

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტი

ISSN 1512-3537 (print)
ISSN 3038-4047 (online)

DOI: <https://doi.org/10.36073/1512-3537>

ESJI Eurasian
Scientific
Journal
Index
www.ESJIndex.org

<https://esjindex.org/search.php?id=7926>

ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა

№2 (66) 2026

სასწავლო-მეთოდური და სამეცნიერო-კვლევითი
ჟურნალი

ჟურნალი რეგისტრირებულია Google Scholar-ში
ჟურნალი რეფერირდება ქრფ-ში „ქართული რეფერატული ჟურნალი“



გამომცემლობა „ტრანსპორტი & მანქანათმშენებლობა“
თბილისი
2026

ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა
TRANSPORT AND MACHINEBUILDING
ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

სარედაქციო კოლეგია

ასოც. პროფ. ბორის გითოლენდია (მთავარი რედაქტორი); პროფ. ლავრენტი გუდავაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე); ასოც. პროფ. თეა ბარამაშვილი (ტექნიკური რედაქტორი); პროფ. გიორგი აბრამიშვილი; პროფ. თამაზ ნატრიაშვილი; პროფ. თამაზ მორჩაძე; პროფ. გიზო ფარცხალაძე; პროფ. ალექსანდერ სლადკოვსკი (პოლონეთი); პროფ. გეორგი ტოხტარი (უკრაინა); პროფ. მიხაილ ბენ ხაიმ (ისრაელი); პროფ. კოლინ რიგბი (დიდი ბრიტანეთი); პროფ. მიროსლავ ბონეკი (პოლონეთი); პროფ. ასენ ასენოვი (ბულგარეთი); პროფ. ნია ნატბილაძე; პროფ. გივი გოლეთიანი; პროფ. რაულ თურმანიძე; პროფ. ნანა ნოზაძე; პროფ. ზაურ ჩიტაძე; პროფ. გოდერძი ტკეშელაშვილი; პროფ. ჯუმბერ იოსებაძე; პროფ. ავთანდილ შარვაშიძე; ასოც. პროფ. ხათუნი ამკოლაძე; ასოც. პროფ. ნათია ბუთხუზი; პროფ. ნუგზარ რურუა; ასოც. პროფ. ზურაბ ბოგველიშვილი; პროფ. თამარ კილაძე; ასოც. პროფ. ვალერი ჯაჯანიძე; ასოც. პროფ. რამაზი ტყემალაძე.

EDITORIAL BOARD

Assoc. Prof. **Boris Gitolendia** (editor-in-chief); Prof. **Lavrenti Gudavadze** (deputy editor-in-chief); Assoc. Prof. **Tea Baramashvili** (Technical Editor); Prof. **Giorgi Abramishvili**; Prof. **Tamaz Natriashvili**; Prof. **Tamaz Morchadze**; Prof. **Gizo Fartskhaladze**; Prof. **Aleksander Sladkovski** (Poland); Prof. **George Tokhtar** (Ukraine); Prof. **Michail Ben Chaim** (Israel); Prof. **Kolin Rigbi** (Great Britain); Prof. **Miroslav Boneki** (Poland); Prof. **Asen Asenovi** (Bulgaria); Prof. **Nia Natbiladze**; Prof. **Givi Goletiani**; Prof. **Raul Turmanidze**; Prof. **Nana Nozadze**; Prof. **Zaur Chitidze**; Prof. **Goderdzi Tkeshelashvili**; Prof. **Jumber Iosebidge**; Prof. **Avtandil Sharvashidze**; Assoc. Prof. **Khatuni Amkoladze**; Prof. **Natia Butkhuzi**; Prof. **Nugzar Rurua**; Assoc. Prof. **Zurab Bogvelishvili**; Prof. **Tamar Kiladze**; Assoc. Prof. **Valeri Jajanidze**; Assoc. Prof. **Ramazi Tkemaladze**.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Асоц. Проф. **Борис Гитолендия** (главный редактор); Проф. **Лавренти Гудавадзе** (зам. главного редактора); Асоц. Проф. **Теа Барамашвили** (Технический редактор); Проф. **Гиорги Абрамишвили**; Проф. **Тамаз Натриашвили**; Проф. **Тамаз Морчадзе**; Проф. **Гизо Фарцхаладзе**; Проф. **Александр Сладковски** (Польша); Проф. **Георг Тохтар** (Украина); Проф. **Михаил Бен-Хаим** (Израиль); Проф. **Коллин Ригби** (Великобритания); Проф. **Мирослав Бонеки** (Польша); Проф. **Асен Асенови** (Булгария); Проф. **Ниа Натбиладзе**; Проф. **Гиви Голетиани**; Проф. **Раул Турманидзе**; Проф. **Нана Нозадзе**; Проф. **Заур Читидзе**; Проф. **Годердзи Ткешелашвили**; Проф. **Джумбер Иосебидзе**; Проф. **Автандил Шарвашидзе**; Асоц. Проф. **Хатуни Амколадзе**; Проф. **Натиа Бутхузи**; Проф. **Нугзар Руруа**; Асоц. Проф. **Зураб Богвелишвили**; Проф. **Тамар Киладзе**; Асоц. Проф. **Валери Джаджанидзе**; Асоц. Проф. **Рамази Ткемаладзе**.

ტექნიკური რედაქტორი: თეა ბარამაშვილი
Technical editor: Tea Baramashvili
Технический редактор: Теа Барамашвили

რედაქციის მისამართი: თბილისი, მ. კოსტავას ქ. №71, I კორპუსი, ოთახი №710

Address of the editorial office: Tbilisi, M. Kostava Str. №71, I corpus, room №710

Адрес редакции: Тбилиси, М. Костава ул. №71, I корпус, комната №710; Tel: +995 551 611 611

ჟურნალი განთავსებულია ინტერნეტში შემდეგ მისამართებზე:

- ჟურნალის ვებ გვერდი
<https://journaltm.gtu.ge/ka/>
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი - ცენტრალური ბიბლიოთეკა
https://gtu.ge/Library/transp_jur/
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი - სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტი
<https://gtu.ge/stmm/research/journals.php>
- ციფრული ბიბლიოთეკა "ივერიელი" (საქართველოს პარლამენტის ეროვნული ბიბლიოთეკა)
<http://dspace.nplg.gov.ge/handle/1234/248720>
- ქართული რეფერატული ჟურნალი (ქრე)
<https://techinformi.ge/ge/?page=footer/qjrj>

შინაარსი

I. ტრანსპორტი/Transport/Транспорт

1. საქალაქო ავტობუსების გადაზიდვების ეფექტიანობის ამაღლება მათზე მოქმედი მართვადი და არამართვადი ფაქტორების გათვალისწინებით
რეზო თედორაძე, ვალერი ჯაჯანიძე, მალხაზ ხვედელიძე, დავით ფრიდონაშვილი 4
2. მექანიკური ცენტრალიზაციებიდან კვანტურ კომპიუტერებამდე ანუ ახალი ერა
სარკინიგზო ტრანსპორტის ისტორიაში
ალექსანდრე დუნდუა 9
3. ავტორთა საყურადღებოდ 21

უაკ 629.113.004

საქალაქო ავტობუსების გადაზიდვების ეფექტიანობის ამაღლება მათზე მოქმედი მართვადი და არამართვადი ფაქტორების გათვალისწინებით

რეზო თედორაძე*, ვალერი ჯაჯანიძე**, მალხაზ ხვედელიძე***,
დავით ფრიდონაშვილი****

*პროფესორი, სტუ, ელ. ფოსტა: r.tedoradze@gtu.ge

**ასოცირებული პროფესორი, სტუ, ელ. ფოსტა: vl.jajanidze@gtu.ge

***მოწვეული ასოცირებული პროფესორი, სტუ, ელ. ფოსტა: khvedelidzemalkhaz05@gtu.ge

****ასოცირებული პროფესორი, სტუ, ელ. ფოსტა: d.fridonashvili@gtu.ge

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი,
საქართველო)

რეზიუმე:

სტატიაში წარმოდგენილია საავტომობილო ტრანსპორტის ექსპლუატაციის პროცესის ის პრობლემები, რომელთა გავლენითაც კატასტროფულად შემცირებულია მოძრავი შემადგენლობის საშუალო სიჩქარეები. განხილულია საქალაქო მარშრუტზე მომუშავე ავტობუსების ეფექტიანობაზე მოქმედი მართვადი და არამართვადი ფაქტორები.

ამის საფუძველზე განისაზღვრა დასახელებული სატრანსპორტო საშუალებების ექსპლუატაციის პროცესის შემფასებელი პარამეტრები და წარმოდგენილ იქნა რეკომენდაცია საქალაქო ავტობუსების გადაზიდვის პროცესის ეფექტიანობის ასამაღლებლად.

საკვანძო სიტყვები:

საქალაქო ავტობუსი, მართვადი ფაქტორი, არამართვადი ფაქტორი, ეფექტიანობა, შემფასებელი პარამეტრები.

შესავალი

მსოფლიოში მიმდინარე ეკონომიურმა, პოლიტიკურმა, სოციალურმა და სხვა ფაქტორებმა განაპირობეს მოსახლეობის გადაადგილებაზე მოთხოვნილების ზრდა, რამაც ცხადია გამოიწვია რაოდენობრივი მატება სატრანსპორტო საშუალებების. აღნიშნულ პროცესს მოჰყვა სატრანსპორტო ნაკადების ზრდა, რის პროპორციულადაც შეუძლებელი გახდა საავტომობილო გზების გამტარუნარიანობის მატება. ამიტომ სატრანსპორტო საშუალებებს გაუჭირდათ ძირითადი ამოცანის (გადაზიდვის განხორციელება დროულად, უსაფრთხოდ და მაღალხარისხოვნად, რაც შეიძლება მცირე მატერიალური და შრომითი დანახარჯებით) შესრულება. აღნიშნულმა პროცესებმა მნიშვნელოვნად შეამცირა ავტომობილების მოძრაობის საშუალო სიჩქარეები, მწარმოებლურობა და ეფექტიანობა. დასახელებულმა უარყოფითმა პროცესებმა ექსპლუატაციაში ყველაზე დიდი გავლენა მოახდინა საქალაქო მარშრუტზე მომუშავე ავტობუსებზე. ამიტომ ყოველი ნაშრომი, რომელიც განკუთვნილია აღნიშნული ნაკლოვანებების გამოსასწორებლად, აქტუალური და საჭიროა.

ძირითადი ნაწილი

საწარმო, რომელიც ახორციელებს მგზავრთა მომსახურებას ქალაქის ტერიტორიაზე, მაშინ აღწევს პროცესის ოპტიმალურად წარმართვას, როდესაც მისი შესაძლებლობები შეესაბამება გადაზიდვებზე მოთხოვნილებებს. ასეთი შედეგის მიღება შესაძლებელია მხოლოდ ამოცანის კომპლექსურად გადაწყვეტით, რაც გულისხმობს საქალაქო მარშრუტზე მომუშავე სატრანსპორტო საშუალებების ფუნქციონირებისათვის ორი ეტაპის გავლას:

- გადაზიდვების წინასწარი ორგანიზაცია;
- გადაზიდვების მიმდინარეობა.

ამავდროულად გათვალისწინებულ უნდა იქნეს გარეგანი ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ გადაზიდვის პროცესის მდგრადობაზე:

- გადაზიდვებზე მოთხოვნის ცვლილება დროში, მიმართულებებით და მარშრუტის მონაკვეთებზე;
- მოძრაობის პირობების ცვლილება სატრანსპორტო ნაკადების ინტენსივობის დროში რხევების გამო;
- საგზაო მოძრაობის რეგულირება;
- კლიმატური პირობების გათვალისწინება და სხვა.

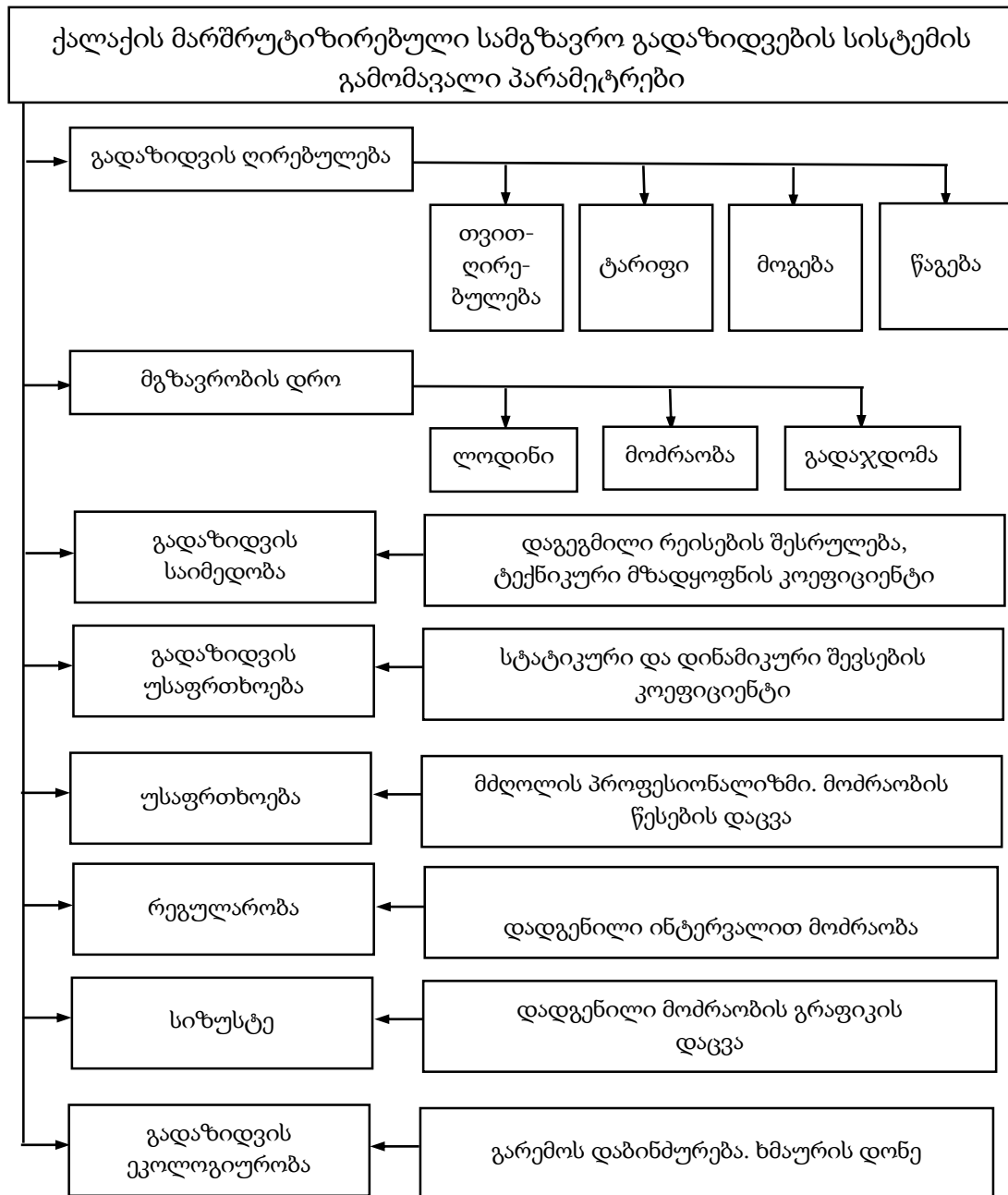
მთელი რიგი სამეცნიერო გამოკვლევებისა და პრაქტიკული რეკომენდაციების თანახმად საქალაქო მარშრუტზე მომუშავე ავტობუსების ეფექტიანობის გაზრდაში მნიშვნელოვანი წვლილის შეტანა შეუძლია სრულყოფილ კლასიფიკაციას იმ პარამეტრებისას, რომლებიც გავლენას ახდენენ მოძრაობის შემადგენლობის სამუშაო პროცესის შედეგიანობაზე. ამ პროცესის დროს სისტემაში მოდის მთელი რიგი მონაცემები, ვლინდება დამატებითი კანონზომიერებანი და ადვილდება რთული მოვლენების ანალიზი.

დასახული ამოცანის ოპტიმალურად გადაჭრის მიზნით მოვახდინოთ გადაზიდვის პროცესზე მოქმედი პარამეტრების კლასიფიკაცია მართვადობის მიხედვით.

არამართვად ფაქტორებს მიეკუთვნება: მგზავრების მიზიდულობის პუნქტები, სიდიდე მგზავრთნაკადებისა და მათი ფორმირების ადგილები. მცირე და საშუალო სიდიდის დროის ცვლილება გავლენას არ ახდენს მგზავრების მიზიდულობის პუნქტებზე, რომელთა წარმოქმნაც დამოკიდებულია კულტურულ-საყოფაცხოვრებო ობიექტების მდებარეობაზე.

მართვად ფაქტორებს მიეკუთვნება: სატრანსპორტო საშუალების ტიპი, გადაზიდვის მარშრუტი, მოძრაობის შემადგენლობის მუშაობის ორგანიზაციის ფორმა, სამგზავრო სატრანსპორტო საშუალებების პარკის პარამეტრები, მარშრუტზე მოძრაობის პროცესის მიმდინარეობის შესახებ ინფორმაცია.

მართვადი და არამართვადი ფაქტორების ურთიერთკავშირის ანალიზის საფუძველზე და მათი გავლენის გამოკვლევაზე საქალაქო გადაზიდვების ეფექტურობაზე განისაზღვრება მარშრუტიზირებული სამგზავრო სატრანსპორტო სისტემის გამომავალი პარამეტრებით (იხ. ნახ. 1).



ნახ. 1. ქალაქის მარშრუტიზირებული სამგზავრო სატრანსპორტო სისტემის გამომავალი პარამეტრები

ყოველივე ზემოთთქმულიდან და ნახ. 1-დან გამომდინარე შედგება მიზნობრივი ფუნქცია:

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3. \quad (1)$$

ამ ფორმულაში

Z_1 – არის დანაკარგები, როცა მარშრუტზე მომუშავე საქალაქო ავტობუსის ტევადობა არ არის ოპტიმალურად შერჩეული.

Z_2 – არის დანაკარგები, როცა სატრანსპორტო საშუალებები მარშრუტებზე არ არის რაციონალურად განაწილებული.

Z_3 – არის დანაკარგები, რომლებიც გამოწვეულია საქალაქო სამგზავრო მარშრუტიზირებული გადაზიდვების სისტემის მუშაობის ორგანიზაციის არარაციონალური ფორმებით.

ასე, რომ გამოსახულება (1) წარმოადგენს მიზნობრივ ფუნქციას, რომელიც გამოსახავს დანახარჯების შემცირებას მგზავრთა გადაზიდვის ორგანიზებასა და განხორციელებაზე.

აღნიშნული ეკონომიის საფუძველს წარმოადგენს ოპტიმალური ტევადობა და მოძრაობის ინტერვალი საქალაქო სამგზავრო ავტობუსების, მათი რაციონალური განაწილება მარშრუტებზე და მუშაობის ორგანიზების რაციონალური ფორმების შერჩევა.

დასკვნა

წარმოდგენილი მიზნობრივი ფუნქციის გამოყენება საქალაქო სამგზავრო მარშრუტიზირებული გადაზიდვების სისტემის ორგანიზების პროცესში, მნიშვნელოვნად გაზრდის დასახელებული მოძრაობის შემადგენლობის ეფექტიანობას.

გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. თედორაძე რ., ფრიდონაშვილი დ., ჯაჯანიძე ვ. საქალაქო ავტობუსების ექსპლუატაციის პირობების გაუმჯობესება. მე-7 ქართულ-პოლონური საერთაშორისო ს/კ „სატრანსპორტო ხიდი ევროპა-აზია“. სექტემბერი, 2023. ქ. ქუთაისი, გვ. 185-190.
2. ფრიდონაშვილი დ., ველიჯანაშვილი რ., დარაშვილი ვ. ავტომობილის დინამიკურობის მრავალკრიტერიული შეფასება. ს/ტ ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, თბილისი, № 2, 2019, გვ. 33-36.
3. Жиркова А.А., Тутова П.А., Гасов К.А. Обоснование введения выделенных полос для маршрутно-пассажирского транспорта. ЕСУ, № 1, 2016, стр. 52-55.

Improving the efficiency of urban bus transportation taking into account controllable and uncontrollable factors affecting on them

Rezo Tedoradze, Valeri Jajanidze, Malkhaz Khvedelidze, David Pridonashvili

Abstract:

In the article are considered the problems of road motor transport operation that have resulted in a catastrophic decrease in the average speed of rolling stock. Controllable and uncontrollable factors affecting on the efficiency of buses operating on urban routes are considered. Based on this, the parameters for assessing the operation of these vehicles are determined and recommendations for improving the efficiency of urban bus transportation are proposed.

Keywords:

urban bus, controllable factor, uncontrollable factor, efficiency, assessment parameters.

**Повышение эффективности городских автобусных перевозок
с учетом контролируемых и неконтролируемых факторов,
влияющих на них**

**Резо Тедорадзе, Валери Джаджанидзе, Малхаз Хведелидзе,
Давид Придонашвили**

Резюме:

В статье представлены проблемы эксплуатации автомобильного транспорта, в результате которых катастрофически снизилась средняя скорость подвижного состава. Рассмотрены контролируемые и неконтролируемые факторы, влияющие на эффективность автобусов, работающих на городских маршрутах. На основе этого определены параметры оценки процесса эксплуатации указанных транспортных средств и предложены рекомендации по повышению эффективности процесса городских автобусных перевозок.

Ключевые слова:

городской автобус, контролируемый фактор, неконтролируемый фактор, эффективность, параметры оценки.

მექანიკური ცენტრალიზაციებიდან კვანტურ კომპიუტერებამდე ანუ ახალი ერა სარკინიგზო ტრანსპორტის ისტორიაში

ალექსანდრე დუნდუა*

*მოწვეული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

ელ. ფოსტა: a.dundua@gtu.ge

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი,
საქართველო)

რეზიუმე:

სტატიაში რეტროსპექტულადაა განხილული სარკინიგზო ტრანსპორტის ევოლუციური განვითარების საკვანძო საკითხები მისი წარმოქმნიდან დღემდე. ხაზგასმითაა აღნიშნული, რომ კაცობრიობის წინაშე მდგარი ეკონომიკური სახის სხვადასხვა საკითხების წარმატებით გადასაწყვეტად პერმანენტულად აქტუალირდება რკინიგზების გლობალიზაციის საკითხი. ეს უკანასკნელი რკინიგზაზე უახლოესი ტექნოლოგიების დანერგვასთანაა დაკავშირებული. აღნიშნული ტექნოლოგიებიდან თავიანთი პერსპექტულობით გამოირჩევა **კვანტური ტექნოლოგიები**. მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნების რკინიგზებზე მათი დანერგვა ორი წლის წინ დაიწყო. **კვანტური ტექნოლოგიების სრულყოფისა და დანერგვის პროცესები თითქმის ერთდროულად მიმდინარეობს**. მოსალოდნელი სიკეთე იმდენად დიდია, რომ დამკვეთი ორგანიზაციები არ ერიდება კოლოსალური სიდიდის ინვესტიციებს გამოყოფას. დანერგვის ტემპები უმაღლეს დონეს აღწევს. პროგნოზების მიხედვით **2030-2035 წლებში მსოფლიოს თითქმის ყველა მოწინავე ქვეყნის რკინიგზები უკვე მასობრივად იქნება აღჭურვილი კვანტური ტექნოლოგიებით**, რაც ახალი ერის დაწყების მანიშნებელია.

მოცემული სტატია მკითხველებს იმ კანონზომიერებების გაცნობიერების საშუალებას მისცემს, რომლებმაც სარკინიგზო ტრანსპორტის განვითარების ახალი ერის დაწყება გახადა შესაძლებელი.

საკვანძო სიტყვები:

გლობალიზაცია, ოპტიმიზაცია, რეალური დრო, რელე, მიკროპროცესორი, ცენტრალიზაცია, კვანტური კომპიუტერი, კუბიტები, სუპერპოზიცია, დახლართულობა, ინტერფერენცია.

შესავალი:

ოფიციალურად სარკინიგზო ტრანსპორტის „დაბადების დღედ“ 1825 წლის 27 სექტემბერს ითვლება, როდესაც ინგლისში გაიხსნა სტოქტონ-დარლინგტონის რკინიგზა [3]. ამის შედეგად საზოგადოებრივ ხაზზე მსოფლიოში პირველად დაიწყო მოძრაობა ორთქლმავალიანმა მატარებელმა, რაც თანამედროვე სარკინიგზო ტრანსპორტის ეპოქის დასაწყისს ნიშნავდა.

განვლილი 200 წლის განმავლობაში დამუშავებული და რეალიზებული იქნა ძალიან ბევრი იდეა, რომლებიც სხვადასხვა კვლევებსა და ანგარიშებში იყო ფორმირებული. ჩვენ მხოლოდ ორ ბოლო მაგალითზე გავამახვილებთ ყურადღებას.

2019 წლის 8 თებერვალს გამოქვეყნდა 1961 დაარსებული განვითარებული ქვეყნების საერთაშორისო ეკონომიკური ორგანიზაციის (Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD) ანგარიში „The Future of Rail“ („სარკინიგზო ტრანსპორტის მომავალი“) [7], ხოლო **2025 წლის 2 სექტემბერს** - მსოფლიოს ბანკის ანალიზური მონაცემები „Transforming Logistics: The Power of Rail Investment“ („ლოგისტიკის ტრანსფორმაცია: რკინიგზის ინვესტიციის ძალა“) [8]. მათში აღნიშნულია, რომ უკანასკნელ პერიოდში მნიშვნელოვნად გაფართოვდა მსოფლიოს ეკონომიკის დამოკიდებულება **სარკინიგზო ტრანსპორტზე**, როგორც საჰაერო და საზღვაო ტრანსპორტის მაღალეფექტური, ეკონომიკური და ეკოლოგიურად სუფთა ალტერნატივაზე, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც საქმე გვაქვს შორ მანძილებზე არსებულ გადაზიდვებთან. ნაჩვენებია, რომ პროგნოზების თანახმად, **2050 წლისთვის** მოსალოდნელია გადასაზიდი ტვირთების მოცულობის გაორმაგება. მისი დიდი ნაწილი სარკინიგზო ტრანსპორტის საშუალებით უნდა გადაიზიდოს. დავალებული ამოცანის შესრულებას სარკინიგზო ტრანსპორტი მხოლოდ მაშინ შეძლებს, თუ მოხდება მისი **გლობალიზაცია**.

სარკინიგზო ტრანსპორტის გლობალიზაცია არის ეროვნული რკინიგზის ქსელების ერთიან გლობალურ სატრანსპორტო და ლოგისტიკურ სისტემად ინტეგრირების პროცესი, რომლის მიზანია სტანდარტების, **ტექნოლოგიებისა** (!) და მენეჯმენტის გაერთიანების გზით ქვეყნებსა და კონტინენტებს შორის მგზავრების გადაყვანისა და ტვირთების გაგზავნის პროცესების შეუფერხებელი ორგანიზება..

სარკინიგზო ტრანსპორტის გლობალიზაციის პროცესში უმნიშვნელოვანეს როლს ასრულებს **ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სარკინიგზო სისტემები** (ატსს), რომელებიც უზრუნველყოფს უწყვეტ, ეფექტურ და უსაფრთხო საზღვრისპირა ლოგისტიკასა (**Cross-border Logistics**) და მგზავრების გადაყვანას. **2026 წლიდან** ეს **ტექნოლოგიები** ხელს შეწყობს ინელექტუალურ, ურთიერთდაკავშირებულ (ურთიერთგადაბმულ) და მდგრადი ქსელებზე გადასვლას. „ინტერნეტ საგნებად“ (**“Interytn of Things” – IoT**) წოდებულ გადამწოდების, ხელოვნური ინტელექტისა და ციფრული პლატფორმების ინტეგრაციის წყალობით სარკინიგზო ქსელები გარდაიქმნება ერთიან, მაღალეფექტურ ტრანსპორტულ სისტემად, რომელიც სხვადასხვა ნაციონალური საზღვრების ფარგლებში დიდი სიზუსტითა და საიმედოდ იმუშავებს. სარკინიგზო ავტომატიკის, ტელემექანიკისა და კავშირგაბმულობის სისტემების ერთობლიობა სარკინიგზო ტრანსპორტის „ტვინსა“ და „ნერვულ სისტემას“ წარმოქმნის, რომელებიც რკინიგზების უსაფრთხოებასა და ეფექტურ მუშაობაზე აგებს პასუხს. აღნიშნულის უზრუნველსაყოფად აუცილებელი, რომ მან **მაღალეფექტურად** გადაწყვიტოს მასზე დავალებული ყველა პრობლემა, რაც **კომპიუტერული სისტემების** ფართოდ გამოყენების გარეშე შეუძლებელია. ამ სისტემებში შედის როგორც ჩვეულებრივი, ანუ კლასიკური, ასევე კვანტური კომპიუტერებიც. მათგან განსაკუთრებით აღნიშვნის ღირსია **კვანტური კომპიუტერები**, რადგან სწორედ ისინი ფლობს იმ „მაგიურ“ ძალას, რომელიც უახლოეს მომავალში სარკინიგზო ტრანსპორტის განვითარების ისტორიაში ახალ ერას დაუდებს საფუძველს.

ძირითადი ნაწილი

სარკინიგზო ტრანსპორტის განვითარების ისტორიაში ახალი პერიოდი დაიწყო, რომლის დროსაც მთავარი ხდება მასში წამოჭრილი ამოცანების **ოპტიმიზაცია**. ეს უკანასკნელი ნიშნავს საუკეთესოს (**ყველაზე კარგს**). **სარკინიგზო ტრანსპორტზე ოპტიმიზაცია** არის ლოგისტიკის, მოძრაობის მართვისა და ინფრასტრუქტურის გაუმჯობესების პროცესი, რათა **შემცირდეს** მგზავრობის (გადაზიდვების) დრო და ტრანსპორტირების ხარჯები, **გაიზარდოს** რკინიგზის გამტარობის უნარი. ის მიიღწევა მათემატიკური მოდელების, საინფორმაციო ტექნოლოგიებისა და ხელოვნური ინტელექტის მეშვეობით. ოპტიმიზაციის ძირითადი მიმართულებები მოიცავს:

- ოპტიმალური გრაფიკების შედგენას, სადგურებზე მატარებლების მოცდენის დროის **მინიმიზაციას** და დაგვიანებების აღმოფხვრას დროის რეალურ რეჟიმში (მყისიერად);

- ტვირთების ყველაზე მომგებიანი მარშრუტების გამოთვლას, ტვირთნაკადების პრიგნოზირებასა და ვაგონების პარკის იმგვარ განაწილებას, რომელიც **მინიმალურს** გახდის ცარიელი ვაგონების გარბენას.

- მატარებლის ოპტიმალური ექსპლუატაციის შერჩევას, რომელიც გრაფიკის დაცვის პირობებში **მაქსიმალურად** დაზოგავს ელექტროენერგიასა და საწვავს;

- ლიანდაგების შეკეთებისა და სადგურის მოდერნიზაციის იმგვარ ორგანიზებას, რომ მან **მინიმალური** გავლენა მოახდინოს ტრანსპორტირების უწყვეტი პროცესზე.

როგორც ზემოთ მოყვანილ განმარტებიდან ჩანს, „ოპტიმიზაციის“ ცნება მჭიდროდაა გადაჯაჭვული „მინიზაციის“ და „მაქსიმიზაციის“ ცნებებთან, რამდენადაც სამივე ტერმინი „საუკეთესო“ შესაძლო შედეგის მიღწევას გულისხმობს.

სარკინიგზო ტრანსპორტის **200** წლიანი ისტორიაში მოღვაწე ყველა ინჟინერ-გამომგონებლის მთელი ძალისხმევა ასეთი საუკეთესო გადაწყვეტების მიღებისაკენ იყო მიმართული. ამის დასადასტურებლად საკმარისია სარკინიგზო ტრანსპორტის ევოლუციის პროცესიდან რამდენიმე **საკვანძო მოვლენა** გავისენოთ, რომლებმაც **რევოლუციურად გააუმჯობესა** სარკინიგზო ტრანსპორტის ფუნქციონირება.

პირველი ასეთი საკვანძო მოვლენა 1856 თარიღდება, როდესაც ინგლისელმა ინჟინერმა **ჯონ საქსბიმ** (ინგ. Jon Saxbi, 1821-1913) დააპატენტა და ააგო **ისრებისა და სიგნალების მექანიკური ცენტრალიზაცია**, რაც რკინიგზების ისტორიაში ფუნდამენტურ გარღვევას წარმოადგენდა. ამ ცენტრალიზაციის მეშვეობით მარშრუტები ცენტრალური პოსტიდან მზადდებოდა. პოსტზე განთავსებული იყო ისრების კალმებთან ფოლადის ხისტი სალტეებით დასკავშირებული ბერკეტები. მესიგნალე საკუთარი ფიზიკური ძალის მეშვეობით კალმები გადაჰყავდა საჭირო მდებარეობაში და საჭირო მარშრუტებს ამზადებდა. ისარი თუ სხვა გამზადებულ მარშრუტში იყო გამოყენებული, მაშინ მასთან დაკავშირებულ ბერკეტს სპეციალურ მექანიკურ საკეტელა ჩაკეტავდა და მის გადაადგილებას გამორიცხავდა, ე.ი. რეალიზებული იყო გამზადებული მარშრუტის **მექანიკური ბლოკირება (interlocking)**, რაც პირადად **ჯონ საქსბის** გამოგონება იყო. ცენტრალიზაცია მატარებლების შუბლური დაჯახებისა და ლიანდაგიდან გადმოსვლის შემთხვევებს საიმედოდ გამორიცხავდა.

1861 წელს **ჯონ სტინსონ ფარმერთან** (ინგ. John Stinson Farmer, 1827-1892) ერთად **ჯონ საქსბიმ** დააფუძნა სარკინიგზო სიგნალიზაციის მოწყობილობების მწარმოებელი კომპანია **Saxby & Farmer**, რომელიც რკინიგზებზე უსაფრთხოების სფეროში პიონერი გახდა. საიმედოობისა და ეფექტურობის გამო კომპანიის ტექნოლოგიები მსოფლიოს სტანდარტად გადაიქცა. კომპანიის მიერ დამუშავებული მექანიკური ცენტრალიზაციები **1870-1880** წლებში

დაინერგა რუსეთის იმპერიის, ხოლო 1870-1875 წლებში - ამერიკის შეერთებული შტატების რკინიგზებზე. 1878 წელს საფრანგეთის ქალაქ კრეიში გაიხსნა კომპანია Saxby & Farmer-ის ფილიალი. კომპანიამ საკუთარი ფილიალები გახსნა ბელგიასა და ინდოეთშიც.

1920 წელს Saxby & Farmer გაერთიანდა კომპანიასთან Westinghouse Brake Co Ltd, რის შედეგადაც წარმოიქმნა კორპორაცია Westinghouse Brake & Saxby Signal Co. იგი დღემდე წარმატებით ფუნქციონირებს და უშვებს სიგნალიზაციის თანამედროვე მოწყობილობებს. მექანიკური ცენტრალიზაცია ნაკლად შეიძლება ჩაითვალოს მართვის აპარატების დიდი ზომები, ფიზიკური ძალის გამოყენების საჭიროება და ისრების მართვის შეზღუდული სიშორე. თანდათან ნათელი გახდა გაუმჯობესებული ცენტრალიზაციის შექმნის საჭიროება.

1929 წლის თებერვალში ნებრესკას შტატის სადგურ ლინკოლნში კომპანია General Railway Signal-ის (აშშ) მიერ დაინერგა მსოფლიოში პირველი რელეური ცენტრალიზაცია, რომელშიც მთლიანად გამოირიცხა ფიზიკური ძალის გამოყენება და იგი პულტზე არსებულ ღილაკებზე ჩასატარებელი მანიპულაციებით შეიცვალა. რელეურმა ცენტრალიზაციებმა ინოვაციურობა თითქმის 50 წლის განმავლობაში შეინარჩუნა და მათი მოდიფიცირებული ვარიანტები დღემდე შემორჩენილი სხვადასხვა ქვეყნის, მათ შორის საქართველოს, რკინიგზებზე.

1971 წლის 15 ნოემბერს კორპორაცია Intel-მა ოფიციალურად წარმოადგინა მსოფლიოში პირველი ერთკრისტალური მიკროპროცესორი Intel 4004. ამ რევოლუციური ჩიპის ავტორები იყვნენ ამერიკელი ფიზიკოსები ფედერიკო ფაგინი (ინგ. Federico Faggin; 1941), მარსიან ედვარდ „ტედ“ ჰოფ-უმცროსი (ინგ. Marcian Edward "Ted" Hoff, Jr; 1937) და სტენ მეიზორი (ინგ. Stan Mazor; 1941). მიკროპროცესორების ბაზაზე 1970-იან წლებში მიკროკომპიუტერები იქნა დამუშავებული, რომელთაგანაც პირველ მიკროკომპიუტერად ითვლება 1975 წელს კომპანია MITS-ის (აშშ) მიერ აგებული მიკროკომპიუტერი Altair 8800. მიკროკომპიუტერების გამოყენებისათვის სპეციალური განათლების მიღება საჭირო არ იყო და ისინი ნებისმიერ ენთუზიასტს შეეძლო გამოეყენებინა. ამიტომ მათ პერსონალური კომპიუტერიები ეწოდა.

პირველი პერსონალური კომპიუტერის გამოჩენიდან სამიოდე წლის შემდეგ შვედურმა ფირმა Ericson-მა, ასევე მიკროპროცესორების ბაზაზე, დაამუშავა სასადგურო ისრებისა და სიგნალების მმართველი სისტემა. იგი 1978 წელს დაინერგა ქალაქ გეტერბორგის სარკინიგზო სადგურზე და მას ისრებისა და სიგნალების მიკროპროცესორული ცენტრალიზაცია ეწოდა.

მატარებელთა უსაფრთხოდ მოძრაობის ორგანიზებისათვის სარკინიგზო სადგურებზე დიდი ხნის განმავლობაში მხოლოდ მექანიკური ან/და რელეური ცენტრალიზაციები გამოიყენებოდა. 1970-იანი წლების ბოლოდან კი ამ მიზნისათვის სადგურებზე გამოჩნდა ფუნდამენტურად განსხვავებული დანიშნულების მქონე ორი მიკროპროცესორული სისტემა - მიკროპროცესორული ცენტრალიზაცია და პერსონალური კომპიუტერი.

პერსონალური კომპიუტერი ფართო დანიშნულების მქონე უნივერსალური მოქმედების გამომთვლელი მანქანაა, მიკროპროცესორული ცენტრალიზაცია კი - უშუალოდ ისრებისა და შუქნიშნების მართვისათვის განკუთვნილი სპეციალიზებული, მაღალსაიმედო სისტემა.

ზემოაღნიშნული ორი სისტემის განთავსებისათვის ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სარკინიგზო სისტემებში ორგანიზებულია მართვის შემდეგი ორი დონე: პერსონალური

კომპიუტერების დონე (ზედა დონე) და მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციის დონე (ქვედა დონე).

პერსონალური კომპიუტერების დონეზე განთავსებულია პერსონალური კომპიუტერები, რომელთა ერთობლიობითაც გადაზიდვების პროცესის „ტვინის“ ორგანიზება ხდება. ამ კომპიუტერებს სარკინიგზო ოპერატორები (სამატარებლო დისპეტჩერები და სადგურის მორიგეები) სხვადასხვა სახის სარკინიგზო ამოცანების გადასაწყვეტად და, იმავდროულად, სპეციფიკურ „ინტერფეისადაც“ იყენებენ. ეს უკანასკნელი მათ იმისათვის სჭირდებათ, რომ მართვის ქვედა დონეზე არსებულ მიკროპროცესორულ ცენტრალიზაციიდან მიიღონ საკონტროლო ინფორმაცია და მათ გადასცენ სპეციალური მმართველობითი ბრძანებები.

მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციის დონის დანიშნულებაა ისრების, შუქნიშნების მართვა და ლიანდაგების კონტროლი. იგი ასრულებს სიგნალიზაციის, ცენტრალიზაციისა და ბლოკირების (სცბ-ს) ბაზისურ ფუნქციებს. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ისრებისა და სიგნალების ცენტრალიზაციაც კომპიუტერია, ოღონდ სპეციალიზებული კომპიუტერი (იგიც შეიცავს პროცესორსა და მეხსიერებას), რომელშიც პრიორიტეტულ მიმართულებებად არჩეულია არა უნივერსალობა და/ან სისწრაფე, არამედ მტყუნებამდგრადობა და „უსაფრთხო მტყუნების“ (fail-safe) კონცეფცია. ზოგიერთი ავტორი მას სპეციალიზებულ გამომთვლელ კომპლექსსაც უწოდებს. პროგრამაში წარმოშობილმა ნებისმიერმა უწყისივრობამ და ამოვარდნამ, ან კომპიუტერის აპარატურულმა მტყუნებამ, სისტემა, ან მის მიერ მართული ობიექტი (ისარი, შუქნიშანი), ყველაზე უსაფრთხო (შემზღუდველ) მდგომარეობაში უნდა გადაიყვანოს. ამიტომ მისი სტრუქტურის ასაგებად გამოყენებული იქნა ტექნიკაში კარგად აპრობირებული მაჟირიტარული „2-იდან 2“ ან „3-იდან 2“ არქიტექტურები.

„2-იდან 2“ არქიტექტურის დროს სისტემაში პარალელურად ორი დამოუკიდებელი პროცესორული არხი მუშაობს. მათ მიერ გამომუშავებული ბრძანება მართვის ობიექტს მაშინ გადაეცემა, თუ ისინი ერთმანეთს დაემთხვევა. „3-იდან 2“ არქიტექტურისას პარალელურად მომუშავე არხების რაოდენობა სამამდეა გაზრდილი და მოითხოვება ორი მათგანმა მაინც გამოიმუშაოს ერთნაირი ბრძანება. წინააღმდეგ შემთხვევაში ბრძანება მართვის ობიექტს არ გადაეცემა.

მიკროპროცესორული ცენტრალიზაციის (ზედა) დონეზე განთავსებულ პერსონალურ კომპიუტერებს მცირე და მარტივი ამოცანებისათვის შეუძლიათ იპოვოს მათემატიკურად საუკეთესო (ოპტიმალური) გადაწყვეტები, ანუ მოახდინონ მათი ოპტიმიზაცია. ქვემოთ მოყვანილია რამდენიმე ასეთი ამოცანა.

- მატარებლის მარტივი მარშრუტიზაცია (Simple Train Routing): ორ წერტილს შორის უმოკლესი ან ყველაზე ნაკლებდანახარჯიანი გზის პოვნა;
- მცირემასშტაბიანი განრიგის შედგენა (Small-Scale Timetabling): ერთხაზიან, მცირე სადგურიან მონაკვეთზე მცირე რაოდენობის მატარებლებისათვის მოძრაობის განრიგის შედგენა.
- ეკიპაჟის საბაზისო დაგეგმვა (Basic Crew Scheduling): შეზღუდული რაოდენობის ცნობილ მარშრუტებზე მემანქანეთა მცირე გუნდის განაწილება.
- ცალკეული მატარებლის მწარმოებლურობის მოდელირება (Individual Train Performance Simulation): განსაზღვრული მარშრუტის მიხედვით ერთი მატარებლისთვის სიჩქარის ოპტიმალური პროფილის, ენერგიის ხარჯვისა და მოძრაობის ხანგრძლივობის გამოთვლა

- **მტრული მარშრუტების გამორიცხვა (Two-Traain Conflict Resolution):** ვიწრო ადგილების (შევიწროებების) გამოვლენა და აღმოფხვრა იმ შემთხვევებისთვის, როდესაც ორ მატარებელს ერთი და იგივე სარკინიგზო მონაკვეთის გავლა უწევს.

მცირე და მარტივი ამოცანების გარდა მართვის ზედა დონის კომპიუტერებს ხშირად უხდებათ მასშტაბური, რთული ამოცანების გადაწყვეტა. ალგორითმების გამოყენებით მათი **ოპტიმალური (საუკეთესო) გადაწყვეტის** მოსაძებნად კომპიუტერებს შეიძლება საკმაოდ დიდი ხნის (რამდენიმე ათეული ან ასეული წლების) განმავლობაში მოუხდეთ მუშაობა, ან შეიძლება მათი რესურსები არასაკმარისი აღმოჩნდეს ასეთი გადაწყვეტის მოსაძებნად. ამიტომ ოპერატორები იძულებულნი არიან კომპიუტერებს ოპტიმალური გადაწყვეტის პოვნის ნაცვლად **სუბოპტიმალური გადაწყვეტის** დავალება მისცენ.

სუბოპტიმალური გადაწყვეტა არის არჩევანი ან ქმედება, რომელიც არ არის იდეალური ან მაქსიმალურად ეფექტური, მაგრამ ითვალისწინებს გარკვეულ შეზღუდვებს (დრო, ფული, რესურსები). იგი აკმაყოფილებს მინიმალურ მოთხოვნებს, თუმცა ტოვებს უკეთესი შედეგის მიღების პოტენციალს.

სუბოპტიმალური გადაწყვეტის პოვნისათვის კომპიუტერები **ევრისტიკულ მეთოდებსა და ემპირულ წესებს** იყენებს.

განვიხილოთ **სუბოპტიმალურად (ევრისტიკულად) გადასაწყვეტი** რამდენიმე ამოცანა.

- **დიდმასშტაბიანი განრიგის შედგენა (Large-Scale Timetabling):** მთელ ეროვნულ ქსელში შესაძლებელი უნდა იყოს ასეულობით მატარებლის მოძრაობის იმგვარად დაგეგმვა, რომ მინიმუმზებული იქნეს დაგვიანებები.

- **მოძრავი შემადგენლობის მართვა (Rolling Stock Cirulation):** რთული განრიგის მიხედვით, კონკრეტული შემადგენლობა (ვაგონები ან ლოკომოტივები) იმგვარად უნდა გადანაწილდეს, რომ მომსახურებისათვის საჭირო ადგილას მოხვდეს.

- **რეალურ დროში კვლავდაგეგმვა (დისპეტჩერიზაცია) [Real-Time Rescheduling (Dispatching)]:** დაგვიანების ან ინციდენტის წარმოშობისას მატარებელთა მოძრაობის განრიგი მყისიერად ისე უნდა კორექტირდეს, რომ უსწრაფესად აღდგეს ნორმალური რეჟიმი

- **სადგურებში რთული სამანევრო სამუშაოები (Complex Station Shunting):** გადატვირთულ დეპოში ახალი მატარებლების ფორმირებისათვის შესაძლებელი უნდა იყოს სამგზავრო და სატვირთო ვაგონების გადაადგილება.

- **ეკიპაჟების მართვა/შერჩევა (Crew Management/Pairing):** ბევრი მატარებლისთვის უნდა განაწილდეს ეკიპაჟის უამრავი წევრი ისე, რომ დაცული იყოს კანონმდებლობით დადგენილი დასვენების დრო.

ევრისტიკული მეთოდი არის პრობლემის გადაჭრის ინტუიციური, პრაქტიკული გზა, რომელიც გულისხმობს რთული ამოცანების ეტაპობრივად, დამოუკიდებელი კვლევა-ძიებითა და შემოქმედებითი აზროვნებით გადაწყვეტას, ნაცვლად მზა პასუხების მიღებისა.

ემპირიული წესები (Rule of Thumb) მარტივი, გამოცდილებით მიღებული ზოგადი პრინციპებია, რომლებიც გადაწყვეტილების მისაღებად ან რაიმე სიდიდის გამოსათვლელად მაშინ გამოიყენება, როდესაც აბსოლუტური სიზუსტე საჭირო არ არის.

აღნიშნული მეთოდი და წესები არაზუსტია, ვერ გამორიცხავს ადამიანურ ფაქტორს და მხოლოდ სუბოპტიმალური გადაწყვეტების მიღების საშუალებას გვაძლევს. იგი შეიძლება მნიშვნელოვნად ჩამოუვარდებოდეს ოპტიმალურ გადაწყვეტას. **კლასიკური კომპიუტერების** გამოყენებისას, სამწუხაროდ, უკეთესი შედეგების მიღება შეუძლებელია.

ზემთ განხილულ კლასიკურ კომპიუტერებს ოპტიმიზაციის რთული ამოცანების გადაწყვეტა იმიტომ უჭირს, რომ მუშაობისას ისინი ვარიანტების მიმდევრობით გადარჩევის პრინციპს იყენებს. მრავალი ცვლადის შემცველი ამოცანების ოპტიმიზაციის დროს შესაძლო შედეგების რაოდენობა ექსპონენციურად იზრდება და მან შეიძლება რამდენიმე მილიარდს მიაღწიოს. თითოეული მათგანის მიმდევრობით გადარჩევისათვის საჭირო დრო ჩვენი სამყაროს ასაკსაც ($\approx 13,7$ მილიარდ წელს) აჭარბებს და პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამიტომ იძულებული ვხდებით ასეთი ამოცანების გადასაწყვეტად ალგორითმების ნაცვლად მხოლოდ ევრისტიკული და ემპირული მეთოდების გამოყენებით დავკმაყოფილდეთ..

შექმნილი სიტუაციიდან გამოსვლის იმედის შუქი 1980 წელს გამოჩნდა, როდესაც ამერიკელმა ფიზიკოსმა პოლ ენტონ ბენიოფმა (ინგ. Paul Anthony Benioff ; 1930-2022) ჟურნალ „Journal of Statistical Physics“-ში გამოქვეყნებულ სტატიაში "The computer as a physical system: A microscopic quantum mechanical Hamiltonian model of computers as represented by Turing machines", ტიურინგის მანქანის კვანტური მოდელი აღწერა. მან ნათლად გვიჩვენა, რომ შრედინგერის განტოლებამ შეიძლება აღწეროს კომპიუტერის მუშაობა, რაც იმას ნიშნავს, რომ კვანტურ-მექანიკურ სისტემებს აქვს გამოთვლის უნარი. ბენიოფის აღნიშნული ნაშრომი ამერიკელი ფიზიკოსის რიჩარდ ფეინმანისა (ინგ. Richard Phillips Feynman; 1918-1988) და ებრაული წარმოშობის ბრიტანელი ფიზიკოსის, დევიდ ელიესერის (ინგ. David Elieser Deutsch; 1953) კვლევების მნიშვნელოვან ფუნდამენტად გადაიქცა.

რიჩარდ ფეინმანი კვანტური გამოთვლების მთავარ სულისჩამდგმელად და „შემქმნელ-მამად“ ითვლება. მან დაამუშავა თეორიული ფუნდამენტი, რომელმაც დაასაბუთა ასეთი მანქანების აუცილებლობა და არსებობის შესაძლებლობა. თავის ცნობილ მოხსენებაში „Simulating Physics With Computers“ ფეინმანმა ხაზი გაუსვა იმას რომ, რადგან მიკროდონეზე ბუნება კვანტურია, ამიტომ სირთულის ექსპონენციალურად ზრდის გამო კლასიკური კომპიუტერი მის ეფექტურად მოდელირებას ვერასდროს ვერ შეძლებს. ჯერ კიდევ 1959 წელს თავის ლექციაში „There’s Plenty of Room at the Bottom“ მან იწინასწარმეტყველა ცალკეულ ატომებზე მონიჰულირების შესაძლებლობა, რაც თანამედროვე კუბიტების (კვანტური ბიტების) ტექნოლოგიურ საფუძვლად უნდა ჩაითვალოს.

პირველი ფიზიკურად რეალიზებული კვანტური კომპიუტერის პროტოტიპი 1998 წელს აიგო. შემქმნელ ჯგუფში შედიოდნენ ლოს-ალამოსის ლაბორატორიიდან ისაკ ურანგი (ინგ. Isaac Chuang), მასაჩუსეტის ტექნოლოგიური ინსტიტუტიდან ნილ გერშენფელდი (ინგ. Neil Gershenfeld) და კალიფორნიის უნივერსიტეტიდან მარკ კუბინეცი (ინგ. Mark Kubinec). ეს იყო ბირთვული მაგნიტურ რეზონანსის საფუძველზე მომუშავე 2-კუბიტური კვანტური კომპიუტერი.

სუპერპოზიციის, დახლართულობისა და ინტერფერენციის მეშვეობით კვანტური კომპიუტერი იყენებს კვანტურ პარალელიზმს, ერთდროულად ამუშავებს უამრავ შესაძლო მდგომარეობას და ინტერფერენციის გზით არასწორ ვარიანტებს აქრობს, რათა საუკეთესო შესაძლო შედეგი ექსპონენციალურად სწრაფად იპოვოს.

სარკინიგზო ტრანსპორტის მთელი ქსელისათვის მატარებელთა ოპტიმალური განრიგის შედგენისას კლასიკური კომპიუტერები შესაძლო ვარიანტების სათითაოდ გადარჩევასა და მათგან საუკეთესოს ამორჩევაზე ძალიან დიდ დროს ხარჯავს, კვანტური კომპიუტერები კი

გლობალურ ოპტიმუმს წამებში პოულობს, რაც მატარებლების მოძრაობის რეალურ დროში მართვისათვის კრიტიკულად მნიშვნელოვანია.

განვიხილოთ რამდენიმე სარკინიგზო ამოცანა, რომელთა ოპტიმალური გადაწყვეტა მხოლოდ კვანტური კომპიუტერებითაა შესაძლებელი.

- **ამოვარდნების დროს განრიგის მცისიერი კვლავდაგეგმვა (Rescheduling).** მატარებლის დაზიანებისას ან კრიტიკულად ცუდი კლიმატური პირობების შემთხვევაში კლასიკური კომპიუტერი ასობით მატარებლების მოძრაობის ახალი განრიგის შედგენაზე ხანგრძლივად მუშაობს, რომლის დროსაც შეიძლება „საცობები“ წარმოიქმნას. კვანტურ კომპიუტერს შეუძლია უსწრაფესად გადაარჩიოს უამრავი შესაძლო ვარიანტი და მცისიერად შეადგინოს ისეთი ახალი განრიგი, რომლის საშუალებითაც მოხდება დაგვიანებების მინიმიზაცია და დარღვეული გრაფიკის აღდგენა.

- **მსხვილ კვანძებში მარშრუტების ოპტიმიზაცია (Station Routing).** დიდ სადგურებში ასეულობით ისარი და ლიანდაგია. რთული კომბინატორული ამოცანაა ისეთი გეგმის შედგენა, რომელიც თითოეული მატარებლის გამგზავრების დროსა და მიმართულებას ასახავს. კვანტურ ალგორითმს შეუძლია თითოეული მატარებლისთვის ლიანდაგების რთული ქსელიდან ამოირჩიოს საუკეთესო მარშრუტი, რომლის დროსაც გამორიცხული იქნება მოცდენა და მტრული მარშრუტები.

- **მაქსიმალური გამტარობის უნარი (Capacity Planning).** მეტად რთული პრობლემაა სამგზავრო მატარებლებით „გადავსებულ“ გრაფიკში კიდევ ერთი მატარებლის ისე ჩართვა, რომ არ დაირღვეს მოძრაობის უსაფრთხოება. კვანტურ ალგორითმს შეუძლია გაანალიზოს ინფრასტრუქტურის ყველა შესაძლებლობა და, უსაფრთხოების დაცვით, თითოეული მატარებლის მოძრაობაში ჩასართავად იპოვოს საჭირო, ოპტიმალური „დროის ფანჯრები“.

- **ინფრასტრუქტურის გონიერი მომსახურება (Prediction Maintenance).** გადამწოდები და ვაგონ-დეფექტოსკოპები ლიანდაგების მდგომარეობის შესახებ აგროვებს კოლოსალური მოცულობის (ტერაბაიტების ტოლ) მონაცემებს. კვანტურ ალგორითმს შეუძლია გაანალიზოს ვეებერთელა რაოდენობის მონაცემები (Big Data) და, ხელოვნურ ინტელექტთან ერთად, გაცილებით უფრო ზუსტად იწინასწარმეტყველოს კონკრეტული რელსი ან ისარი თუ როდის შეიძლება გატყდეს (დაზიანდეს).

რკინიგზებზე დღეისათვის საპილოტო პროექტების ჩარჩოებში დანერგილია ჰიბრიდული გამოთვლითი სისტემები, რომლებშიც კლასიკური და კვანტური კომპიუტერები ტანდემში მუშაობს. კლასიკური კომპიუტერები მარტივი რუტინული, კვანტურ კომპიუტერები კი ოპტიმიზაციის რთული ამოცანების მცისიერად გადაწყვეტით არის დაკავებული. ამიტომ ზოგიერთი ავტორი კლასიკურ კომპიუტერებს „მუშა ცხენებს“ („workhorses“) ადარებს.

თანამედრვე კვანტური მოწყობილობები ჯერ კიდევ NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum — საშუალო მასშტაბის ხმაურიანი კვანტური სისტემების) ეტაპზეა. ისინი მგრძნობიარენი არიან ფიზიკური „ხმაურის“ მიმართ, ამიტომ მათ სრულფასოვანი მსხვილი სარკინიგზო ქსელის უშეცდომად მომსახურება არ შეუძლია. დღეისათვის სარკინიგზო ტრანსპორტი დიდ წინსვლას განიცდის. ოპტიმიზაციისათვის წარმატებით გამოიყენება ჰიბრიდული კვანტურ-კლასიკური ალგორითმები და კვანტური მეთოდები. სარკინიგზო ტრანსპორტზე თანდათანობით და უწყვეტად ინერგება კვანტური ტექნოლოგიები. დანერგვა ორი ძირითადი მიმართულებით მიმდინარეობს. პირველია კვანტური გამოთვლების, მეორე კი - კვანტური ზონდირების მიმართულება. პირველი მიმართულების მიზანია სარკინიგზო ქსელების ოპტიმიზაციის პრობლემების, მეორე მიმართულების კი - ნავიგაციისა და

ტექნიკური მომსახურების პრობლემების გადაჭრა. საბოლოო ანგარიშით დანერგვების ზოგადი სურათი დღეისთვის ასეთია:

- კვანტური ტექნოლოგიების დამამუშავებელმა ავსტრალიურმა ფირმამ (Q-CTRL) ბრიტანეთის კომპანიასთან (Network Rail) ერთად კვანტური პროგრამის გამოყენებით წარმატებით გაანაწილა ლონდონ-ბრიდჯის (London Bridge) სარკინიგზო კვანძში გამავალი 26 მარშრუტი;

- 2025 წლის აგვისტოში ავიაციისა და კოსმონავტიკის გერმანულმა ცენტრმა DLR QCT (Deutsches Zentrum für Luftund Raumfahrt Quantum Computing Initiative) ფირმა Planqს-თან ერთად ოფიციალურად დაიწყო პროექტი „კვანტური მეთოდების გამოყენება სარკინიგზო ტრანსპორტზე“ („QCMobility – Rail Transpory“). მისი მიზანია იმ კვანტური ალგორითმების ტესტირება, რომლებიც დაგვიანებებისა და შეფერხებების წარმოშობისას განრიგის რეალურ დროში დამუშავებისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნეს.

- 2028 წლიდან მოსალოდნელია რკინიგზების დისპეტჩერულ პუნქტებში ჰიბრიდული კვანტურ-კლასიკური ალგორითმების სრული ინტეგრაცია. ეს ოპერატორებს საშუალებას მისცემს სწრაფად გადაწყვიტონ კონფლიქტური სიტუაციები, გადაამისამართონ მატარებლები და დაგვიანებათა წარმოშობის დროს დინამიკურად (რეალურ დროში) ცვალონ მატარებელთა მოძრაობის განრიგები.

- 2028-2030 წლებში მოსალოდნელია ლიანდაგისაგან დამოუკიდებელი კვანტური ნავიგაციის კომერციული დანერგვა. ეს მატარებლებს საშუალებას მისცემს გვირაბებსა და მჭიდრო დასახელებულ ადგილებში, სადაც GPS ვერ აკონტროლებს სიტუაციას, შენარჩუნდეს პოზიციონირების ულტრამალაი (ერთ სანტიმეტრზე ნაკლები) სიზუსტე, რაც მვირადღირებულ ლიანდაგისპირა ინფრასტრუქტურას ჩაანაცვლებს.

- 2030-2035 წლებში ფართოდ გავრცელდება სრულიად კომერციალიზებული კვანტური გადამწოდები და მოწინავე მასალები, რაც ავტონომიურ „ჭკვიან მატარებლებს“ საშუალებას მისცემს ინფრასტრუქტურის მდგომარეობის მონიტორინგისათვის მოძრავი სენსორული მასივების ფუნქციები შეასრულოს.

- 2027-2030 წლებში კვანტური კომუნიკაციების ევროპული ინფრასტრუქტურა EuroQCI (European Quantum Communication Infrastructure) აპირებს მაღალუსფრთხო კვანტური ქსელის ამუშავებას. სარკინიგზო ტრანსპორტზე კვანტური გასაღების განაწილების (Quantum Key Distribution – QKD) ეს ქსელი გამოყენებული იქნება მომავალი კიბერშეტევებისაგან მართვის კრიტიკულად მნიშვნელოვანი სისტემების დასაცავად.

დასკვნა

ნაშრომში ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ:

■ სარკინიგზო ტრანსპორტის თანამედროვე ინჟინრების მომზადებაში ფუნდამენტურ ადგილი უნდა ეკავოს გლობალიზაციის საკითხებს. ამ საკითხებით უნდა იყოს განმსჭვალული სწავლის ყველა დონე - ფუნდამენტური დისციპლინებიდან დაწყებული და ვიწროსპეციალიზებული ჩვევებით დამთავრებული. ისინი მომავალ სპეციალისტებში აყალიბებენ სტრატეგიულ აზროვნებას, რომელიც მათ დიდად გამოადგებათ საერთაშორისო სარკინიგზო ხაზებზე მუშაობისას.

■ რკინიგზის ტრანსპორტის გლობალიზაციასთან ერთად, კვანტური ტექნოლოგიები გადამწყვეტ როლს თამაშობენ კონტინენტურ დონეზე უსაფრთხოების, მარშრუტების

ოპტიმიზაციისა და ინფრასტრუქტურის მართვის უზრუნველყოფაში. ისინი დარგს შემდეგი სამი საკვანძო მიმართულებით გარდაქმნის. კერძოდ:

- **კვანტური კომუნიკაციები** უზრუნველყოფს აბსოლუტურ ინფორმაციულ უსაფრთხოებას ჰაკერული თავდასხმებისა და არაავტორიზებული ჩარევებისაგან დაცვისათვის;
 - **კვანტური გამოთვლები** მყისიერად წყვეტს ურთულეს ლოგისტიკურ და ოპტიმიზაციურ ამოცანებს;
 - **კვანტური სენსორების** მეშვეობით მატარებლებს შეუძლიათ, თანამგზავრების დახმარების გარეშე, ზუსტად იმოდრონ და ლიანდაგებზე მიკროდეფექტები აღმოაჩინონ.
- **კვანტური ერა სწრაფად გვიახლოვდება.** მეცნიერები კვანტური ტექნოლოგიების მიმართულებით არნახული წინსვლის ზღურბლზე არიან. ეს წინსვლა მიგვიყვანს ახალ და უპრეცედენტო აღმოჩენებამდე, რაც იმდენად გაზრდის უთანასწორობას განვითარებულ და განვითარებად ქვეყნებს შორის, რომ მის დასაძლევად უახლოეს მომავალში არნახული ძალისხმევა გახდება საჭირო. ამის თავიდან ასაცილებლად სასურველია სასწავლო პროგრამებს დაემატოს მოკლე კურსი, რომელიც სტუდენტებს საშუალებას მისცემს, აითვისონ კვანტური ტექნოლოგიების საკვანძო საკითხები.

გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. ა. დუნდუა. კომპიუტერი, ინტელექტი და ლინგვისტიკა - თბ. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2025. -235 გვ.
2. ა. დუნდუა. ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო სისტემების დაპროექტების საფუძვლები. - თბ. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2022. -132 გვ.
3. ა. დუნდუა. ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო და საგადასარბენო სისტემები, I ნაწილი - თბ. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009. -291 გვ.
4. ა. დუნდუა. ავტომატიკისა და ტელემექანიკის სასადგურო და საგადასარბენო სისტემები, II ნაწილი. - თბ. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2013. -478 გვ.
5. ა. დუნდუა. ტრანსპორტზე მიკროპროცესორული ტექნიკის გამოყენების საფუძვლები. - თბ. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2017. -344 გვ.
6. Коврига А.Н. Системы микропроцессорных централизаций. – 2024.
<http://elib.bsut.by/bitstream/handle/123456789/11219/Коврига%20СМИ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. „The Future of Rail” (Opportunities for energy and the environment).
https://www.oecd.org/en/publications/the-future-of-rail_9789264312821-en.html
8. Anatoly Khomonenko , Maad M. Khalil. Transforming Logistics: The Power of Rail Investment.
<https://www.worldbank.org/en/results/2025/08/28/transforming-logistics-the-power-of-rail-investment>
9. Quantum computing in controlling railroads
<https://pdfs.semanticscholar.org/b77d/c7df365b79c6c7728dcfee19377691538fe0.pdf>
10. Quantum Turing machine. https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_Turing_machine
11. FAQ: Квантовые технологии. <https://postnauka.org/faq/24983>
12. David Hunt Quantum Computing Could Take Rail Operations to a New Level.
<https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2025/may/quantum-computing-could-take-rail-operations-to-a-new-level.html>

13. Alexander Schuler, Travis Waller, Riccardo Bassoli, Nikola Bešinović Quantum computing for railway rescheduling: Literature review and future directions.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590198226000333>

14. Квантовые технологии в железнодорожных перевозках: новая эра логистики.

<https://rosstip.ru/news/5170-kvantovye-tekhnologii-v-zheleznodorozhnykh-perevozkakh-novaya-era-logistiki>

15. Сугорский А. В. Перспективы применения квантовых компьютеров на железнодорожном транспорте.

<http://elib.bsut.by/bitstream/handle/123456789/5648/Тихомировские%20чтения2021.%20357%20-%20360.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**From mechanical centralizations to quantum computers, or a new era
in the history of rail transport
Aleksandre Dundua**

Abstract:

The article retrospectively discusses the key issues of the evolutionary development of railway transport from its inception to the present day. It is emphasized that in order to successfully resolve various economic issues facing humanity, the issue of globalization of railways is constantly being addressed. The latter is related to the introduction of technologies that are closest to railways. Among the mentioned technologies, quantum technologies stand out for their perspective. Their introduction on the railways of the world's leading countries began two years ago. **The processes of improving and introducing quantum technologies are occurring almost simultaneously.** The expected benefits are so great that customer organizations do not hesitate to allocate colossal investments. The pace of introduction is reaching the highest level. According to forecast, by 2030-2038, railways in all developed countries will be massively equipped with quantum technologies, which is a sign of the beginning of a new era. This article will allow the reader to understand the regularities that made it possible to begin a new era in the development of railway transport.

Keywords:

Globalization, optimization, real-time, interlocking, relay, microprocessor, quantum computer, qubits, superposition, entanglement, interference.

**От механической централизации до квантовых компьютеров, или новая эра
в истории железнодорожного транспорта
Александр Дундуа**

Резюме:

В статье ретроспективно рассматриваются ключевые вопросы эволюционного развития железнодорожного транспорта от его зарождения до наших дней. Подчеркивается, что для успешного решения различных экономических проблем, стоящих перед человечеством, постоянно поднимается вопрос глобализации железных дорог. Последняя связана с внедрением

технологий, наиболее близких к железнодорожному транспорту. Среди упомянутых технологий выделяются квантовые технологии, отличающаяся своей перспективностью. Их внедрение на железных дорогах ведущих стран мира началось два года назад. **Процессы совершенствования и внедрения квантовых технологий ведутся практически одновременно.** Ожидаемые выгоды настолько велики, что организации-заказчики без колебаний выделяют колоссальные инвестиции. Темпы внедрения достигают наивысшего уровня. Согласно прогнозам, к 2030-2038 годам железные дороги всех развитых стран мира будут массово оснащены квантовыми технологиями, что является признаком начала новой эры.

Данная статья позволить читателю понять закономерности, которые сделали возможным начало новой эры в развитии железнодорожного транспорта.

Ключевые слова:

Глобализация, оптимизация, реальное время, централизация, микропроцессор, квантовый компьютер, кубиты, суперпозиция, запутанность, интерференция.

სამეცნიერო ნაშრომის რედაქციაში წარმოდგენის წესი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტის ჟურნალში - “ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა” სამეცნიერო ნაშრომის წარმოდგენა ხდება ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე, რომლებიც უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

1. ნაშრომი უნდა შესრულდეს A4 ფორმატის ქაღალდის 1,15 ინტერვალით ნაბეჭდ გვერდზე ISO სტანდარტის მოთხოვნის მიხედვით:

ა) ნაშრომი უნდა მომზადდეს Microsoft Word-ში ცხრილებისა და ფორმულების რედაქტორების გამოყენებით; შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს Microsoft Excel-ის პროგრამა;

ბ) სამუშაო ქაღალდის მინდვრის ზომები: ზედა - 35 მმ, ქვედა - 25 მმ, მარცხენა - 25 მმ, მარჯვენა - 25 მმ;

გ) ქართულ ენაზე შესრულებული ნაშრომი უნდა აიწყოს Sylfaen – ის გარნიტურის შრიფტით, ინგლისურ და რუსულ ენებზე შესრულებული ნაშრომი კი – Times New Roman შრიფტით;

დ) ნაშრომის დასახელება უნდა აიწყოს Sylfaen გარნიტურის შრიფტით 18B; ავტორის სახელი (სრულად) და გვარი - Sylfaen გარნიტურის შრიფტით 14B; ავტორის თანამდებობა/წოდება/ხარისხი, ელ. ფოსტის მისამართი უნდა მიეთითოს შრიფტით 10; დასახელება ორგანიზაციის, სადაც შესრულდა სამუშაო, უნდა მიეთითოს ფრჩხილებში - შრიფტით 12B; ნაშრომის რეზიუმე უნდა შესრულდეს კურსივი შრიფტით 11; საკვანძო სიტყვები - შრიფტით 11; ნაშრომის ტექსტი - 11; რუსულ ენაზე შესრულებული ნაშრომი - შრიფტით 12; ლიტერატურის ჩამონათვალის შემდეგ ერთვის რეზიუმე ინგლისურ და რუსულ ენებზე შემდეგი მითითებით: ნაშრომის დასახელება, ავტორის/ავტორების სახელი (სრულად) და გვარი. რეზიუმეს მოცულობა უნდა იყოს 5-15 სტრიქონი;

2. ნაშრომი წარმოდგენილი უნდა იყოს ან კომპაქტ დისკზე (CD-R) და ერთ ეგზემპლარად A4 ფორმატის ქაღალდზე (მკაფიოდ) დაბეჭდილი ან ატვირთეთ შემდეგ მისამართზე: journal.t.m@gtu.ge

3. ნაშრომს თან უნდა ერთვოდეს მონაცემები ავტორის (ავტორების) შესახებ: აკადემიური ხარისხი/სამეცნიერო ხარისხი, თანამდებობა, სამუშაო ადგილი და ტელ. ნომერი;

4. ჟურნალში ქვეყნდება მხოლოდ რეცენზირებადი ნაშრომები;

5. რედაქცია მხარს დაუჭერს ერთ ჟურნალში ერთი და იგივე ავტორების მიერ შესრულებულ არაუმეტეს სამი სტატიის გამოქვეყნებას;

6. ნაშრომის გვერდების რაოდენობა განისაზღვრება 5-დან 30 გვერდამდე;

7. ავტორი პასუხს აგებს ნაშრომის შინაარსსა და ხარისხზე.

FOR AUTHIORS

procedure for submission of scientific papers in journal

In the Journal “Transport and Machine Building” of Transport and Mechanical Engineering Faculty of Georgian Technical University manuscripts will be submitted in Georgian, English and Russian languages with satisfying of the following conditions:

1. The paper must be performed on A4 page format with interval 1,15 by requirements of ISO standard:

a) The paper must be prepared in Microsoft Word with using of redactor for the tables and formulae; is possible to use the program Microsoft Excel.

b) Margins: top – 35 mm, bottom – 25 mm, left – 25 mm, right – 25 mm.

c) Performed in Georgian paper must be typed in Sylfaen, performed in English and Russian papers – in Times New Roman.

d) Title of paper must be typed in Sylfaen (18B); name and surname of author – in Sylfaen (14B); affiliation, in parenthesis – in 12B; abstract must be performed in italic 12; keywords – in 12; body-type – in 12; performed in Russian paper – in 12; after references should have the abstracts in English and Russian with following: title of paper, name and surname of author (authors). The abstract should not exceed 5-15 lines;

2. The paper must be submitted on compact-disk (CD-R) and one copy (legible) printed on format A4 Or upload to the following address: journal.t.m@gtu.ge;

3. The paper should be accompanied with the information about author (authors): scientific degree, rank and position;

4. Only the peer reviewed works are published in the journal;

5. The editorial supports the publishing of no more than three articles published by the same authors in one journal;

6. Size of paper’s sheet is determined in range from 5 up to 30 pages;

7. The author is wholly responsible for the contents and quality of the paper.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Порядок представления в редакцию научных работ

В журнал “Транспорт и машиностроение” транспортного и машиностроительного факультета Грузинского технического университета научные работы представляются на грузинском, английском и русском языках с соблюдением следующих требований:

1. Работа должна быть выполнена на бумаге форматом А4 с интервалом 1,15 на печатном листе согласно требованиям стандарта ISO:

а) Работа подготавливается в Microsoft Word с использованием редакторов таблиц и формул; возможно использование программы Microsoft Excel.

б) размеры поля рабочего листа: верхнее – 35 мм, нижнее – 25 мм, левое – 25 мм, правое – 25 мм.

в) выполненная на грузинском языке работы должна быть набрана шрифтом Sylfaen, выполненный на английском и русском языках работы – шрифтом Times New Roman.

г) название работы должно быть набрано шрифтом Sylfaen (18B); имя и фамилия автора – шрифтом Sylfaen (14B); название организации, где выполнена работа, указывается в скобках – шрифтом 13B; резюме работы выполняется курсивным шрифтом 12; ключевые слова – шрифтом 12; текст работы – шрифтом 12; выполненная на русском языке работа – шрифтом 12; после литературы прилагается резюме на английском и русском языках со следующим указанием: название работы, имя и фамилия автора (авторов). Объём резюме не должен превышать 5-15 строк;

2. Работа должна быть представлена на компакт-диске (CD-R) и в одном экземпляре (разборчиво) напечатанной на бумаге формата А4 Или загрузите по следующему адресу: journal.t.m@gtu.ge;

3. К работе прилагаются данные об авторе (авторах): научная степень, звание и должность;

4. В журнале публикуются только рецензируемые работы;

5. Редакция согласится напечатать в одном журнале не более трёх статей выполненных одним и тем же автором;

6. Количество листов работы определяется от 5 до 30 страниц;

7. Автор несёт ответственность за содержание и качество работы.

ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 (66) 2026

TRANSPORT AND MACHINEBUILDING №2 (66) 2026

ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ №2 (66) 2026

სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი
SCIENTIFIC – TECHNICAL JOURNAL
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

გამოდის პერიოდულობით წელიწადში სამჯერ

Published periodically for three times a year

Журнал выходит в год три раза

გამომცემლობა „ტრანსპორტი & მანქანათმშენებლობა“

Publishing House „TRANSPORT & MACHINEBUILDING“

Издательство „ТРАНСПОРТ & МАШИНОСТРОЕНИЕ“

დიზაინერ-დამკაბადონებელი - თეა ბარამაშვილი

Designer-Typographer - Tea Baramashvili

Дизайнер-типограф - Теа Барамашвили

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 2026წ. 17 ივლისი;

გამოცემის ფორმატი 60X84 1/8; ფიზიკური ნაბეჭდი

თაბახი 11.25; საბეჭდი ქაღალდი - ოფსეტური №1.

Signed for printing 17.07.2026; Editior size 60X84 1/8; printed
sheet 11.25; printing paper - Offset N1.

Подписано к печати 17.07.2026г; Формат издания л. 60X84 1/8;
Физичесих печатных листов 11.25; Печатная бумага - офсетная №1.