღნიშნული ადასტურებს სადისერტაციო თემის აქტუალობას.

**სამუშაოს მიზნები და ამოცანები.** ევრაზიული სატრანსპორტო დერეფნის საქართველოს უბანზე სატრანზიტო პოტენციალის ამაღლება, საბაჟო გაფორმების პროცედურების სრულყოფით და პორტებსა და პორტისწინა სადგურებში კონტეინერნაკადების მიწოდებისას საზღვაო და სარკინიგზო ტრანსპორტის ურთიერთქმედების პროცესის პარამეტრების გამუჯობესებით.

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

- საქართველოსა და საზღვარგარეთ სატრანსპორტო დერეფნების და საკონტეინერო გადაზიდვების სფეროში არსებული მდგომარეობის თეორიულ-პრაქტიკული კვლევების ანალიზი;
- საბაჟო სამსახურის ადმინისტრირების ნორმატიულ-სამართლებრივი ბაზის ანალიზი და მისი გაუმჯობესების ღონისძიებების შემუშავება;
- საზღვაო პორტის და პორტისწინა სარკინიგზო სადგურებში კონტეინერების ორმხრივი ჩანაცვლების პროცესის გამოკვლევა დროის დანახარჯების მინიმიზაციაზე;
- საქართველოს საზღვაო პორტებისათვის სარკინიგზო ვაგონების მიწოდების ოპტიმალური რაოდენობის განსაზღვრა;
- პორტებსა და ნავსადგურებში სხვადასხვა სახის სატრანსპორტო საშუალებების ერთობლივი მუშაობის ანალიზი - კვლევის მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით;
- საკონტეინერო ტერმინალის ოპტიმალური მოცულობის განსაზღვრა. საზღვაო და სარკინიგზო ტრანსპორტის ურთიერთქმედების მახასიათებელი ეკონომიკური ეფექტურობის მაჩვენებლის - დამატებითი კაპიტალდაბანდების ანგარიში.

**კვლევის ობიექტი.** ტრანსკავკასიური დერეფნის საქართველოს უბანზე სხვადასხვა სახის ტრანსპორტის ფუნქციონირება, პორტისწინა სარკინიგზო სადგურისა და საზღვაო პორტების ერთობლივი მუშაობა.

**კვლევების მეთოდები.** სატრანსპორტო სისტემის ანალიზი და ქართველი და უცხოელი მეცნიერების კვლევების სისტემური მასალები.

კვლევების ჩასატარებლად შეირჩა სტატისტიკის გამოყენებითი და სპეციალურად დამუშავებული კომპიუტერული პროგრამები, მარაგების მართვის თეორიის, მათემატიკური მოდელირების და კვლევის შედეგების ანალიზის გრაფოანალიზური მეთოდები.

კვლევების ყოველ ეტაპზე გამოყენებული იქნა თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიები.

**ნაშრომის მეცნიერული სიახლე** მდგომარეობს შემდეგში:

- ✓ მარაგების მართვის თეორიის გამოყენებით დამუშავდა სარკინიგზო ვაგონების მიწოდების ოპტიმალური რაოდენობის განსაზღვრის მეთოდიკა;
- ✓ კონტეინერნაკადების მიწოდებისას საზღვაო და სარკინიგზო ტრანსპორტის ერთობლივი მუშაობის კვლევისათვის დამუშავდა მათემატიკური მოდელირების მეთოდიკა;
- ✓ მათემატიკური მოდელის საფუძველზე შექმნილი საანგარიშო ალგორითმით განისაზღვრა, გემების შემოსვლის ინტენსივობაზე და კონტეინერტევადობაზე დამოკიდებულებით საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობა;
- ✓ სამხრეთ კავკასიის სატრანსპორტო დერეფნის საქართველოს უბანზე მიწისზედა და საზღვაო სატრანსპორტო საშუალებების ურთიერთქმედების ტექნოლოგიის გაუმჯობესება;

**პრაქტიკული მნიშვნელობა.** ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება მდგომარეობს იმაში, რომ ჩატარებული კვლევის საფუძველზე შემუშავებული რეკომენდაციები გააუმჯობესებენ: საბაჟო ადმინისტრირების სისტემის მუშაობას ევროკავშირის ქვეყნების ნორმატიულ-სამართლებრივ ბაზასთან მიმართებაში; საზღვაო და სარკინიგზო ტრანსპორტის ერთობლივი მუშაობის ეფექტიანობასა და საკონტეინერო გადაზიდვების სიმძლავრეების ამაღლებას.

პროექტის განხორციელების შედეგად შექმნილი ინტელექტუალური პროდუქტის გამოყენების ძირითადი სფეროებია:

- საქართველოს და მეზობელი ქვეყნების საბაჟო ადმინისტრაცია;
- საქართველოს საზღვაო პორტები;
- ბათუმის საზღვაო აკადემიის შესაბამის მიმართულებით სტუდენტების სასწავლო პროცესი და მომზადება-გადამზადების ტრენინგ-ცენტრები.

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

1. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საინჟინრო ტექნიკური ფაკულტეტის მშენებლობისა და ტრანსპორტის დეპარტამენტის ტრანსპორტის მიმართულების სამეცნიერო-პრაქტიკულ სემინარებზე (ქ. ქუთაისი 2019-2021 წწ.);
2. XXVII საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე (“trans&MOTAUTO19”. 17 - 20.06.2019) ვარნა, ბულგარეთი.
3. III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფეენციაზე ( "HIGH TECHNOLOGIES. BUSINESS. SOCIETY 209" 10-11.03.2019) ზამთრის კურორტი „BOROVETS”, ბულგარეთი.
4. სამეცნიერო ტექნიკური კონფერენცია „შეზღუდული შესაძლებლობების პირთა მისაწვდომობის პრობლემები სამოქალაქო ინფრასტრუქტურაში და განვითარების პერსპექტივები“. ქუთაისი 2019.
5. ბათუმის სახელმწიფო საზღვაო აკადემიის სტუდენტური და სამეცნიერო ონლაინ კონფერენცია, ბათუმი, 27-28 ნოემბერი, 2020 წელი.

**გამოქვეყნებული მასალები.** დისერტაციის მასალების მიხედვით გამოქვეყნებულია 5 ნაშრომი, მათ შორის სამი საერთაშორისო რეცენზირებად ინგლისურენოვან ჟურნალებში. აღნიშნული ჟურნალები რეკომენდირებულია აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საინჟინრო–ტექნიკური ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს მიერ.

**სამუშაოს სტრუქტურა და მოცულობა.** დისერტაცია შედგება ხუთი თავისაგან და შეიცავს 20 ცხრილს, 44 სურათს, 1 დანართს და ლიტერატურის 97 დასახელებას. საერთო მოცულობა შეადგენს 161 გვერდს.

**ნაშრომის პირველ თავში** მოცემულია ახალი აბრეშუმის გზის სატრანსპორტო დერეფნის, სამხრეთ კავკასიის მონაკვეთზე საკონტეინერო გადაზიდვების სფეროში არსებული მდგომარეობის ანალიზი, განხილულია სხვადასხვა სახის საზღვაო პორტის და პორტისწინა სარკინიგზო სადგურის ურთიერთქმედების პროცესი, სარკინიგზო ტრანსპორტით საზღვაო პორტების მომსახურების სახეები.

საერთაშორისო სატრანსპორტო დერეფნებით საკონტეინერო გადაზიდვების სფეროში არსებული მდგომარეობის ანალიზში, სხვადასხვა სახის ტრანსპორტის ურთიერთქმედების თეორიისა და პრაქტიკის საკითხების კვლევებში უდიდესი წვლილი შეიტანეს როგორც საქართველოს ასევე საზღვარგარეთელმა მეცნიერებმა: პ. ქენქაძე, დ. ჯაფარიძე, თ. დოლბაია, ი. დანელია, მ. კრისტოფერი, ი. ანსოფი, კოპაჩინისი, გროსი, რ. ვალუსი, ჯ.ლარსენი, თ. ქირბი, გ.ნიკიფოროვი, ლ. ვარდოვსკი, ო.მალიკოვა ი. შერბინი ა. კუზნეცოვი და ბევრი სხვა.

ევროპა-კავკასია-აზიის სატრანსპორტო დერეფნის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საქართველოს მონაკვეთზე ტვირთნაკადების გატარებას ემსახურება 5 საზღვაო და სარკინიგზო დერეფანი. მსოფლიოში მოქმედი საერთაშორისო დერეფნების შეფასება - შედარებითმა ანალიზმა აჩვენა, რომ ახალი აბრეშუმის გზის უპირატესობები სხვა დერეფნებთან შედარებით მდგომარეობს მარშრუტის სიგრძის სიმოკლესა და ტრანსპორტირების ხარჯების სიმცირეში.

უკანასკნელ პერიოდში მნიშვნელოვნად გაიზარდა პოსტსაბჭოური ქვეყნების სატრანზიტო პოტენციალი, რაც გულისხმობს ქვეყნის ნაციონალური კომუნიკაციებით საერთაშორისო ტვირთების გადაზიდვას (ყაზახეთი-აზერბაიჯანი-საქართველო-ბელორუსია-უკრაინა), ხოლო დანარჩენი ჩამოყალიბდნენ სატრანზიტო დამოუკიდებელ ქვეყნებად (სომხეთი, ყირგიზეთი, ტაჯიკეთი).

ახალი აბრეშუმის გზის სამხრეთ კავკასიის მონაკვეთზე ახალქალაქის გავლით ბაქო-თბილისი-ყარსის სარკინიგზო მაგისტრალი იქცევა საკვანძო მონაკვეთად სატრანსპორტო დერეფანში - „ევროპა-კავკასია- აზია“ (ტრასეკა). ამ სარკინიგზო ხაზით დასაწყისში ვარაუდობენ 3 მილიონი ტონა ტვირთის გადაზიდვას.

ანაკლიის პორტი საქართველოს პირველი ღრმაწყლოვანი პორტი იქნება, რომელიც აღიჭურვება თანამედროვე ტექნიკითა და ინფრასტრუქტურით. პორტის სიღრმე 16 მეტრი იქნება, რომელსაც შეეძლება მიიღოს დიდი ზომის, პანამაქსისა და პოსტპანამაქსის ტიპის გემები ( 8 ათასი – 8,5 ათასი კონტეინერის ტევადობით).

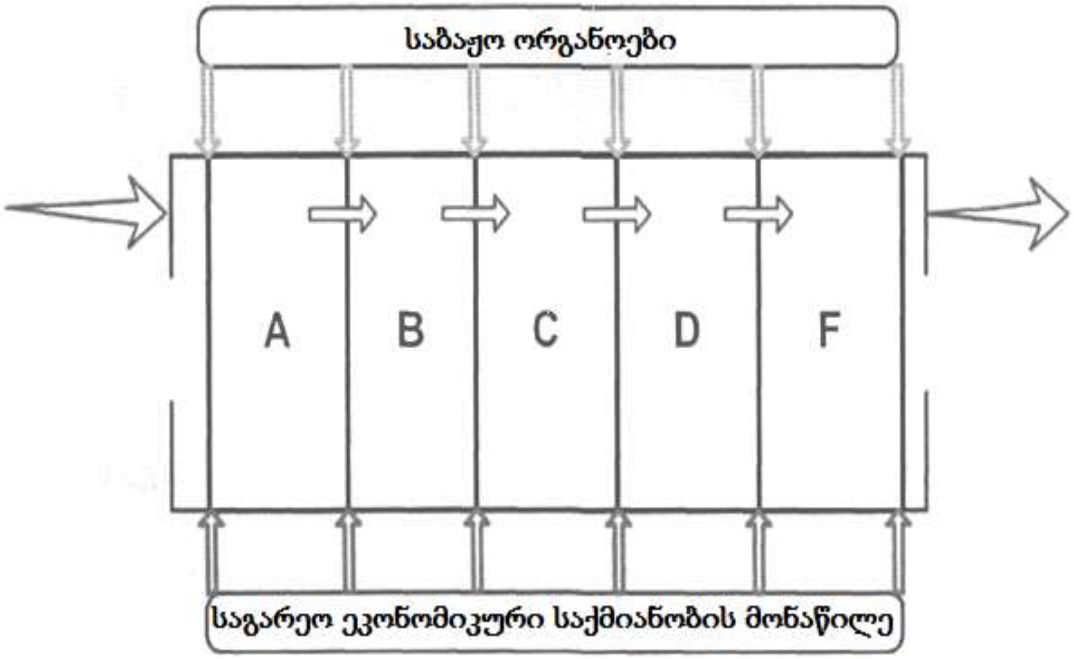
ტრანსკავკასიური დერეფნის საქართელოს მონაკვეთზე უპირველეს ყოვლისა უნდა მოხდეს მიწისზედა და საზღვაო სატრანსპორტო სახეების ურთიერთდამოკიდებულების ჰარმონიზაცია, სარკინიგზო გადაზიდვების მნიშვნელოვანი გაზრდა და საბაჟო საქმეზე დახარჯული დროის შემცირება-უნიფიცირება ევრაზიული დერეფნის სატრანსპორტო პროცესების დამახასიათებელ პარამეტრებთან.

**ნაშრომის მეორე** თავი ეძღვნება სატრანზიტო გადაზიდვის პროცესში საბაჟო ადმინისტრირების სისტემის გაუმჯობესების საკითხს და პრაქტიკული რეკომენდაციების დამუშავებას. საქართველოს საბაჟო მომსახურების სფეროში განვითარებული ქვეყნების გამოცდილების დანერგვა უზრუნველყოფს: საერთაშორისო ეკონომიკური და ფინანსურ ინსტიტუტების ქვეყნის ეროვნული და საერთაშორისო ინტერესების თანხვედრას; საქართველოს სატრანზიტო პოტენციალის რეალიზაციის ეფექტიანობის ამაღლებას; საქართველოს საბაჟო ორგანოების მუშაობის პრაქტიკაში თანამედროვე საინფორმაციო-ლოგისტიკური ტექნოლოგიების დანერგვას. ამ ღონისძიებების დანერგვა საერთაშორისო სატრანზიტო ტვირთების გადაზიდვისას უზრუნველყოფს: საბაჟო მომსახურებაზე დახარჯული დროის მინიმიზაციას; საერთაშორისო და ნაციონალური დოკუმენტაციის უნიფიცირებას; ტვირთების საბაჟო ადმინისტრირების გამჭირვალობის ამაღლებას, საერთაშორისო სტანდარტებთან შესაბამისობაში მოსული საბაჟო კანონმდებლობის ნორმების, წესების და პროცედურების გაუმჯობესებას და ა.შ. ჩამოთვლილი ორიენტირები ეფუძნება საერთაშორისო სტანდარტების და ევროკავშირის საბაჟო სამსახურის საინფორმაციო ტექნოლოგიების ფართო გამოყენებას.

საერთაშორისო სტანდარტის ხარისხის ანუ ISO-ს მოთხოვნებით საქართველოს საბაჟო სამსახურების მუშაობის მიზანია საგარეო ვაჭრობის მონაცემების მრავალფაქტორიანი ანალიზი, დამუშავების საერთაშორისო ავტომატიზირებული

სისტემების ფორმირება, ელექტრონული სისტემების ფართო დანერგვა და საბაჟო საქმის მონიტორინგის და აუდიტის საქმიანობის შემოწმება ინფორმაციების ინტენსიური გაცვლის საშუალებით.

საბაჟო სამსახურის პრაქტიკული საქმიანობა ითვალისწინებს ნაციონალური სატრანსპორტო მარშრუტების ინტეგრაციას მსოფლიო სატრანსპორტო სისტემაში, შავი ზღვის საპორტო ტერმინალების შესაძლებლობების გაზრდას. საბაჟო სამსახურში პერსპექტიული მეთოდების დანერგვა შექმნის საგარეო ვაჭრობის სტაბილურ და ხელსაყრელ გარემოს, უკანასკნელი საშუალებას იძლევა აზია-ევროპის ხაზზე ტვირთების გატარებისას გამოვიყენოთ ინოვაციური მიდგომები, ფორმები და მეთოდები. თანამედროვე ტექნოლოგიებით აღჭურვილი ტრანზიტული ტვირთების საბაჟო გაფორმების სქემა (სურ.1) გულისხმობს საბაჟო გაფორმების ერთი ფაზიდან მეორეზე უწყვეტი გადასვლას. ფაზების პირობითი აღნიშვნები: A - ტვირთების შემოსვლა ნავსადგურებში; B- ტვირთების განთავსება პორტის დროებითი შენახვის საცავში; C - ტვირთის დოკუმენტაციის პაკეტის შემოწმება; D-ტვირთის მომზადება საბაჟო ორგანოებზე გადასაცემათ; F - პორტის ტერმინალიდან ტვირთის ფაქტიური გატანა.




სურ. 1. საზღვაო პორტში სატრანზიტო ტვირთების საბაჟო გაფორმების სქემა.

**Fig. 1. The phases of customs clearance of transit cargo at the seaport (customs authorities; participant of foreign economic activity)**

საბაჟო გაფორმების მოქმედი სისტემის ძირითადი ნაკლია საბაჟო ორგანოს თანამდებობის პირების უშუალო (ფიზიკური) მონაწილეობა ტვირთის თითეულ ფაზაში გადასვლაზე. მაგალითად, ტვირთის დროებითი შენახვის საცავში ტვირთის განთავსება, რეგისტრაცია და დათვალიერება მოითხოვს მასში საბაჟო საპორტო

წარმომადგენლების მონაწილეობას. იგივე ხორციელდება A ფაზაში პორტში შემოსული ტვირთების გადმოტვირთვისას.

ნაშრომში განხილული საბაჟო გაფორმების ტექნოლოგიის ჩარჩოებში არსებობს შესაძლებლობა ფუნქციების ნაწილი გადანაწილდეს საბაჟო ბროკერზე, ანუ მან შეასრულოს საბაჟო ორგანოების სამუშაოს გარკვეული ნაწილი. ამისათვის წარმომადგენელი წარმოადგენს სათანადო საბუთს, დოკუმენტაციას ელექტრონული სახით შემოწმებისა და ანალიზით ტვირთის ფაქტობრივ შემოსვლამდე;

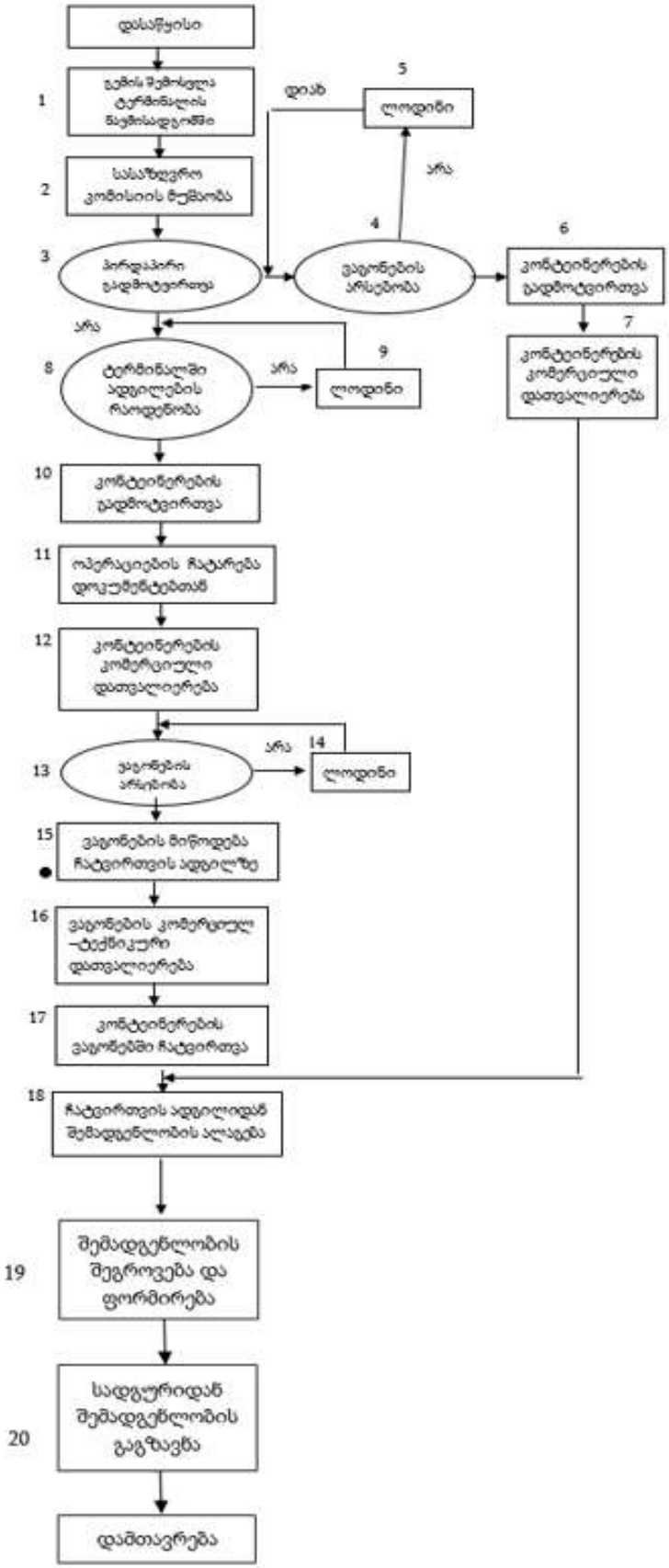
კონტეინერის დროებითი შენახვის საცავში შემოწმება უნდა განხორციელდეს პორტის სამსახურთან ერთად საბაჟო ორგანოს თანამშრომლობის ჩართვის გარეშე, რომელსაც ექნება საქართველოს რეესტში გატარებული შტამპი და ბეჭედი. არანაკლებ მნიშვნელოვანია საბაჟო გაფორმების მეორე გაუმჯობესებელი ელემენტი - წინასწარი საბაჟო გაფორმების ელექტრონული ფორმა.

ნაშრომში შემოთავაზებულია გენერალური აქტი, რომლის შესადგენად გამოიყენება ე.წ. ,,სცენარული ანალიზის მეთოდიკა“. აღნიშნულმა შეიძლება შეცვალის საბაჟო დათვალიერების აქტი, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს საბაჟო გაფორმების დროის დანაკარგებს.

თანამედროვე ეტაპზე მოქმედებს ეკონომიკური ოპერატორის უფლებამოსილი ინსტიტუტი. საქართველოს სატრანზიტო გადაზიდვებში საჭიროა დაშვებული იქნა ,,ულებამოსილი ეკონომიკური ოპერატორის“ ცნება ეს და სხვა სიახლეები საჭიროა დაინერგოს საბაჟო გაფორმების პრაქტიკაში, რათა წარმატებით გადაიჭრას სატრანსპორტო ლოგისტიკის ინდუსტრიაში ტვირთზიდვის მართვის სისტემის ამოცანები TMS-ის სისტემით.

**ნაშრომის მესამე თავში** ჩატარებულია სარკინიგზო და საზღვაო ტრანსპორტის ურთიერთქმედების კვლევა, კონტეინერების გადაცემის პროცესის მომენტში, ეტაპობრივი მოდელირებით. დასმული ამოცანის შესრულების დროს უზრუნველყოფილი უნდა იყოს: გემებისა და სარკინიგზო ვაგონების მოცდენის მინიმიზაცია; დატვირთვა-დაცლის მანქანების დროის დანახარჯების შემცირება; ტვირთების მაქსიმალური გადაზიდვა პირდაპირი გზით.

კვლევის საწყის ეტაპზე შერჩეული იქნა საზღვაო პორტისა და პორტისწინა სადგურის მუშაობის ე.წ. დესკრიპტიული მოდელი (სურ.2), რომელიც გულისხმობს ყველა საჭირო პროცედურის თანმიმდევრულ შესრულებას. შინაარსობრივად აღწერილი ბლოკ–სქემაში გამოყოფილია 20 ძირითადი ოპერაცია კონტეინერული ნაკადების ორმხრივი მოძრაობის შესახებ (ზღვიდან ხმელეთზე და პირიქით).




სურ.2. საზრვაო პორტისა და პორტისწინა სარკინიგზო სადგურის დისკრეპტული მოდელი.

**Fig. 2. A descriptive model of the sea port and the pre-port railway station**

დღეისათვის ევროკავშირის ქვეყნების სატრანსპორტო სისტემების განვითარების ერთადერთ მიმართულებას წარმოადგენს მომიჯნავე სახის სატრანსპორტო საშუალებების ურთიერთქმედების პრობლემები, გარემოს დაბინძურების შემცირება და მობილობის ზრდა, რომელიც წარმოადგენს საერთაშორისო კვლევის ობიექტს. ეს პრობლემა ჩვენს მიერ განხილულია ბათუმისა და ფოთის პორტების მაგალითზე - ე.წ. მასობრივი მომსახურების თეორიის გამოყენებით და შესაბამისად მათემატიკური მოდელირებით (მოდელი, მოდელის კვლევა და მოდელის გამოყენება). იგი შედგება ოთხი კომპონენტისაგან: საზღვაო ტრანსპორტი, რომელშიც შედის და გამოდის ტვირთნაკადები, სარკინიგზო, საკონტეინერო და საავტომობილო ტრანსპორტისაგან.

,,საზღვაო პორტი – სარკინიგზო სადგური და ავტომაგისტრალი“ როგორც ერთიანი სისტემა ხასიათდება ზომის სხვადასხვა ერთეულებითა და ზღვრებით.

საზღვაო პორტის მუშაობის პარამეტრებია: პორტის წლიური ტვირთბრუნვა; კონტეინერმზიდი გემის ტიპი; მისადგომების რაოდენობა პორტში; ნავიგაციის ხანგრძლივობა; გემების მომსახურე ტექნოლოგიური ხაზების რაოდენობა; ტექნოლოგიური ხაზის საექსპლუატაციო მწარმოებლობა; გემის დამუშავების დრო.

სარკინიგზო ტრანსპორტის სამუშაო პარამეტრებია: პორტისწინა სარკინიგზო სადგურის წლიური ტვირთბრუნვა; სალიანდაგო გზების სიგრძე და რაოდენობა; ერთ მიწოდებაზე ვაგონების რაოდენობა; სარკინიგზო ტრანსპორტის მომსახურე ტექნოლოგიური ხაზების რაოდენობა; ტექნოლოგიური ხაზის „სარკინიგზო ფრონტი-შენახვის ზონა“ ტექნიკური მწარმოებლობა; მიწოდებული ვაგონების დამუშავების დრო.

ზეოთჩამოთვლილი ყველა პარამეტრი სქემატურად დაკავშირებულია ერთმანეთთან ისეთნაირად, რომ მოიცავს მხოლოდ იმ პარამეტრებს და მათ შორის კავშირს, რომელებსაც აქვს მნიშვნელობა ნაშრომში დასმული ამოცანის გადაწყვეტისათვის.

დანახარჯები ვაგონების პარტიის მიწოდებაზე პორტის მისადგომთან არაა დამოკიდებული მიწოდებული ვაგონების რაოდენობაზე. დავუშვათ დანახარჯების ეს მუდმივი ნაწილი არის $C_1$. დროის ერთეულში პორტის მისასვლელ სალიანდაგო გზაზე ვაგონის ლოდინით გამოწვეული არამწარმოებლური დანახარჯით ( $C_{\partial}$ ) და დროის θ ინტერვალში სადგურში ვაგონების მარაგით ($N$) უნდა განისაზღვროს ერთი მიწოდებისას ვაგონების ის რაოდენობა n, რომლის დროსაც ჯამური დანახარჯი იქნება მინიმალური.

დროის $T$ ინტერვალში დანახარჯები შენახვაზე ტოლია $\frac{1}{2}n \cdot c_{\partial} \cdot T$ ანუ დანახარჯი ერთ მიწოდებაზე შეადგენს

$$C_{\partial} = c_1 + \frac{1}{2}n \cdot c_{\partial} \cdot T$$

პორტის მისადგომთან მიწოდებული ვაგონების რაოდენობა იქნება

$$r = \frac{N}{n} = \frac{\theta}{T} \qquad (1)$$

მაშინ საერთო დანახარჯი დროის θ ინტერვალში იქნება

$$G = \left(c_1 + \frac{1}{2}n \cdot c_{\text{დ}} \cdot T\right) r = \left(c_1 + \frac{1}{2}n \cdot c_{\text{დ}} \cdot T\right)\frac{N}{n} = c_1\frac{N}{n} + \frac{N \cdot T}{2}c_{\text{დ}} = \frac{N \cdot c_1}{n} + \frac{\theta \cdot c_{\text{დ}}}{2}n$$

ამრიგად G – ცვლადი n–ის ფუნქციაა ცნობილი პარამეტრებით N, θ, $c_{\text{დ}}$, $c_1$

$$G(n) = \frac{N \cdot c_1}{n} + \frac{\theta \cdot c_{\text{დ}}}{2}n$$

შემოვიღოთ აღნიშვნა:

- საერთო დანახარჯი მიწოდებაზე

$$G_1 = \frac{N \cdot c_1}{n}$$

- საერთო დანახარჯი მოცდენაზე

$$\mathrm{G}_{\text{დ}} = \frac{\theta \cdot \mathrm{c}_{\text{დ}}}{2}\mathrm{n}$$

ამასთან ერთად ჯამი $G(\mathrm{n}) = G_1 + G_{\text{დ}}$ , n – ის რომელიმე სიდიდისას უნდა ქონდეს მინიმუმი.

თუმცა ცნობილია, ორი ცვლადი სიდიდის ჯამის მინიმუმი მათი წარმოებულის მუდმივობისას დადგება მაშინ, როცა ეს სიდიდეები ერთმანეთს გაუტოლდებიან.

მოცემულ მოდელში

$$G_1 \cdot G_{\text{დ}} = \frac{1}{2}N \cdot \theta \cdot c_1.c_{\text{დ}} = \text{const}$$

შესაბამისად $G_1 + G_{\text{დ}}$ მინიმუმი მიიღწევა (სურ.3.6), როცა $G_1 = G_{\text{დ}}$, ანუ

$$\frac{N \cdot c_1}{n} = \frac{\theta \cdot c_{\text{დ}}}{2}n \qquad (.2)$$

მაშასადამე მიწოდებისას ვაგონების ოპტიმალური რაოდენობა ტოლი იქნება

$$n = n_0 = \sqrt{2\frac{N \cdot c_1}{\theta \cdot c_{\text{დ}}}}$$

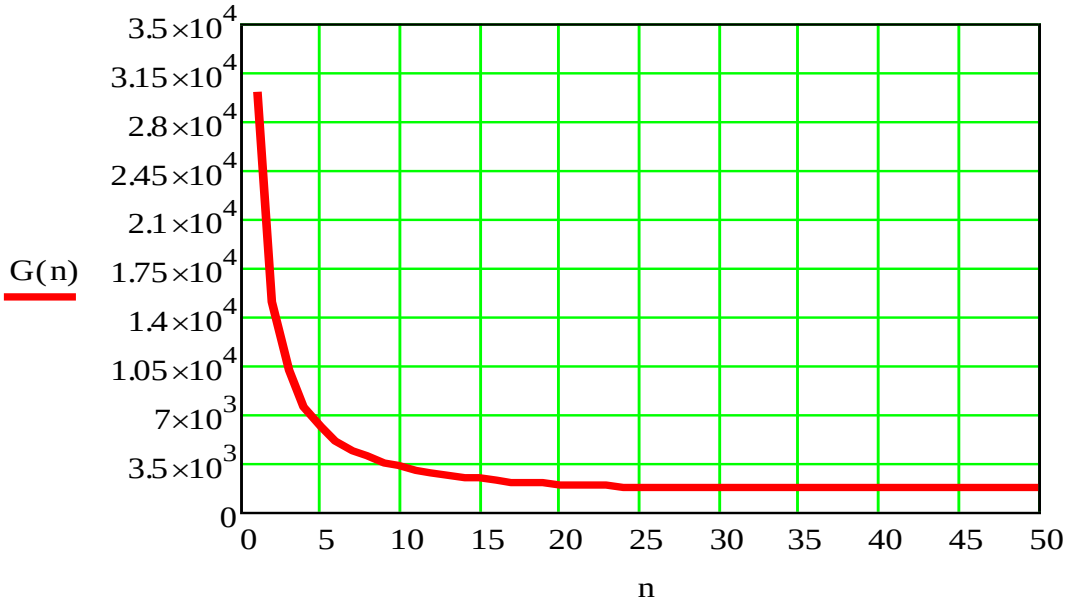
თუ (2)–ს ჩავსვამთ (1) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$T = T_0 = \sqrt{2\frac{\theta \cdot c_1}{N \cdot c_{\text{დ}}}} = \frac{\theta}{N}n_0$$

და

$$G_0 = G(n_0) = \sqrt{2N \cdot \theta \cdot c_1 \cdot c_{\text{დ}}}$$

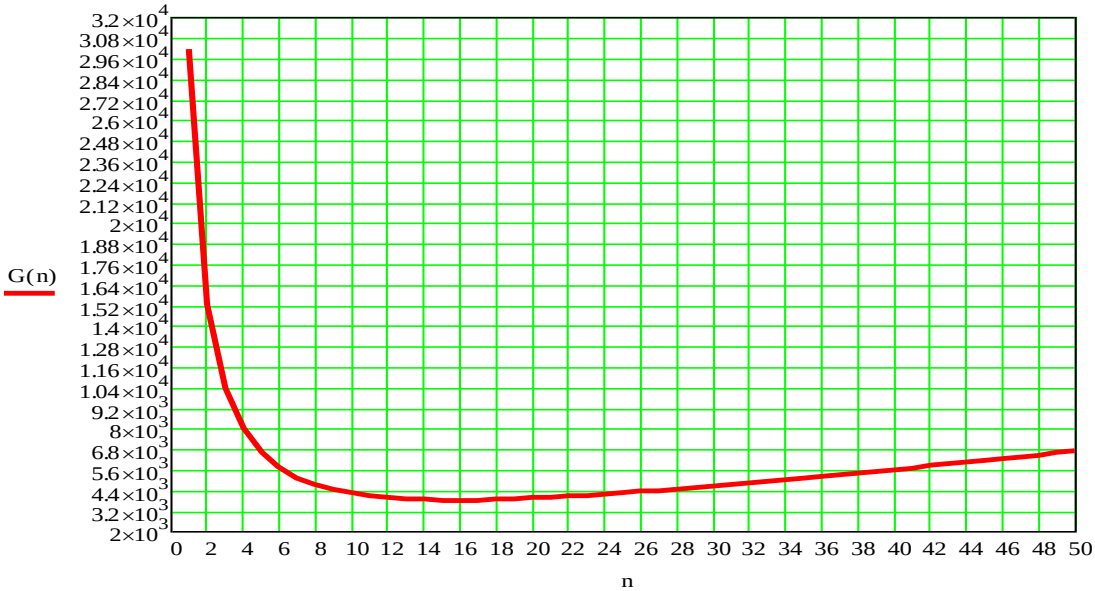
რაც შეეხება დღიურ ანარიცხებს ვაგონების მიწოდებაზე (გადაყვანაზე), ანუ სატერმინალო მომსახურებაზე THC (ზემოდან დაცლა/დატვირთვა და ბორტზე განლაგება შეადგენს 300 აშშ $ (900 ლარი); ვაგონების დღეღამური განლაგება ხორციელდება კვირაში 6-ჯერ და თითო მიწოდებაზე იხარჯება თანხა $C_1$=900/6=150 ლარი. პორტებში ვაგონების არამწარმოებლური დანახარჯი განისაზღვრა ორი ხერხით: პირველი სატარიფო განაკვეთით გაანგარიშებულმა შეადგინა $c_{\text{დ}} =$ 2,08 ლარი/*სთ.*; მეორე ხერხით, ვაგონების მოცდენის ღირებულებამ შეადგინა $c'_{\text{დ}} =$ 10,1 ლარი/სთ . მიწოდებული ვაგონების როდენობაზე დამოკიდებულებით საერთო დანახარჯის $G(n)$ ფუნქციას ვანგარიშობთ მათემატიკური პაკეტის Mathcad-ის გამოყენებით.




სურ.3. დანახარჯების ცვალებადობა ვაგონების მიწოდებაზე (საწყისი მონაცემები: $c_{\text{დ}} = 2{,}02$ ლარი/სთ; $c_1$=150ლარი; $N = 200$ ვაგონი, $\theta = 24$ სთ.)

**Fig. 3. Variation of costs on train car delivery (initial data: $c_c = 2{,}02$ GEL/h; $c_1$= 150 GEL; $N = 200$ train cars, $\theta = 24\ h$.)**

ანგარიშით მიღებული მნიშვნელობების მიხედვით ვაგებთ საერთო დანახარჯების $G(n)$ ფუნქციის მრუდს (სურ.4) დამოკიდებულს მიწოდებული ვაგონების რაოდენობაზე $n$, როცა ცნობილია $N, \theta, c_1, c_{\text{დ}}$ პარამეტრების რიცხვითი მნიშვნელობები.




სურ.4.დანახარჯების ცვალებადობა ვაგონების მიწოდებაზე (საწყისი მონაცემები: $c_{\text{დ}} = 2{,}02$ ლარი/სთ; $c_1$=150ლარი; $N = 200$ ვაგონი, $\theta = 24$ სთ.)

**Fig.4. Variation of costs on train car delivery (initial data: $c_c = 2{,}02$ GEL/h; $c_1$=150 GEL; $N = 200$ train cars, $\theta = 24\ h$.)**

ამგვარად პირველი შემთხვევის ანგარიშის მონაცემების მიხედვით ვაგონების მიწოდების ოპტიმალური რაოდენობა უნდა იცვლებოდეს ზღვრებში 31-დან 39 ვაგონამდე (სურ.3), ხოლო მეორე შემთხვევაში 14-18 ვაგონი (სურ.4). აღნიშნული თეორიული კვლევის შედეგები გამოყენებას ჰპოვებს საზღვაო პორტის და პორტისწინა სარკინიგზო სადგურის მუშაობის მათემატიკური მოდელის აგებაში.

პორტისა და სადგურის ფუნქციონალური დამოკიდებულებისათვის გამოყენებული გვაქვს მათი შეთანხმებული მუშაობის სიმბოლური (აბსტრაქტული) მოდელი; ცნობილია, რომ საზღვაო პორტის ტვირთბრუნვა და კონტეინერმზიდი გემების ტიპები განსაზღვრავენ პორტის მისადგომების რაოდენობას.

გემის გადამუშავების საანგარიშო დრო, სთ-ში იანგარიშება

$$T_{\text{გად}} = \frac{2Q_{\text{კონ}} \cdot K_{\text{ბ}}}{M_{\text{ბ}}}$$

სადაც $Q_{\text{კონ}}$ - გემის კონტეინერტევადობაა, კონტ; $K_{\text{ბ}}$ - გემის კონტეინერტევადობის გამოყენების კოფეიციენტია $K_{\text{ბ}} = 0{,}85$; $M_{\text{ბ}}$ - საზღვაო სატვირთო ფრონტის მწარმოებლობაა კონტ/სთ-ში, რომელიც იანგარიშება ფორმულით:

$$M_{\text{ბ}} = R_{\text{სმ}} \cdot N_{\text{სმ}}.$$

სადაც $R_{\text{სმ}}$ ტექნოლოგიური ხაზის საექსპლოატაციო მწარმოებლობაა, კონ/სთ; $N_{\text{სმ}}$ - ხაზების რაოდენობა.

ვაგონების დამუშავების დრო $T_{\text{დამ.ვ}}$ საათში განისაზღვრება ფორმულით

$$T_{\text{დამ.ვ}} = \frac{2{,}5n}{M_{\text{რკ}}}$$

სადაც 2,5 – კონტეინერების საშუალო რაოდენობაა ერთ ვაგონში, კონტეინერი; $n$ – ერთ მიწოდებაზე ვაგონების რაოდენობა; $M_{\text{რკ}}$ – სარკინიგზო სატვირთო ფრონტის მწარმოებლობა კონტეინერი/საათში იანგარიშება ფორმულით:

$$M_{\text{რკ}} = P_{\text{რკ.ფ}} \cdot N_{\text{რკ.ფ}}$$

სადაც $P_{\text{რკ.ფ}}$ – ტექნოლოგიური ხაზის რკინიგზის ფრონტის საექსპლუატაციო მწარმოებლობაა, კონტ./სთ; $N_{\text{რკ.ფ}}$ – სარკინიგზო ფრონტის ხაზის რაოდენობა.

სადღეღამისო ინტენსივობა, გემი/დღეღამეში

$$\lambda_c = \frac{Q_{\text{ბ}}}{T_{\text{ნ}} \cdot Q_{\text{კონ}} \cdot K_{\text{ტ}}}$$

აქ $Q_{\text{ბ}}$ - პორტის წლიური ტვირთბრუნვაა კონტეინერი/წელიწადში; $Q_{\text{კონ}}$ - გემის ტვირთამწეობა (კონტეინერტევადობა), კონტეინერი.

გემების საანგარიშო რაოდენობა $K$ , რომელიც P=0,9 ალბათობას არ გადააჭარბებს $K_p$ - ს მნიშვნელობას განისაზღვრება

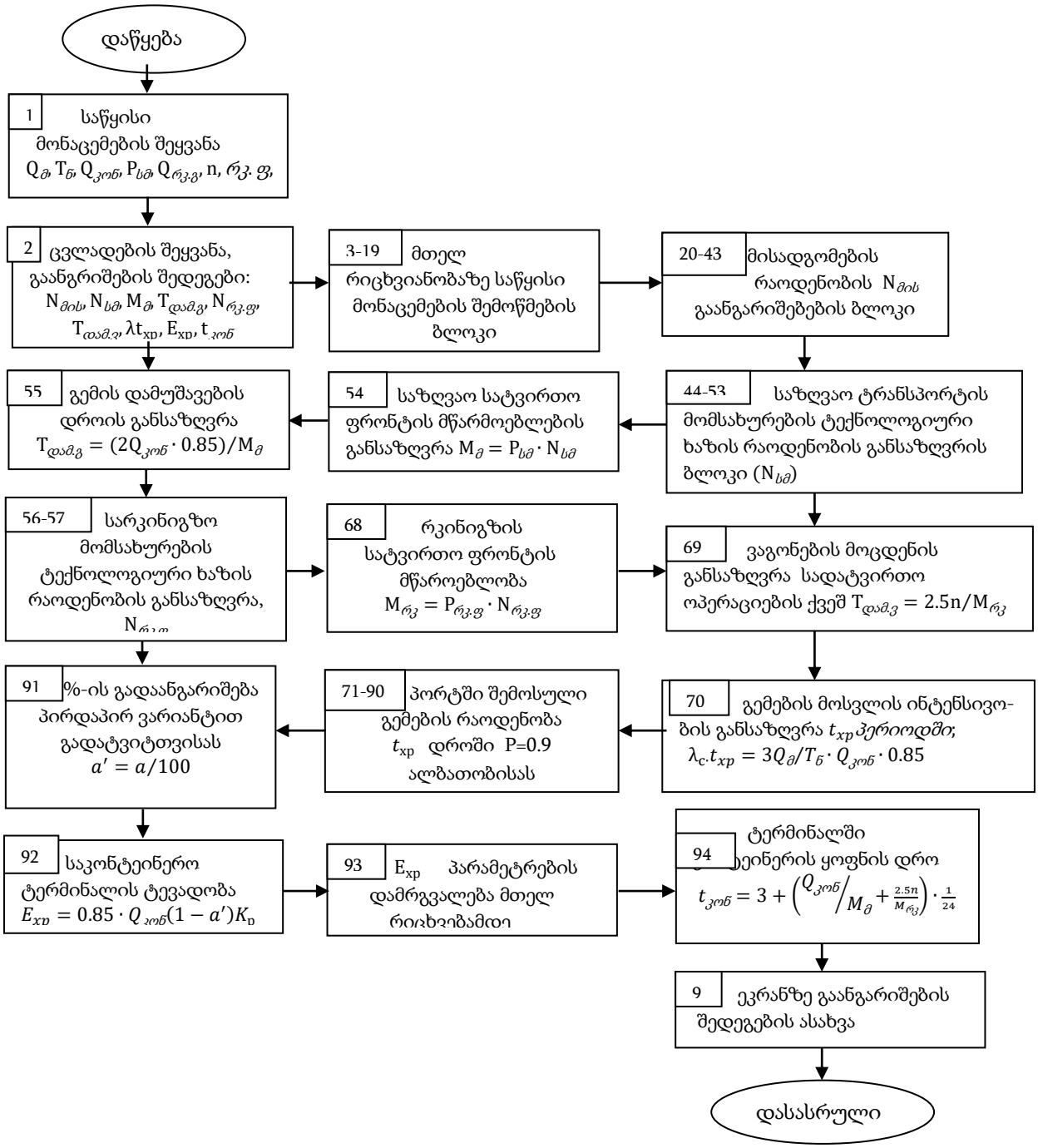
$$P(k < k_p) = \sum_{k=0}^{k=k_p} \frac{(\lambda_c \cdot t_{\text{შენ}})^K}{K!} \cdot e^{-\lambda L_{xp}}$$

კონტეინერების საწყობის მოცულობა გემების პუასონური შემავალი ნაკადის შემთხვევაში შეიძლება გამოითვალოს ფორმულით

$$E_{xp} = Q_{\text{კონ}} \cdot K_{\text{ტევ}} \cdot K_p$$

პორტისა და რკინიგზის სადგურების ურთიერთდამოკიდებულების სიმბოლური სახით ასახვამ საშუალება მოგვცა შეგვედგინა მოდელირების პროგრამის ალგორითმი.

**მეოთხე თავში** აღწერილია საზღვაო და სარკინიგზო ტრანსპორტის ურთიერთქმედების პროცესების, აგრეთვე კონტეინერნაკადის გადაცემისას პორტისა და პორტისწინა სადგურის მუშაობის მათემატიკური მოდელირებით კვლევის ალგორითმი.




სურ 5. სარკინიგზო და საზღვაო ტრანსპორტის ურთიერთქმედების

პროცესის მოდელირების ზოგადი ალგორითმი

საქართველოს სარკინიგზო და საზღვაო ტრანსპორტის ურთიერთდამოკიდებულების მათემატიკური მოდელის რეალიზაცია განხორციელდა Mikrosot Excel (ME) და C++Ruilder(CB) პროგრამების საშუალებით.

სარკინიგზო და საზღვაო ტრანსპორტის ურთიერთქმედების პროცესის მათემატიკური მოდელირების პროგრამის ალგორითმი ზოგადი სახით, რომელიც შეიცავს 95 ბლოკს წარმოდგენილია სურათზე 5. წარმოდგენილი ალგორითმი სრულად ასახავს ამოცანას მთლიანად, ხოლო შემდეგ თითოეული ბლოკის ოპერაცია გამოიკვლევა დაწვრილებით.

მათემატიკური მოდელირება ეხება არა მხოლოდ ერთი პარამეტრის ოპტიმიზაციასა და შერჩევის საკითხს, არამედ ტრანსპორტის ორი სახის ურთიერთობების ცალკეულ უბნებზე სათანადო გაანგარიშებებს: ნავმისადგომების რაოდენობის საანგარიშო ალგორითმი, საზღვაო ტრანსპორტისათვის ტექნოლოგიური ხაზების საშუალო რაოდენობის განსაზღვრის ალგორითმი, სარკინიგზო ტრანსპორტის მომსახურებისათვის ტექნოლოგიური ხაზების გაანგარიშების ალგორითმი, პორტში შემოსული გემების რაოდენობის განსაზღვრის ალგორითმი და ა.შ. (რადგან სქემები ტიპიურია ისინი ავტორეფერატში არ მოგვყავს, იხ. დისერტაცია).

ნაშრომში დასმული ამოცანის შინაარსიდან გამომდინარე პროგრამის მუშაობის უმნიშვნელოვანეს შედეგს, წარმოადგენს $E_{xp}$ და $\lambda^{*}t_{xp}$ პარამეტრების გაანგარიშება. $\lambda_c \cdot t_{xp}$ ნამრავლი ახასიათებს პორტში გემების შემოსვლის ინტენსივობას $t_{xp}$ დროში. ამ ამოცანის პირობებში $t_{xp}$ არის მუდმივი რიცხვი და აიღება 3 დღეღამის ტოლი. რაც შეეხება $\lambda_c$ – ს, ის ცვლადი პარამეტრია და დამოკიდებულია ნავიგაციის პერიოდზე, პორტის ტვირთბრუნვაზე დაგემების ტევადობაზე.

გემების ტევადობაზე დამოკიდებულებით განისაზღვრა საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობა შემავალი გემების პუანსონისეული ნაკადის შემთხვევაში:

$$E_{xp} = Q_{\text{ეონ}} \cdot K_{\text{ტევ}} \cdot K_p$$

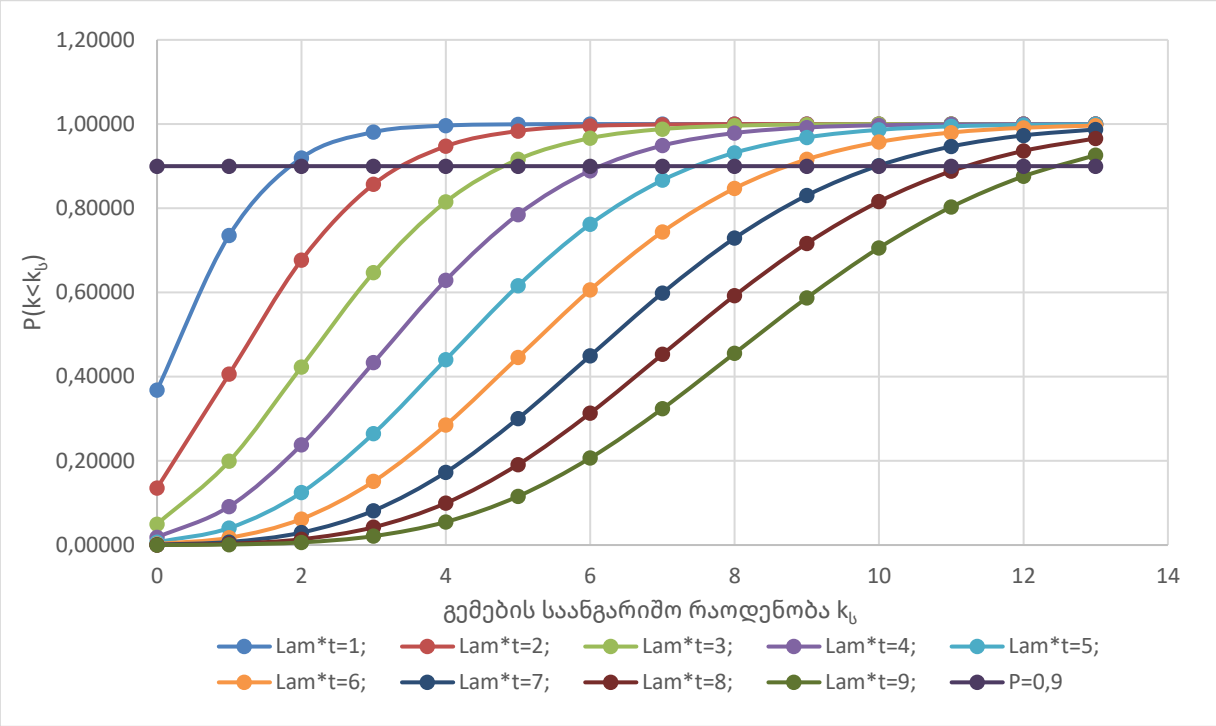
სადაც $Q_{\text{ეონ}}$ – გემის კონტეინერტევადობაა, კონტეინერი; $K_{\text{ტევ}}$ – გემის ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტია, $K_{\text{вм}} = 0{,}85$; $K_{\text{р}}$ – გემების საანგარიშო რაოდენობაა.

თუმცა $K_{\text{р}}$ პარამეტრში აგრეთვე ჩადებულია კონტეინერმზიდი გემის ტევადობა.

$$\left.\begin{aligned} K_{\text{р}} &= f(\lambda_{\text{c}}.t_{\text{xp}}) \\ \lambda_{\text{c}} \cdot t_{\text{xp}} &= \varphi(Q_{\text{ეონ}}) \end{aligned}\right\} \Rightarrow K_{\text{р}} = F(Q_{\text{ეონ}})$$

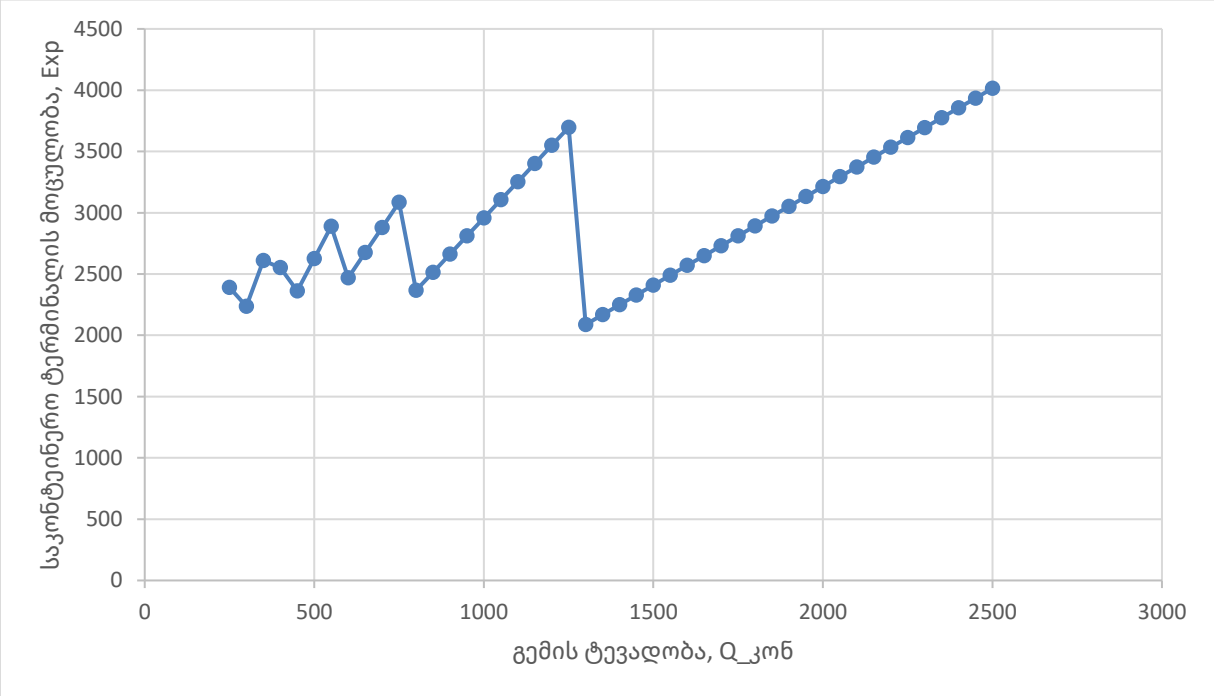
საწყობის ტევადობის კვლევისას ვღებულობთ ალბათობა $P$=0,9, ხოლო გადასაწყვეტი ამოცანის ძირითადი დანიშნულებაა გემების $K_p$ განსაზღვრა, რომლებიც შემოდიან პორტში $t_{xp}$ დროში.

$P(k_p) = f(\lambda_{\text{c}} t_{\text{xp}})$ ალბათობის განაწილების ფუნქცია მოცემულია სურატზე 6.




სურ. 6. გემების პორტში შემოსვლის ალბათობის ფუნქციის განაწილების გრაფიკი, ინტენსივობის სხვადასხვა მნივნელობის დროს.

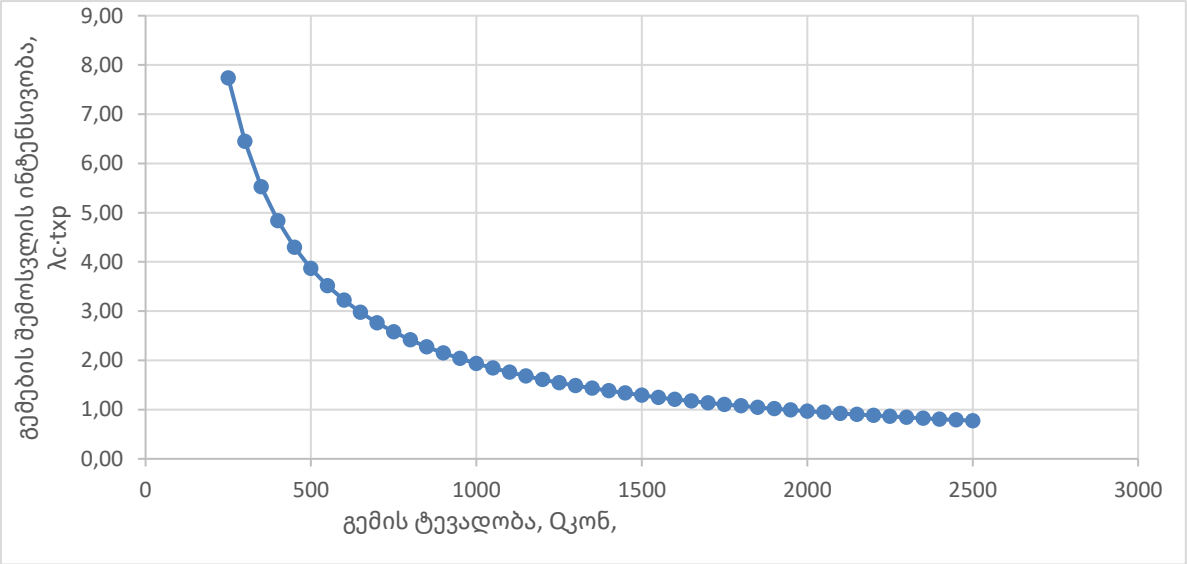
**Fig. 6. The diagram of the ship enetering probability distribution function at various values of intensity (the calculating number of ships).**




სურ. 7. საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობისა და გემის ტევადობის დამოკიდებულების გრაფიკი.

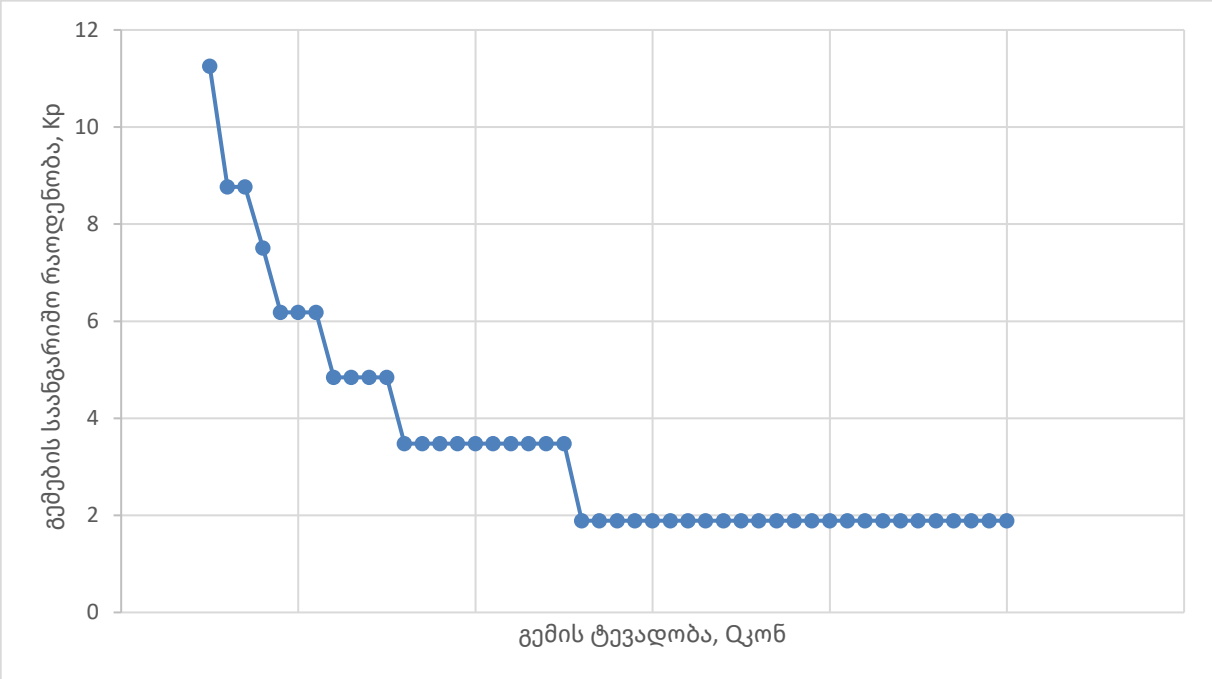
**Fig. 7. Th diagram of the relationship between the container terminal volume and ship carrying capacity (container terminal volume, ship carrying capacity).**

საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობისა და გემის ტევადობის ურთიერთ დამოკიდებულების გრაფიკი $E_{xp} = f(Q_{\text{ვონ}})$ ფუნქციის მრუდები მოცემულია სურათზე 7. ტვირთის შენახვის პერიოდში პორტში გემების შემოსვლის ინტენსივნობის $\lambda_c \cdot t_{xp} = f(Q_{\text{ვონ}})$ და პორტში ერთდროულად შემოსული გემების საანგარიშო რაოდენობის $K_p = f(Q_{\text{ვონ}})$ გრაფიკები შესაბამისად წარმოდგენილია სურათებზე 8 და 9.




სურ. 8. ტვირთის შენახვის პერიოდში პორტში გემების შემოსვლის ინტენსივნობის გემის ტევადობაზე დამოკიდებულების მრუდი

**Fig. 8. Ship entering intensity and ship carrying capacity curve during the cargo storage period (ship entering intensity, ship carrying capacity).**



სურ.9. პორტში ერთდროულად შემოსული გემების საანგარიშო რაოდენობის გემის ტევადობაზე დამოკიდებულების მრუდი.

**Fig.9. The influence curve of the calculating number of ships enetering the port simultaneously and ship carrying capacity (the calculating number of ships, ship carrying capacity).**

გრაფიკიდან (სურ.7) ჩანს, რომ $Q_{კონ}$ -ს ცვლილების განსაზღვრულ ინტერვალში პარამეტრი $\lambda_c \cdot t_{xp}$ არის მუდმივი. ასეთ შემთხვევაში საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობის მნიშვნელობა $E_{xp}$ იცვლება გემების ტევადობის $Q_{კონ}$ პროპორციულად, თუმცა $\lambda_c \cdot t_{xp}$ პარამეტრის ცვლილებით ხდება საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობის მოხმარების შემცირება გემების ტევადობის უმნიშვნელო ზრდისას.

პორტში გემების ფიქსირებული ინტენსივობით მოსვლის შემთხვევაში მათი საანგარიში რაოდენობა რჩება უცვლელი, იმ დროს როცა გემზე კონტეინერების რაოდენობა იზრდება. გემების ტევადობის პროპორციულად იზრდება აგრეთვე საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობაც. გემების მოსვლის ინტენსივობის შემცირება პორტში ხდება იმ მონენტში, როცა გემის ტევადობის მნიშვნელობა მიაღწევს კრიტიკულ ზღვარს.

უნდა აღინიშნოს, რომ კონტეინერმზიდი გემების ტევადობის გაზრდით მცირდება ტვირთის შენახვის პერიოდში პორტში გემების შემოსვლის ინტენსივნობა (სურ.8) და შესაბამისად პორტში ერთდროულად შემოსული გემების საანგარიშო რაოდენობები (სურ.9).

**ნაშრომის მეხუთე თავში** ჩატარებულია სხვადასხვა სახის ტრანსპორტის ურთიერთქმედების სრულყოფის ეკონომიკური დასაბუთება, რომელიც ეყრდნობა საკონტეინერო ტერმინალის ძირითადი მაჩვენებლების ალბათური და ანალიზური მეთოდებით გაანგარიშებულ ტერმინალის მოცულობების ანალიზს.

საზღვაო პორტი, როგორც ლოგისტიკური ჯაჭვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი რგოლი, წარმოადგენს კონტეინერნაკადის უწყვეტობის საუძველს და ასრულებს ე.წ. ინტერფეისის (გადაცემის) ფუნქციას, სატრანსპორტო პორტების ზომების შეთანხმება-შენახვას, მოძრაობის უთანაბრობის დაგლუვებას (ბუფერული ფუნქცია), ტვირთების კომერციული შენახვის (სასაწყობო ფუნქცია) და ტვირთნაკადების გადამუშავებას (ლოგისტიკური ფუნქცია).

ანალიზური მეთოდებით: პორტში გემების მოსვლის უთანაბრობის, გემ-კონტეინერმზიდის ტევადობის და სასაწყობო მარაგების ცვალებადობის გათვალისწინებით გაანგარიშებული საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობები შედარებული იქნა კომპიუტერული პროგრამით გამოთვლილ საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობასთან (2088, 2295). ანგარიშებით მიღებული მნიშვნელობების საფუძველზე განისაზღვრა ანალიზური და ალბათური მეთოდებით საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობებს შორის განსხვავება (Δ).

დამატებითი კაპიტალდაბანდების ანგარიშისთვის სპეციალური მეთოდიკით იანგარიშება 1 მ$^2$ სასაწყობო ფართობების ღირებულება, რომელშიც

გათვალისწინებულია ეროვნული ვალუტის ინფლაციის კოეიციენტი. 200 000 და 250 000 კონტეინერების წლიური ტვირთბრუნვისათვის დამატებითი კაპიტალდაბანდებების გაანგარიშებული მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

| დასახელება და ვარიანტის ნომერი | საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობა $E_{xp}$, კონტეინერი | | პარამეტრი δ, % | | პარამეტრი $\Delta_F$, მ$^2$ | | დამატებითი კაპიტალური დანახარჯი მშენებლობაზე K, პირობითი ერთეული | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ბათუმის საზღვაო პორტი | ფოთის საზღვაო პორტი | ბათუმის საზღვაო პორტი | ფოთის საზღვაო პორტი | ბათუმის საზღვაო პორტი | ფოთის საზღვაო პორტი | ბათუმის საზღვაო პორტი | ფოთის საზღვაო პორტი |
| I. საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობა, საზღვაო ტრანსპორტის უთანაბრო მუშაობის დროს | 2302 | 3452 | 10% | 50% | 713 | 3857 | 4991 | 26999 |
| II. საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობა, გემების კონტეინერის ტევადობის მიხედვით | 2450 | 2450 | 17% | 8% | 1207 | 517 | 8449 | 3619 |
| III. საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობა სასაწყობო მარაგების მიხედვით | 2169 | 2917 | 4% | 27% | 630 | 2073 | 4410 | 14511 |

ამრიგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ წარმოდგენილი მეთოდიკა საშუალებას იძლევა შევაფასოთ საწყობების მოცულობები და ტევადობა იმ შემთხვევაში, თუ მისი ფართი თავისუფალია, გამოვიყენოთ იგი სხვა სახის ტვირთებისათვის, რომელიც ამას საჭიროებენ, ანუ საჭიროებენ შენახვას საწყობში  და არა ვაგონებში.

**ძირითადი დასკვნები**

1. სტატისტიკური მონაცემების ანალიზით დადგინდა, რომ საქართველოს საზღვაო პორტებში შემოსული მზარდი ტვირთნაკადის შემთხვევაში აუცილებელია მომიჯნავე სახის ტრანსპორტის ურთიერთქმედების ახალი დონის სისტემის შექმნა.
2. ევროპული ქვეყნების საბაჟო პრაქტიკასთან საქართველოს საბაჟო სამსახურების საქმიანობის დაახლოების აპრობირებული მეთოდების გამოყენება აამაღლებს საერთაშორისო სატრანზიტო ტვირთების ნაკადების საბაჟო ადმინისტრირების ეფექტურობას
3. კონტეინერნაკადის გადაცემისას სარკინიგზო და საზღვაო ტრანსპორტის ურთიერთქმედების პროცესის ანალიზისათვის რეკომენდირებულია გამოყენებული იქნას ნაშრომში დამუშავებული დისკრეტული, პარამეტრული და სიმბოლური მოდელები.
4. საქართველოს პორტებისათვის, მარაგების მართვის თეორიის გამოყენებით დამუშავებული მეთოდიკის საშუალებით, განისაზღვრა ვაგონების მიწოდების ოპტიმალური რაოდენობა (16-39 კონტეინერ-ვაგონი), რომლის დროსაც საზღვაო და სარკინიგზო ტრანსპორტის ურთიერთქმედების პროცესის შესრულების საერთო დანახარჯი მინიმალურია.
5. საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობისა და გემის ტევადობის დამოკიდებულების მრუდებიდან (სურ. 4.8 და სურ. 4.11) ჩანს, რომ გემის ტევადობის $Q_{კონ}$ ცვალებადობის განსაზღვრულ ინტერვალში გემების მოსვლის ინტენსივობის პარამეტრი $\lambda_c \cdot t_{შენ}$ არის მუდმივი. ამასთან საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობა $E_{xp}$ იცვლება გემების ტევადობის $Q_{კონ}$ პროპორციულად, თუმცა $\lambda_c \cdot t_{შენ}$ პარამეტრის ცვალებადობით სწარმოებს საკონტეინერო ტერმინალის მოცულობის მოხმარების შემცირება გემების ტევადობის უმნიშვნელო ზრდისას.

6. პორტში კონტეინერმზიდი გემების მაღალი ინტენსივობით შემოსვლისას საზღვაო და სარკინიგზო ტრანსპორტის ოპტიმალური ურთიერთქმედებისათვის აუცილებელია კონტეინერები საწყობში მოხვდეს მცირე პარტიებად. ამასთან რაც უფრო ახლოს არის შემოსული და გასული კონტეინერების რაოდენობრივი მახასიათებლები ერთმანეთთან, მით ნაკლებია მარაგების ცვალებადობა საწყობებში და შესაბამისად მით უფრო მცირე იქნება ტერმინალის მოხმარების მოცულობა.

7. კვლევებმა აჩვენა, რომ არსებული ანალიზური მეთოდით გაანგარიშებული საკონტეინერო ტერმინალის საწყობის მოცულობის მნიშვნელობა 8-50 %-ით მეტია ვიდრე დამუშავებული ალბათური კომპიუტერული მოდელირებით, რაც შესაბამისად იწვევს ტერმინალის მოცულობის მშენებლობის კაპიტალდაბანდების გაზრდას.

8. სხვადასხვა მეთოდით 250 ათასი კონტეინერის წლიური ტვირთბრუნვის ტერმინალის მოცულობის ანგარიშისას დანახარჯები კაპიტალდდაბანდებაზე მცირდება 26999-დან 3619 პირობით ერთეულამდე. ეკონომიკურად მიზანშეწონილია საკონტეინერო ტერმინალის გავლით სხვადასხვა სახის ტრანსპორტის ურთიერთქმედების პროცესის კვლევა მათემატიკური მოდელირებით.

**დოქტორანტ ირაკლი მიქელაძის ავტორობით და თანაავტორობით გამოქვეყნებული შრომები:**

**Doctoral student Irakli Mikeladze has authored and co-authored scientific publications as follows:**

1. Mikeladze I., Chabukiani R., Kochadze T., **ANAKLIA DEEP-WATER PORT AS A MAJOR FACTOR OF INCREASING THE TRANSIT CAPACITY OF GEORGIA.** International scientific journal "SCIENS.BUSINESS.SOCIETY".YEAR 4 , Issue 2/2019. **WWW.stumejournals.com**
2. Mikeladze I., Chabukiani R, Kochadze T., **TRANSIT CAPACITIES OF THE SOUTH CAUCASUS TRANSPORT CORRIDOR,** International scientific journal "transport&MOTAUTO WORLD". YEAR IV, Issue 3/2019. WWW.stumejournals.com ;
3. Mikeladze I., Chogovadze J., Chabukiani R. **On the issue of the development of transport systems in post-Soviet countries.** Proceedings of International Scientific Conference "Problems of accessibility of disabled people in urban infrastructure and development prospects" Kutaisi, 2019.
4. Mikeladze I., Chabukiani R. **On the issue of improving the customs administration system of transit traffic.** Proceedings of the online scientific conference of Batumi State Maritim Academy, Batumi, 2020.
5. Irakli Mikeladze, Rani Chabukiani, Teimuraz Kochadze, **Some issues related to increasing the traffic volume and smoothness.** International scienctific journal "transport&MOTAUTO WORLD". YEAR IV**, Issue 1/2021. WWW.stumejournals.com**

**Akaki Tsereteli State University**

**Faculty of Engineering and Technology**



Irakli Mikeladze

# A STUDY ON TRANSIT POTENTIAL OF THE SOUTH CAUCASUS SECTION OF THE EURASIAN TRANSPORT CORRIDOR AND DEVELOPING INNOVATIVE MEASURES TO INCEASE IT

**Field/Specialty: 0407 Transport Engineering**

**The Author's Abstract**

**of the Doctoral Thesis Nominated for Ph Doctor Degree**

**in Transport Engineering**

**Kutaisi 2021**

**Akaki Tsereteli State University**

Faculty of Engineering and Technology

Scientific Advisor: **Professor-emeretus Rani Chabukiani**

Reviewers: Professor **Indiko Abashidze**

Batumi Shota Rustaveli State university

Professor **Giorgi Purtsxvanidze**

Akaki Tsereteli State University

Defense of a thesis will be held _____ $14^{00}$ h.

(date and time)

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

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

The Author's Abstract had been sent out „ ___"_____ 2021.

Dissertation Council

Secretary, Associate Professor _____ / N. Sakhanberidze/

**Topicality of research**

The development of vehicles is not only about the expansion of road networks between cities and regions of different countries of the world, but also it is the basis for the delivery of products created by the production using modern technologies to the destination (on demand).

Globalization and growing economic relationship with the EU help Georgia effectively to join international trading system. The transport and logistics sector must play one of the crucial roles in this process. Georgia is one of the most important transportation routes on the historic Silk Road and Georgia is a connecting corridor between Europe and Asia, which develops almost all types of transport (rail, road and air, as well as seaports and oil and gas pipelines), which leads to Georgia's integration into the international transport system. Integration of Georgia into the EU transport system means the introduction of European standards, the improvement of transport links, developed infrastructure and quality services.

To ensure a continuous transport system in the logistics chain of cargo transportation, it is important not only to create an efficient transport system for each type of transport, but also the interaction of different types of transport. Ports and pre-port stations are an important part of the process of transferring cargo from one type of cargo to another.

One of the important links in the logistics chain of cargo transportation is the introduction of high quality customs service, the use of effective innovative technologies in customs control and documentation, which also ensures the compliance of national legislation with international standards.

Today, about 55% of container shipments are shipped worldwide. Growth of this figure for 2025 is projected at 70% of the current level. According to the UN Economic and Social Commission, world container shipping will reach 577 million TEU in the shortest possible time.

In recent years, there has been a significant increase in the number of recycling containers transported by rail to Georgian ports. In 2019, rail-container shipping increased by 39.0% compared to 2018. In the period January-July 2020, 47,306 TEU were processed, which is 8.3% more than in the same period of 2019 (43,687 TEU).

Despite the growth of container shipping in recent years, there are problems in the area of interaction between different types of transport. Railway cars and ships stand idle, the system of different standards leads to an increase in the number of documents, the competitiveness of rail transport decreases due to the increase in the duration of export and import cargo handling procedures in rail-marine cargo transportation.

The area of research of the dissertation work is the study of the process of interaction between marine and rail transport during transporting container flow, which has an impact on increasing the efficiency of the South Caucasus section of the Eurasian Transport Corridor. This confirms the urgency of the dissertation topic.

**Goal and objectives of research.** Increasing the transit potential of the Eurasian Transport Corridor on the Georgian section, by improving customs clearance procedures and improving the parameters of the process of marine-rail interoperability in the delivery of container flows at ports and pre-port stations.

To achieve the set goal it is necessary to attain the following **objectives:**

- Analysis of theoretical and practical studies on the current situation in the area of transport corridors and container shipping in Georgia and abroad;
- Analysis of the legal framework of the Customs Service administration and elaboration of measures for its improvement;

- Investigating the process of bilateral replacement of containers at seaports and pre-port railway stations to minimize time costs;
- Determining the optimal quantity of rail cars for Georgian seaports;
- Analysis of the joint operation of different types of vehicles in ports and harbors using mathematical research methods;
- Determining the optimal volume of the container terminal, calculating the indicator characterizing the economic efficiency of interaction between maritime and rail transport - additional capital investment.

**Research subject.** The operation of different types of transport on the Georgian section of the Transcaucasian corridor, and joint work of the pre-port railway station and seaports.

**Research methods**

Analysis of transport system and systemic materials from Georgian and foreign researchers

Applied and specially processed computer programs for statistics, and graphical-analytical methods of inventory management theory, mathematical modeling and analysis of research results were selected for the research.

Modern computer technologies were used at each stage of the research.

**The novelty of research** consists in:

- ✓ Methodology for determining the optimal quantity of delivery of railway cars was developed using the theory of inventory management;
- ✓ Mathematical modeling methodology was developed for the study of joint operation of maritime and railway transport during the supply of container flows;
- ✓ Using the calculation algorithm based on the mathematical model, there was determined the volume of the container terminal depending on the vessel call intensity and container capacity;
- ✓ Improving the technology of interaction between land and sea vehicles at the Georgian section of the South Caucasus Transport Corridor.

**Practical bearing.**

The practical value of the paper lies in the fact that the recommendations developed on the basis of the research will improve: the work of the customs administration system in relation to the normative-legal framework of the EU countries; the efficiency of joint work of marine and rail transport and increase the capacity of container shipping.

The main areas of using the intellectual product created as a result of the project implementation are as follows:

- Customs Administration of Georgia and neighboring countries;
- Georgian seaports;
- Training process of students in the relevant area of Batumi Maritime Academy and training-retraining centers.

**<u>Research approbation</u>**

The main provisions and results of the dissertation research were presented in scientific reports and speeches:

1. Akaki Tsereteli State University, Faculty of Engineering, Department of Construction and Transport, Scientific-practical seminars in the field of transport (Kutaisi 2019-2021);
2. XXVII International Scientific Conference ("trans & MOTAUTO19". 17 - 20.06.2019) Varna, Bulgaria.

3. At the III International Scientific Conference ("HIGH TECHNOLOGIES. BUSINESS. SOCIETY 209" 10-11.03.2019) Winter Resort "BOROVETS", Bulgaria.
4. Scientific-Technical Conference "Problems of accessibility of people with disabilities to civil infrastructure and development perspectives". Kutaisi 2019.
5. Batumi State Maritime Academy Student and Scientific Online Conference, Batumi, November 27-28, 2020.

**Published materials.** According to the dissertation materials, 5 papers have been published, including three in international peer-reviewed English-language journals. These journals have been recommended by the Dissertation Council of the Faculty of Technical Engineering of Akaki Tsereteli State University,

**The volume and structure of dissertation.** Dissertation is divided into five chapters, and includes 20 tables, 44 drawings, 1 attachment and list of 97 references. Disertation comprises 161 printing pages.

**The first chapter of the paper** provides an analysis of the current situation in the field of container shipping the South Caucasus section of the New Silk Road transport corridor, discusses the process of interaction between different seaports and pre-port railway stations, and types of seaport services by rail transport.

In the analysis of the current situation in the field of container shipping through international transport corridors, in the study of the theory and practice of various types of transport interactions, both Georgian and foreign scientists have made the greatest contribution: P. Kenkadze, D. Japaridze, T. Dolbaia, I. Danelia, M. Christopher, I. Ansof, Kopachinis, Gross, R. Valus, J. Larsen, Th. Kirby, G. Nikiforov, L. Vardovsky, O. Malikova, I. Sherbin, A. Kuznetsov and many others.

5 sea and rail corridors serve the cargo flows on one of the most important sections of the Europe-Caucasus-Asia transport corridor. A comparative analysis of international corridors in the world has shown that the advantages of the new Silk Road compared to other corridors lie in the shortness of the route length and lower transportation costs.

Recently, the transit potential of post-Soviet countries has significantly increased, which means the transportation of international cargo through the country’s national communications (Kazakhstan-Azerbaijan-Georgia-Belarus-Ukraine), while the rest have become independent transit countries (Armenia, Kyrgyzstan, Tajikistan).

On the New Caucasus section of the New Silk Road, the Baku-Tbilisi-Kars railway passing through Akhalkalaki becomes a key section of the Europe-Caucasus-Asia transport corridor (TRACECA). This railway line is initially estimated to transport 3 million tons of cargo.

Anaklia Port will be the first deep-water port in Georgia, which will be provided with modern equipment and infrastructure. The depth of the port will be 16 meters, which will be able to receive large vessels, Panamax and Post-Panamax type ships (with a capacity of 8 - 8,5 thousand containers).

On the Georgian section of the Transcaucasia corridor, first of all, the interdependence of land and marine transport should be harmonized, the railway transport should be significantly increased and the time spent on customs procedures should be reduced and unified with the Eurasian corridor transport parameters.

**The second chapter** of the paper dwells on the issue of improving the customs administration system in the transit shipment process and the development of practical recommendations. Applying of the experience of developed countries in the field of customs services of Georgia ensures: the coincidence of national and international interests of the international economic and financial institutions of the country; improving the efficiency of realization of Georgia's transit potential; Introduction of modern information-logistics technologies in the work practice of the Georgian customs authorities. The adoption of these measures when transporting international transit cargo will ensure: minimization of time spent on customs services; unification of international and national documents; increasing the transparency of customs administration of goods, improving the norms, rules and procedures of customs legislation in line with international standards, etc. The guidelines listed are based on international standards and the widespread use of information technology of the EU Customs Service.

The purpose of the work of Georgian customs services in accordance with the requirements of international standard quality or ISO is multi-factor analysis of foreign trade data, formation of international automated processing systems, widespread introduction of electronic systems and inspection of customs case monitoring and audit activities through intensive exchange of information.

The practical work of the Customs Service envisages the integration of national transport routes in the world transport system, increasing the capacity of the Black Sea port terminals. The introduction of promising methods in the customs service will create a stable and favorable environment for foreign trade, and the latter allows us to use innovative approaches, forms and methods when handling cargo on the Asia-Europe line. The customs clearance scheme for transit cargo equipped with modern technologies (Fig. 1) implies a continuous transition from one phase of customs clearance to another. Conditional designations of phases are as follows: A - entry of cargoes in ports; B- Placing cargo in the temporary storage facility of the port; C - checking the package of cargo documentation; D-cargo preparation for the delivery to customs authorities; F - Actual handling of cargo from the port terminal.

The main disadvantage of the current system of customs clearance is the direct (physical) participation of customs officials in the transition of cargo to each phase. For example, placing, registering and inspecting cargo in a temporary storage facility requires the participation of customs port representatives. The same is done in the phase A when unloading cargo arriving at the port.

Within the framework of customs clearance technology discussed in the paper, there is a possibility to delegate some of the functions to the customs broker, that is, he/she will perform a certain part of the work of the customs authorities. To do this, the representative submits the appropriate document, as well as electronic version of documentation for inspection and analysis of cargo before the actual arrival.

The inspection of the temporary storage of the container shall be carried out without the involvement of the customs authority in cooperation with the port service, which will have the stamp and the seal registered in the Georgian register. Equally important is the second element of customs clearance - the electronic form of pre-clearance.

The paper proposes a general act, for the compilation of which the so-called "Scenario Analysis Methodology" was used. This may change the customs inspection act, which significantly reduces customs clearance time losses.

At the present stage, there is an authorized institution of economic operator. The notion of "authorized economic operator" along must be introduced in Georgia's transit shipments along with other innovations, in order to successfully address the problems of the cargo management system in the transport logistics industry through the TMS system.

**The third chapter** of the paper dwells on the study of the interaction between rail and maritime transport, at the time of the container transfer process, by step-by-step simulation modeling. When performing the given objective, the following should be ensured: minimization of vessels and train car idleness; reducing loading and unloading time costs; maximum shipment of goods by the direct way.

At the initial stage of the research, the so-called descriptive model was selected for seaport and pre-port station operation that involves the consistent execution of all necessary procedures. In terms of content, the block diagram outlines 20 basic operations on two-way movement of container flows (from sea to land and vice versa).

At present, the only direction for the development of transport systems in EU countries is the problems of interaction of associated vehicles, reducing environmental pollution and increasing mobility, which is the subject of international research. We have discussed this problem using the example of Batumi and Poti ports – using the so-called mass service theory and consequently mathematical modeling (the model, model research, and model application). It consists of four components: maritime transport, which intakes and exits cargo flows, rail, container and road transport.

The "Seaport - railway station and highway" as a single system is characterized by different measuring units and limits.

The operating parameters of the seaport are as follows: annual cargo turnover of the port; the type of the container carrying ship; the number of harbors in the port; duration of navigation; the number of technological lines servicing ships; technological line operation capacity; ship working time.

The operating parameters of the railway transport are: annual cargo turnover of the pre-port railway station; the length and number of railways; the number of train cars per delivery; the number of technological lines serving railway transport; technical capacity of the technological line "Railway Front-Storage Area"; working time of the delivered train cars.

All of the above parameters are schematically related to each other in such a way that they include only those parameters and the connection between them that are important for solving the problems posed in the paper.

The cost of delivering the batch of the train cars to the port harbor does not depend on the number of train cars delivered. Suppose that this constant part of the cost is $C_1$. Using the non-productive cost ( $C_c$) caused by train car detention on the railway and the stock of the train cars at the station ($N$) during a time interval θ, it is necessary to determine the number of train cars $n$ per supply at which the total cost is minimal.

In the time interval $T$ , storage costs are equal to $\frac{1}{2}n \cdot c_c \cdot T$ , per delivery cost is

$$C_s = c_1 + \frac{1}{2}n \cdot c_c \cdot T$$

The number of the train cars delivered to the port berth,

$$r = \frac{N}{n} = \frac{\theta}{T} \tag{1}$$

Then total cost in the time interval θ will be

$$G = \left(c_1 + \frac{1}{2}n \cdot c_{\wp} \cdot T\right) r = \left(c_1 + \frac{1}{2}n \cdot c_{\wp} \cdot T\right)\frac{N}{n} = c_1\frac{N}{n} + \frac{N \cdot T}{2}c_{\wp} = \frac{N \cdot c_1}{n} + \frac{\theta \cdot c_{\wp}}{2}n$$

So, G – I a function of variable n, with the known parameters $\mathrm{N}, \theta, \mathrm{c}_c, \mathrm{c}_1$

$$G(n) = \frac{N \cdot c_1}{n} + \frac{\theta \cdot c_{\wp}}{2}n$$

Let introduce the designation:

- Total cost of delivery

$$G_1 = \frac{N \cdot c_1}{n}$$

- Total cost of detention

$$\mathrm{G}_c = \frac{\theta \cdot \mathrm{c}_c}{2}\mathrm{n}$$

In addition, the sum $G(\mathrm{n}) = G_1 + G_c$ , at a certain value of n should have a minimum.

It is known, however, that the minimum of the sum of two variables will stand at the constant of their derivative when these values are equal to each other.

I a given model

$$G_1 \cdot G_c = \frac{1}{2}N \cdot \theta \cdot c_1.c_c = \mathrm{const}$$

Therefore, the minimum of $G_1 + G_c$ is achieved (Fig.3.6), when $G_1 = G_c$, that is,

$$\frac{N \cdot c_1}{n} = \frac{\theta \cdot c_c}{2}n \qquad (.2)$$

Therefore, the optimal number of the train cars at delivery will be

$$n = n_0 = \sqrt{2\frac{N \cdot c_1}{\theta \cdot c_c}}$$

If we insert (2) in formula (1), we shall obtain:

$$T = T_0 = \sqrt{2\frac{\theta \cdot c_1}{N \cdot c_c}} = \frac{\theta}{N}n_0$$

and

$$G_0 = G(n_0) = \sqrt{2N \cdot \theta \cdot c_1 \cdot c_c}$$

As for the daily charges for delivery (transfer) of the train cars, that is, terminal service THC (loading/unloading from above and onboard deployment is $300 (900 GEL); the daily deployment of the train cars is carried out 6 times a week, and per delivery cost is $C_1$=900/6=150 GEL. The non-productive cost of the train cars in the ports was determined in two ways: the first tariff rate was $c_c = 2{,}08\ GEL/h.$; by the second method, the detention cost of the train car was $c_c' = 10{,}1\ GEL/h$ .

Depending on the number of the delivered train cars, we calculate the G (n) function of the total cost using the Mathcad package.

According to the values obtained through calculations, we construct the curve of a function $G(n)$ of the total costs (Fig. 4) depending on the number of the delivered train cars *n*, when the numerical values of the parameters $N, \theta, c_{1,}c_{\wp c}$ are known.

Thus, according to the first case calculation data, the optimal number of the delivered train cars should vary from 31 to 39 (Fig. 3), and in the second case, from 14 to 18 cars (Fig. 4). The results of this theoretical study are used in the construction of a mathematical model of the operation of the seaport and the pre-port railway station.

We have used a symbolic (abstract) model of their coordinated work for the functional dependence of the port and the station; it is known that the cargo turnover of the seaport and the types of container vessels determine the number of the port berths.

Ship processing time (hours) is calculated as follows:

$$T_{pr} = \frac{2Q_{con} \cdot K_u}{M_c},$$

where $Q_{con}$ – ship container capacity, cont; $K_u$ – ship container capacity se factor $K_u = 0{,}85$; $M_c$ – maritime cargo front capacity (con/h), which is calculated according to the formula:

$$M_c = R_{oc} \cdot N_{oc},$$

where $R_{oc}$ operating capacity of technological line, con/h; $N_{oc}$ – number of lines.

Train car processing time (hours) $T_{pr}$ is calculated according to the formula

$$T_{pr} = \frac{2{,}5n}{M_r},$$

where 2,5 – the average number of containers in per train car; $n$ – the number of train cars per delivery; $M_r$ – rail cargo front capacity (con/h), which is calculated according to the formula:

$$M_r = P_{r.f} \cdot N_{r.f},$$

where $P_{r.f}$ – rail cargo front operating capacity of technological line, con./h; $N_{r.f.}$ – the number of rail cargo front technological lines.

Daily intensity, ship/per day

$$\lambda_c = \frac{Q_{ct}}{T_{pr} \cdot Q_{con} \cdot K_t},$$

where $Q_{ct}$ – annual cargo turnover of the port, con/per year; $Q_{con}$ – hip carrying capacity (container carrying capacity), containers.

The capculated number of ships $K$, which will not exceed P=0,9 probability, the value of $K_p$ is determined

$$P(k < k_p) = \sum_{k=0}^{k=k_p} \frac{(\lambda_c \cdot t_d)^K}{K!} \cdot e^{-\lambda L_{xp}}$$

The capacity of the containers warehouse in the case of Poisson inlet flow of ships can be calculated by the formula

$$E_{xp} = Q_{con} \cdot K_{int} \cdot K_p$$

The symbolic representation of the interrelationships between the port and railway stations allowed us to develop the modeling program algorithm.

**The fourth chapter** describes the research algorithm for the interaction processes of maritime and rail transport, as well as mathematical modeling of the operation of the port and the pre-port station during container flow delivery.

The mathematical model of the interdependence of Georgian rail and maritime transport was implemented through Microsoft Excel (ME) and C ++ Ruilder (CB) software programs.

The algorithm of the mathematical modeling process of the interaction between rail and maritime transport presented in the dissertation contains 95 blocks and fully reflects the set objective.

Mathematical modeling deals not only with the issue of optimizing and selecting a single parameter, but also with proper calculations for individual areas of two types of transport relationships: the algorithm for calculating the number of berths; the algorithm for determining the average number of technological lines for maritime transport; the algorithm for calculating the technological lines for rail transport services; the algorithm for determining the number of

ships entering the port and so on. (Since the schemes are typical they are not included in the author's abstract, you can see them in dissertation).

Based on the content of the problem posed in the paper, the most important result of the program work is the calculation of $E_{xp}$ and $\lambda^{*}t_{xp}$ parameters.

The multiplication $\lambda_c \cdot t_{xp}$characterizes the intensity of ships entering the port during the $t_{xp}$ time. Under this problem condition, $t_{xp}$ is a constant number and is taken to be equal to 3 days. As for $\lambda_c$, it is a variable parameter and depends on the navigation period, and cargo turnover capacity of the port and ships.

Depending on the capacity of ships, the volume of the container terminal was determined for the case of Poisson flow of incoming vessels:

$$E_{xp} = Q_{con} \cdot K_u \cdot K_{p,}$$

where $Q_{con}$ – ship cpntainer carrying capacity, containers; $K_u$ – ship carrying capacity use factor, $K_{\text{вм}} = 0{,}85$; $K_{\text{p}}$ – calculating number of ships.

However, the aparamter $\mathrm{K_p}$ carries also the capacity of the container carrying ship.

$$\left.\begin{array}{r} \mathrm{K_p} = \mathrm{f}(\lambda_{\mathrm{c}}.\mathrm{t_{xp}}) \\ \lambda_{\mathrm{c}} \cdot \mathrm{t_{xp}} = \varphi(\mathrm{Q}_{con}) \end{array}\right\} \Rightarrow \mathrm{K_p} = \mathrm{F}(\mathrm{Q}_{con})$$

When studying the warehouse capacity, we take the probability $P$=0,9, and the main purpose of the problem to be solved is to determine $K_p$ of ships entering the port at time $t_{xp}$.

The $P(k_p) = f(\lambda_{\mathrm{c}}\mathrm{t_{xp}})$ probability distribution function is shown in Figure 6.

The diagram of the relationship between the container terminal volume and ship carrying capacity with the curves of a function $E_{xp} = f(Q_{con})$ shown in Figure 7. The diagrams of the intensity of ships simultaneously entering the port $\lambda_c \cdot t_{xp} = f(Q_{con})$ during the cargo storage period, and the calculating number of ships entering the port simultaneously $K_p = f(Q_{con})$are shown in Figures 8 and 9 respectively.

The diagram (Fig. 7) illustrates that the parameter $\lambda_c \cdot t_{xp}$ is constant in certain interval of variation of $Q_{con}$. In this case, the value of the container terminal volume $E_{xp}$ changes proportionally to $Q_{con}$ of the ships carrying 'capacity, although change in the parameter $\lambda_c \cdot t_{xp}$ reduces the container terminal volume consumption while the ship carrying capacity increases slightly.

In case of arrival of ships at a fixed intensity in the port, their number remains unchanged, while the number of containers on the ship increases. The capacity of the container terminal also increases in proportion to the ships carrying capacity. The decrease in the intensity of ships entering the port occurs at the point when the value of the ship carrying capacity reaches a critical point.

It should be noted that the increase in the capacity of the container carrying ships reduces the intensity of ships entering the port during the cargo storage period (Fig. 8) and, consequently, the calculating numbers of ships entering the port simultaneously (Fig. 9).

**The fifth chapter** of the paper provides an economic rationale for improvng the interaction of different types of transport, based on the analysis of the terminal volumes calculated by the probabilistic and analytical methods of main indicators of the container terminal.

The seaport, as one of the important links in the logistics chain, is the basis for the continuity of the container flow and performs the functions of the so-called Interface

(transmission), compliance and preservation of the dimensions of the transport ports, smoothing of traffic inequality (buffer function), commercial storage of goods (warehousing function) and processing of cargo flows (logistic function).

Using the analytical methods: the container terminal volumes calculated taking into account the inequality of vessels entering the port, the capacity of the ship-container carrier and the variability of warehouse stock were compared with the volume of the container terminal calculated using the computer program (2088, 2295). Based on the values obtained from the calculations, the difference between the container terminal volumes (Δ) was determined by analytical and probabilistic methods.

The cost of 1 $m^2$ of warehousing is calculated by a special method for calculating the additional capital investment, which takes into account the inflation rate of local currency. The calculated values of additional capital investments for the annual turnover of 200,000 and 250,000 containers are given in Table 1.

Table 1

| Version name and number | Container terminal volume, $E_{xp}$, containers | | Parameter δ, % | | Parameter $\Delta_F$, $m^2$ | | The additional capital cost of construction K, standard unit | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Batumi sea port | Poti sea port | Batumi sea port | Poti sea port | Batumi sea port | Poti sea port | Batumi sea port | Poti sea port |
| 1. Container terminal volume during uneven operation of maritime transport | 2302 | 3452 | 10% | 50% | 713 | 3857 | 4991 | 26999 |
| 2. Container terminal volume according to the ships container carrying capacity | 2450 | 2450 | 17% | 8% | 1207 | 517 | 8449 | 3619 |
| 3. Container terminal volume according to warehouse stocks | 2169 | 2917 | 4% | 27% | 630 | 2073 | 4410 | 14511 |

Thus, it can be concluded that the presented methodology allows us to evaluate the volume and capacity of warehouses, if their spaces are free, to use them for other types of cargo that require them, that is, need storage in a warehouse and not in the train cars.

**Basic conclusions**

9. The analysis of statistical data revealed that in case of increasing cargo flow in the seaports of Georgia, it is necessary to create a new-level system of interaction of associated types of transport.

10. The use of proven methods of approximation of the activities of the Georgian customs services to the customs practices of European countries will increase the efficiency of the customs administration of international transit cargo flows.

11. It is recommended to use the discrete, parametric and symbolic models developed in the paper to analyze the process of rail-maritime transport interaction during container flow delivery.

12. For Georgian ports, the optimal number of delivery of the train cars (16-39 container-wagons) was determined by the methodology developed using the inventory management theory, during which the total cost of the process of interaction between maritime and rail transport is minimal.

13. From volume - vessel capacity curves of the container terminal (Fig. 4.8 and Fig. 4.11) it can be seen that within a specified variation range of ship capacity $Q_{con}$, the parameter of the intensity of vessel arrival $\lambda_c \cdot t_{del}$ is constant. However, the volume of the container terminal $E_{xp}$ varies proportionally to the ship capacity $Q_{con}$, although variation of the parameter $\lambda_c \cdot t_{del}$the λ_c · t_en parameter variability reduces the container terminal volume with a slight increase in the capacity of vessels.

14. During high-intensity entry of the container carrying ships into the port, it is essential that the containers be stored in small batches for optimal interaction between maritime and rail transport. However, the closer the quantitative characteristics of incoming and outgoing containers are to each other, the less stock variability there is and consequently the smaller the terminal consumption volume.

15. Studies have shown that the value of a container terminal warehouse volume calculated by the existing analytical method is 8-50% higher than that processed by probabilistic computer modeling, which in turn leads to an increase in capital capacity for terminal construction.

16. By calculating the annual cargo terminal volume of 250 thousand containers by different methods, the costs on capital investment are reduced from 26999 to 3619 conditional units. It is economically expedient to study the process of interaction of different types of transport passing through the container terminal by mathematical modeling.