

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო  
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

*ხელნაწერის უფლებით*

**ბოზოხიძე მერაბ ბუდუსძე**

საგზაო მოძრაობის პარამეტრების კონტროლი და მართვა საკონტროლო  
პარამეტრების ოპერატიული დამუშავებით ავტომატიზირებულ სისტემაში

05.11.13. გარემოს, ნივთიერებების, მასალების და ნაწარმის კონტროლის  
სამუშალებები და მეთოდები

ტექნიკის მეცნიერების კანდიდატის  
სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარდგენილი დისერტაციის

**ავტორეფერატი**

ქუთაისი 2006

სადისერტაციო ნაშრომი შესრულებულია ქუთაისის ნიკო მუსხელიშვილის სახელობის სახელმწიფო ტექნიკური უნივერსიტეტში (ქსტუ).

სამეცნიერო ხელმძღვანელი:

**მგალობლიშვილი კარლო დავითის ძე**

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, სრული პროფესორი.

ოფიციალური ოპონენტები:

**ტყეშელაშვილი მურმან ლევანის ძე**

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, სრული პროფესორი.

**ჯოხაძე გიორგი დომენტის ძე**

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი.

შპს საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოების სამეცნიერო-

საექსპერტო ცენტრის დირექტორი.

დისერტაციის საჯარო დაცვა შედგება 2006 წლის 15 დეკემბერს 13<sup>00</sup> საათზე აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის (წსუ) T 05.02N8 სადიტსერტაციო საბჭოს სხდომაზე.

მისამართი: წსუ. 1 კორპუსი, აუდიტორია 101. 98, ახალგაზრდობის გამზირი.

4614, ქუთაისი, საქართველო.

დისერტაციის გაცნობა შესაძლებელია წსუ-ს სამეცნიერო ბიბლიოთეკაში

ავტორეფერატი დაიგზავნა 2006 წლის 15 ნოემბერს

სადისერტაციო საბჭოს სწავლული მდივანი,

ასოცირებული პროფესორი

**ოცხელი ვალერი ნიკოლოზის ძე**

## სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

**თემის აქტუალობა.** დღევანდელ მსოფლიოში აქტუალურია გლობალიზაციის საკითხი, რომელსაც თან ახლავს ქვეყნებს შორის სატრანსპორტო კავშირების ინტენსიფიკაცია. ერთ-ერთ ასეთ სატრანსპორტო დერეფანს წარმოადგენს ძველი დროიდან ცნობილი ევროპა-აზიის დამაკავშირებელი ე.წ. «დიდი აბრეშუმის გზა». მისი აღორძინების და მშენებლობის პროექტი მიღებული და დამტკიცებულია მსოფლიოს მრავალი განვითარებული ქვეყნის მიერ. პერსპექტივაში დევს ამ გზის განვითარება სამხრეთისა და ჩრდილოეთის მიმართულებით.

ჩვენს ამოცანას შეადგენს სამაგისტრალო ქსელის მოწესრიგება ISO სტანდარტების მოთხოვნათა მიხედვით. შედეგად გზა იმუშავებს არა მარტო დღეისათვის არსებულ სიტუაციაში, არამედ გაატარებს უფრო მძლავრ სატრანსპორტო ნაკადებს.

არსებული საგზაო ქსელის ნაკლოვანებების გამოსწორების, მისი გამტარუნარიანობის გაზრდის და მოძრაობის უსაფრთხოების ამაღლების მიზნით აქტუალურია არსებული ქსელის საგზაო მოძრაობის კონტროლისა და მართვის ავტომატური სისტემის (კმას) შემუშავება.

**კვლევის საგანი და პრობლემატიკა.** კვლევის საგანს წარმოადგენს ევრაზიის დამაკავშირებელი კავკასიის სატრანსპორტო დერეფნის მოძრაობის ორგანიზაცია, რომელიც არ ითვალისწინებდა გზადაზიდვების ნახტომისებურ განვითარებას პერსპექტივაში.

ნაშრომის პრობლემატიკას წარმოადგენს გზის გამტარუნარიანობის გაზრდა კონტროლისა და მართვის ავტომატიზებული სისტემის შექმნით.

**კვლევის ობიექტს** წარმოადგენს საავტომობილო მაგისტრალებისა და მათზე მოძრაობის ორგანიზაციის ახალი საშუალება – კონტროლისა და მართვის ავტომატიზებული სისტემა.

**კვლევის მიზანი და ამოცანები.** კვლევის მიზანია მაგისტრალურ გზებზე ავტომობილების ნაკადების საკონტროლო პარამეტრების აღრიცხვისა და მოძრაობის ორგანიზაციის მეთოდების დახვეწა ავტომატიზებული სისტემების გამოყენებით. ამისათვის საჭირო გახდა შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტა:

- საავტომობილო ნაკადების საკონტროლო პარამეტრების აღრიცხვისა და შემდგომი დამუშავების მიზნით გადაცემის პროცესის ავტომატიზაციის უზრუნველყოფისათვის სპეციალური მოწყობილობის სქემის შემუშავება;
- შეგროვებული სტატისტიკური ინფორმაციის დამუშავებისათვისა და მოძრაობის პროცესის მაკორექტირებელი მმართველი გადაწყვეტილებების მიღებისათვის სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნა;
- მაგისტრალზე საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის ტექნიკური უზრუნველყოფისათვის უნივერსალური ხელსაწყო სქემის და მუშაობის პრინციპის შემუშავება;
- შემუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფის და მთლიანად სისტემის კვლევა ვირტუალური ექსპერიმენტით.

**კვლევის მეთოდები.** დასმული ამოცანების გადაწყვეტისათვის გამოყენებულია საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოების, ორგანიზაციისა და მართვის თეორია; მასობრივი მომსახურების თეორია; ავტომატიკისა და ტელემექანიკის, ინფორმაციული სისტემების თეორიათა საფუძვლები; მათემატიკური სტატისტიკა და ალბათობის თეორია; მათემატიკური მოდელირებისა და ექსპერიმენტული კვლევის თანამედროვე მეთოდოლოგია; საგზაო მოძრაობის ნატურული კვლევის მეთოდები.

**მეცნიერული სიახლე:**

- დამუშავებულია საგზაო მოძრაობის საკონტროლო პარამეტრების რეგისტრაციის, დამუშავებისა და მართვის ავტომატური სისტემის კონცეპტუალური სქემა;
- საკონტროლო პარამეტრების ავტომატურ რეჟიმში აღრიცხვისათვის შექმნილია მთვლელ-მარეგისტრირებელი მოწყობილობის პრინციპიალური სქემა;
- დამუშავებულია კონტროლისა და მართვის ავტომატიზებული სისტემის კომპიუტერული პროგრამული უზრუნველყოფა;
- შემოთავაზებულია საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის ახალი ტექნიკური საშუალების, უნივერსალური საგზაო ნიშნის გამოყენება.

**სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება.** შემოთავაზებული სისტემა საშუალებას იძლევა საქართველოს მაგისტრალურ გზებზე მოსალოდნელი სატრანსპორტო ნაკადების მატების პირობებში მოძრაობის მაღალი ინტენსივობის კონტროლი და

მართვა განხორციელდეს ავტომატურ რეჟიმში, რაც შეამცირებს გზის ცალკეულ მონაკვეთებზე მოძრაობის შეფერხების რისკს და მის თანმდევ პრობლემებს.

**დაცვაზე გამოტანილი დებულებები:**

- საგზაო მოძრაობის ოპერატიული კონტროლისა და მართვის სისტემა;
- საკონტროლო პარამეტრების ავტომატურ რეჟიმში აღმრიცხავი მოწყობილობის სქემა და მოქმედების პრინციპი;
- ავტომატური სისტემის პროგრამული უზრუნველყოფის სტრუქტურა და ალგორითმი;
- პროგრამული უზრუნველყოფის კვლევის შედეგები ვირტუალური ექსპერიმენტის გამოყენებით;
- საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის უნივერსალური ტექნიკური ერთეულის პრინციპიალური სქემა.

**სამუშაოს შედეგების საიმედოობა და დასაბუთება** უზრუნველყოფილია კვლევის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით და არ ეწინააღმდეგება საგზაო მოძრაობის პრაქტიკას და სტატისტიკას.

**სამუშაოს შედეგების რეალიზაცია** დაკავშირებულია დიდ ტექნოლოგიურ და ტექნიკურ სირთულეებთან, ამიტომ განხორციელებულია მხოლოდ პროგრამული უზრუნველყოფის აპრობაცია საპატრულო პოლიციის დეპარტამენტის იმერეთის მთავარ სამმართველოში ვირტუალური ექსპერიმენტის სახით.

**ნაშრომის აპრობაცია.** დისერტაციის ძირითადი დებულებები წარმოდგენილი იქნა საერთაშორისო კონფერენციებზე MOTAUTO'97 (ქ. რუსეში, ბულგარეთი, 1997); MOTAUTO'98 (ქ.სოფია, ბულგარეთი, 1998); MOTAUTO'99 (ქ. პლოვდივი, ბულგარეთი, 1999) და MOTAUTO'02 (ქ. სოფია, ბულგარეთი, 2002); აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საინჟინრო-ტექნიკური ფაკულტეტის სატრანსპორტო სისტემების დეპარტამენტის სამეცნიერო სემინარზე (2006 წელი).

**პუბლიკაცია.** სადისერტაციო თემის ირგვლივ გამოქვეყნებულია 7 სტატია და მიღებულია საქართველოს პატენტი სასარგებლო მოდელზე.

**ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა.** ნაშრომი შედგება შესავლის, 5 თავის, ძირითადი დასკვნების და დანართისაგან. შეიცავს 131 გვერდს, 12 ცხრილს, 47 ნახაზს. გამოყენებული ლიტერატურის სიაში მოყვანილია 123 დასახელება.

## ს ა მ უ შ ა ო ს შ ი ნ ა ა რ ს ი

შესავალში დასაბუთებულია სადისერტაციო თემის აქტუალობა, განხილულია მისი არსი, ძირითადი მიზნები და ამოცანები.

პირველ თავში მოცემულია სადისერტაციო თემის მონათესავე დისერტაციების, სამეცნიერო შრომებისა და საავტორო მოწმობების ანოტაციები; აგრეთვე ლიტერატურული და ინტერნეტის საშუალებით მოკვლეული ინფორმაციის მიმოხილვა.

მიმოხილვაში წარმოდგენილი მასალა ეძღვნება საგზაო მოძრაობის შესწავლისა და კვლევის არსებულ მეთოდებს, გზებზე არსებული მდგომარეობის შესწავლას, საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებას საგზაო მოძრაობის კონტროლისა და მართვის პროცესში. პირველი თავის ბოლოს განხილულია მაგისტრალურ გზებზე მოძრაობის ორგანიზაციაში დღეს არსებული პრობლემები და მათი გადაჭრის შესაძლო გზები. შედეგად ჩამოყალიბებულია გადასაწყვეტი ამოცანები.

ჩატარებულ კვლევებზე ყველაზე არსებითი გავლენა მოახდინა შემდეგი მეცნიერების შრომებმა: სილიანოვი ვ., დრიუ დ., ვასილიევი ა., სიტნიკოვი ი., ეშტონი დ., იურგენი პ., ბოროვსკი ბ., ზოტოვი ბ., ბაბკოვი ვ., შევიაკოვი ვ., ლუკიანოვი ვ., მიშურინი ვ., ფრიმშტეინი მ., ბლინკინი მ., კრემენეცი ი., ხაზარაძე გ., მშვიდლობაძე ბ., ქოჩიაშვილი ი., კვირიკაშვილი ი., ხამადა ი. და ა.შ.

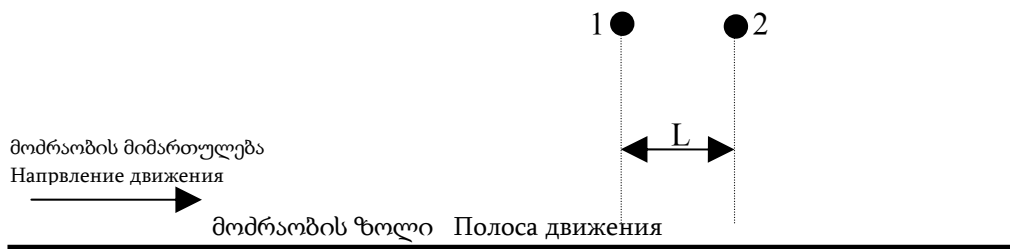
ამ ავტორების შრომებში, ძირითადად, განხილულია საავტომობილო ნაკადების საკონტროლო პარამეტრების მართვის ეფექტურობის თეორიული კვლევები, თუმცა ნაკლები ყურადღება აქვს დათმობილი მართვის პროცესში ავტომატური სისტემების გამოყენებას. როგორც ცნობილია, საავტომობილო ნაკადების პარამეტრების კონტროლისა და დიაგნოსტიკისათვის დღესდღეობით ძირითადად გამოიყენება ნატურული დაკვირვებები და ტექნიკური მეთოდები, რომელთა საშუალებით ხდება მონაცემების აღრიცხვა და დაგროვება.

მიღებული სტატისტიკური მონაცემები ძირითადად გროვდება დოკუმენტების სახით და შემდეგ მუშავდება კამერალურად. დამუშავების საფუძველზე შემუშავდება მმართველი გადაწყვეტილებები და მათ შესაბამისად უშუალოდ გზაზე ჩასატარებელი ორგანიზაციული ღონისძიებები. აღნიშნული პროცესის განხორციელება მოითხოვს საკმაოდ დიდ დროს, რის გამოც იკარგება მოძრაობის

კონტროლისა და მართვის ოპერატიულობა. პროცესის ალბათური ხასიათის გამო ადგილი აქვს უზუსტობებს მმართველი გადაწყვეტილებების შემუშავებისას.

მეორე თავში აღწერილია კონტროლისა და მართვის ავტომატიზებული სისტემის (კმას) აპარატურული უზრუნველყოფა და ინფორმაციის აღრიცხვისა და გადაცემის ორგანიზაციის სქემა, რაც ამარტივებს და აჩქარებს ინფორმაციის შეკრების და კომპიუტერში შეყვანის პროცესს.

სისტემაში ძირითად მონაცემებს წარმოადგენს ავტომობილების ნაკადის საკონტროლო პარამეტრები: ინტენსივობა, საშუალო სიჩქარე, სიმკვრივე, სტრუქტურა, დაყოვნება, რიგის სიგრძე. ამ პარამეტრების ოპერატიული კონტროლისათვის შემოთავაზებულია ავტომატური პოსტი, რომლის პრინციპიალური სქემა მოცემულია ნახ.1.



ნახ.1. ავტომატური პოსტის პრინციპიალური სქემა

Рис.1. Принципиальная схема автоматического поста

ამ პოსტის ულტრაბგერითი რადარები (1,2) დროის თითოეული მომენტისათვის ადგენენ იმყოფება თუ არა ავტომობილი მოცემულ წერტილში. ორ მიმდებარე იმპულსს შორის ინტერვალი ისე არის შერჩეული, რომ პირველი იმპულსის დაბრუნებამდე შემდეგი იმპულსი არ გამოსხივდება.

ორი ულტრაბგერითი რადარის ერთმანეთისაგან დაშორება შერჩეულია ისე, რომ მათ საშუალება ჰქონდეთ დაფიქსირდეს ყველა საჭირო პარამეტრის სიდიდე: სატრანსპორტო ერთეულების სიჩქარე, ნაკადის სტრუქტურა, დაყოვნება, რიგის წამოქმნა.

გათვალისწინებულია საკონტროლო პარამეტრების გაზომვის შემთხვევითი ცდომილებები.

გაზომვის შედეგი ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\bar{X} \pm Z, \tag{1}$$

სადაც  $\bar{X}$  – გაზომვის შედეგია;

$Z$  – გაზომვის შედეგის სარწმუნო ცდომილებაა.

$\bar{X}$ -ის პოვნის მეთოდი დამოკიდებულია ძირითადად გაზომვის მეთოდისაგან, ხოლო  $Z$ -ს პოულობენ შემდეგი გამოსახულებიდან:

$$Z = (tq)_\varepsilon \cdot S_\varepsilon \quad (2)$$

სადაც  $(tq)_\varepsilon$  არის კოეფიციენტი, რომელიც შეესაბამება შემთხვევით განაწილების კომპოზიციის  $q$  – პროცენტთან წერტილს,  $S_\varepsilon$  – შემთხვევით ცდომილებების და სისტემური ცდომილებების გამოურიცხავი ნარჩენების კომპოზიციის საშუალო კვადრატული გადახრის კომპოზიციებია.

$$L_\varepsilon = \sqrt{S_V^2 - S_x^2} \quad (3)$$

ბოლო გამოსახულებაში  $S_{\bar{x}}$  არის საშუალო არითმეტიკულის საშუალო კვადრატულის საშუალო კვადრატული გადახრის შეფასება (ან გაზომვის შედეგის დისპერსიის შეფასება).

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

$S_V$  არის სისტემური ცდომილებების გამოურიცხავი ნარჩენების ჯამის საშუალო კვადრატული გადახრის (სკგ) შეფასება.

სისტემური ( $Q$ ) და შემთხვევით ცდომილებების ( $S_{\bar{x}}$ ) შორის დადგენილია თანაფარდობა, რომელიც საშუალებას იძლევა გავითვალისწინოთ ან უგულვებელყოფოთ ერთ-ერთი, როცა  $\frac{Q}{S_{\bar{x}}} < 0,8$ , მაშინ სისტემურ ცდომილებას უგულვებელყოფენ და ჯამურ ცდომილებას ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულით:

$$Z = (tq)_{\bar{x}} \cdot S_{\bar{x}} \quad (5)$$

იმ შემთხვევაში, როცა  $\frac{Q}{S_{\bar{x}}} > 0,8$ , მაშინ უგულვებელყოფენ ცდომილებას და

ჯამურს ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულით:  $Z = Q$  რაც იმას ნიშნავს, რომ ამ შემთხვევაში ყველა ცდომილება განპირობებულია სისტემური ცდომილებით.

მოყვანილი ფორმულები შეადგენენ ცდომილების ანგარიშის მეთოდს. უფრო დაწვრილებითი ცნობები ცდომილებების ანგარიშის შესახებ საჭიროდ აღარ მივიჩნიეთ, როგორცაა, მაგალითად ცდომილებათა განაწილების კანონის ექსპერიმენტალური პოვნა, შედეგის ჩაწერის მეთოდი, გაზომვის მეთოდების სახეები და სხვა.



საერთო სარწმუნო ცდომილებას გაზომვის შედეგთან ერთად ჩაწერენ შემდეგნაირად:

$$\bar{A} = \pm Z, a \quad (6)$$

სადაც  $a$  არის სარწმუნო ალბათობა და ჩაიწერება ათობითი წილადით.

ავტომატური პოსტი რადარების გარდა მოიცავს:

- პროცესორს, რომელიც ახდენს ყველა გათვლებს, დროების ათვლას და საკონტროლო პარამეტრების ფორმირებას, რომლებიც გადაიცემა მონაცემთა დამგროვებელ ბლოკში;
- დამგროვებელ ბლოკს, რომელშიდაც გროვდება დროის საბაზო პერიოდში ათვლილი პარამეტრები და მომზადდება შემდგომი გადაცემისათვის ცენტრალურ კომპიუტერში.
- გადამცემ ბლოკს, რომელიც საბაზო დროის გავლის შემდეგ დამგროვებელ ბლოკიდან ინფორმაციას გადასცემს ცენტრალურ კომპიუტერს.

იმისდა მიხედვით თუ რა სიტუაცია არის შექმნილი გზის მოცემულ მონაკვეთზე ავტომობილების ნაკადის მართვა შესაძლებელია შემდეგი მმართველი ზემოქმედებებით: მაქსიმალური სიჩქარის შეზღუდვა; მინიმალური სიჩქარის შეზღუდვა; გასწრების აკრძალვა; შეზღუდვების ზონების რეგულირება; ნაკლებინტენსიური მიერთებების დროებით გადაკეტვა; შუქნიშნით რეგულირების ჩართვა.

ძირითადი ამოცანაა **კმას** ცენტრალური კომპიუტერის მიერ გამომუშავებული მმართველი გადაწყვეტილებების მიღების შემდეგ სისტემის მათი საშუალებით საგზაო მოძრაობის პროცესის რეგულირება ავტომატურ რეჟიმში.

კვლევები აჩვენებენ, რომ შექმნილი საგზაო სიტუაციის მიხედვით გზის ერთსა და იმავე ადგილას დროის სხვადასხვა მომენტში საჭიროა საგზაო ნიშნების ცვლა, რაც საშუალებას იძლევა ნაკადის მოძრაობის პარამეტრები მაქსიმალურად მიუახლოვდეს ოპტიმალურ მნიშვნელობებს.

შემოთავაზებულია ცვლადი საგზაო ნიშნების სახით გამოყენებული იქნას ეკრანული ტაბლოები. ნაშრომში მოყვანილია ასეთი საგზაო ნიშნის პრინციპიალური სქემა. თანამედროვე თხევადკრისტალური, ლაზერული ან თუნდაც ელექტრონულმილაკიანი ეკრანებზე შეიძლება გამოსხივდეს ნებისმიერი ხასიათის საგზაო ნიშანი. მაღალსიხშირული რადიოკავშირის არხების გამოყენებით გადაცემული **კმას** ცენტრალური კომპიუტერის ციფრული მმართველი სიგნალის

შესაბამისად.

**მესამე თავში** განხილულია **კმას** პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავების პროცესი. მოძრაობის ორი ზოლის მქონე გზებზე ავტომობილების ნაკადების მოძრაობის პარამეტრების ცვლილების, მასზე მოქმედი უამრავი ფაქტორის ზეგავლენის უფრო ზუსტი შეფასებისათვის ჩვენს მიერ გამოყენებული იქნა იმიტაციური მოდელირება.

გზის შესასწავლ მონაკვეთზე ავტომობილების ნაკადის მდგომარეობა იმიტაციურ მოდელში ხასიათდება ერთდროულად მოქმედი ცვლადების ათი ჯგუფით:

1. ავტომობილების დაშორებას საწყისი პუნქტებიდან, ამასთან მათი ნუმერაცია წარმოებს **კმას** მოქმედების ზონაში შემოსული პირველი ავტომობილიდან;

2. **კმას** მოქმედების ზონაში ყველა ავტომობილის სიჩქარეები დროის მოცემულ მომენტში;

3. მანძილები ყველა ავტომობილიდან წინ მიმავალ ავტომობილამდე;

4. დროის ყოველი მომენტისათვის მიყოლებით წყვილ ავტომობილებს შორის მანძილების დიაპაზონები;

5. წყვილ ავტომობილების სიჩქარეების თანაფარდობას და გასწრების რეალიზაციის შესაძლებლობას;

6. მოძრაობის რეჟიმების ცვლილების დროითი ინტერვალების სიდიდეები;

7. თითოეული ავტომობილის მოძრაობის მოცემულ რეჟიმში შესვლის მომენტს;

8. თითოეული ავტომობილის **კმას** ზონიდან გამოსვლის მომენტს;

9. ყოველი ავტომობილის მოძრაობის დროს შეზღუდულ პირობებში;

10. თითოეული ავტომობილის დროით დანაკარგებს **კმას** მოქმედების ზონაში.

ნაკადი განიხილება, როგორც ნებისმიერი რაოდენობის სამი ტიპის ავტომობილების ერთობლიობა: მსუბუქი, საშუალო სატვირთო და მძიმე სატვირთო ავტომობილები. მოდელში დროის ყოველი მომენტისათვის ნაკადის ყოველი ცალკეული ავტომობილისათვის **კმას** მოქმედების ზონაში გამოითვლება სიჩქარე, მდებარეობა, მდგომარეობა და სხვა პარამეტრები. გზის სავალ ზოლზე ავტომობილის თავისუფალი მოძრაობის რეჟიმი ირღვევა, როცა ის იწყებს წინ მიმავალი ავტომობილის გასწრებას და ამისათვის გადადის მოძრაობის შემხვედრ ზოლზე, ან როცა გზიდან გადახვევისათვის ის გადადის მოცდის რეჟიმში და ფაქტიურად უკეტავს გზას უკან მომავალ ავტომობილს.

მოდელირება მოხდა შემდეგი ეტაპების გამოყენებით:

1. განისაზღვრება გზის შესასწავლი მონაკვეთის გეომეტრიული ელემენტების კოორდინატების, საგზაო ნიშნებისა და მონიშვნის დაყენების და მოქმედების საზღვრები;
2. დადგინდა ნაკადის შესწავლის დროითი T მონაკვეთის ხანგრძლივობა და ორგანიზაცია გაუკეთდა დროის ცვლილებას საწყისი  $T_0$  მომენტიდან საბოლოო მნიშვნელობამდე მოცემული ბიჯით:  $T = T_0 + DT$ ;
3. მოძრაობის ინტენსივობის მიხედვით კონტროლდება ავტომობილების გზის საწყის მონაკვეთზე შემოსვლა. ამისათვის გამოყენებულია პუასონის განაწილების კანონი, ანუ კომპიუტერში ხდება შემთხვევითი (RX) რიცხვის გენერირება და მის საფუძველზე მიიღება პუასონის კანონით განაწილებული რიცხვი:

$$RX_p = \frac{1}{\lambda} \ln(1 - RX) \quad (7)$$

სადაც  $\lambda$  - პუასონის განაწილების პარამეტრია, რომელიც გვიჩვენებს მოვლენის მოხდენის ინტენსივობას.

4. შემთხვევითი რიცხვის მნიშვნელობის მიხედვით განისაზღვრება გზის საწყის მონაკვეთზე შემომავალი ავტომობილის ტიპი;
5. დროითი ინტერვალის და გზის ბლოკების გავლის მიხედვით მიიღება ყოველი ავტომობილის მოძრაობის პარამეტრებს დროის ყოველ მომენტში. განხილულია ავტომობილის მოძრაობის სხვადასხვა რეჟიმები.
6. მოდელის რეალიზაციით მიღებული შედეგები სტატისტიკური ანალიზისათვის ჩაიწერება მიმდევრობითი წვდომის ფაილში, რომლის დამუშავებაც გვადლევს საბოლოო შედეგებს.

მოდელი საშუალებას იძლევა მიღებული იქნას მონაცემები, რომლებიც ახასიათებენ ავტომობილების ნაკადის მოძრაობის პირობებს: ავტომობილების მოძრაობის საშუალო ხანგრძლივობა; თითოეული ტიპის ავტომობილის დროითი დანაკარგები; მთლიანი ნაკადისა და ცალკეული ავტომობილების მოძრაობის საშუალო სიჩქარე.

მეოთხე თავში მოცემულია შემუშავებული ალგორითმის რიცხვითი რეალიზაცია. იგი საშუალებას იძლევა გამოიკვლიოს ნაკადის მოძრაობის ყველა პარამეტრი და გადაწყდეს შემდეგი ამოცანები: ნაკადის ყველა პარამეტრის დამოკიდებულება მოძრაობის ინტენსივობაზე; მოძრაობის ორგანიზაციის

ვარიანტების შეფასება ნაკადის ავტომობილების მოძრაობის სიჩქარეების მიხედვით; ნაკადის საშუალო მახასიათებლების მნიშვნელობების ცვლილების შეფასება; მოძრაობის ორგანიზაციის საშუალებების და საგზაო ნიშნების დაყენების ახალი ვარიანტების გავლენა საგზაო სიტუაციაზე.

ჩატარებულია საგზაო სიტუაციის მათემატიკური მოდელის რიცხვითი კვლევა, რისთვისაც გამოყენებულია კომპიუტერული პროგრამა BASIC ენაზე. პროგრამაში გათვალისწინებულია გზის საკვლევი მონაკვეთის გეომეტრიული პარამეტრები, როგორცაა: გზის გრძივი დახრის კუთხეები სხვადასხვა მონაკვეთებისათვის. აგრეთვე შესაძლებელია გათვალისწინებული იქნას საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის პარამეტრები: სიჩქარის შეზღუდვა, გასწრების აკრძალვა და სხვა.

გზა დაყოფილია ერთეულოვან ბლოკებად, რომელთა სიგანე სავალი ზოლის სიგანის, ხოლო სიგრძე ავტომობილების დაყვანილი სიგრძის ერთი ერთეულის ტოლია. ამგვარად, ავტომობილს შეუძლია დაიკავოს დისკრეტული მდებარეობები. ყოველი ავტომობილის გადაადგილების ასახვა ხდება იმ ჩანაწერის შეცვლით, რომელიც აჩვენებს მის ადგილმდებარეობას. ამისათვის მიმდინარე სიჩქარე მრავლდება დროის ნაზრდზე, მიღებული მნიშვნელობით განისაზღვრება გადაადგილებისას გავლილი ბლოკების რაოდენობა და ემატება ავტომობილის მდებარეობის მაჩვენებელს.

პროგრამა ყოველ ავტომობილს, რომელიც ხვდება მოძრაობის ზოლის დასაწყისში, ანიჭებს საიდენტიფიკაციო ნომერს. მონაცემები იმიტაციური მოდელირების პროცესისათვის დაყოფილია რამდენიმე ჯგუფად:

- უშუალოდ ყოველ ავტომობილთან დაკავშირებული - სიჩქარე, მაქსიმალური აჩქარება, ტიპი ან ზომა და სხვა.
- ზოგადი მახასიათებლები - გასწრება, მოცდა და სხვა;
- გზის პარამეტრები - სიჩქარის შეზღუდვა, მიერთებების მდებარეობა, გასწრების აკრძალვა, გრძივი დახრები და სხვა.

სისტემის ფუნქციონირებისას ავტომობილი ხვდება სხვადასხვა სიტუაციებში, რომლებსაც რეალიზებას უკეთებს პროგრამაში არსებული ქვეპროგრამები.

1. *თავისუფალი მოძრაობა* - ავტომობილს მოძრაობისას არ ხვდება წინააღმდეგობა და შეუძლია განავითაროს გზის მონაკვეთზე დაშვებული სიჩქარე;
2. *ლიდერის დევნა* - ავტომობილი შეიძლება გადაადგილდეს აჩქარებით, რომელიც უზრუნველყოფს წინ მიმავალი ავტომობილის კვალში ჩადგომას.

3. *გასწრების მანევრი* - ავტომობილს შეუძლია განავითაროს წინ მიმავალზე მეტი სიჩქარე, მაშინ ავტომობილი იწყებს გასწრების მანევრის შესრულებას.
4. *შერწყმის მანევრი* - სრულდება მიმდებარე ბლოკების შემოწმება. თუ მანევრის შესასრულებლად საჭირო მანძილზე ყველა ბლოკი ცარიელია, მაშინ ავტომობილი იწყებს მანევრის შესრულებას.
5. *გადახვევა ძირითადი ზოლიდან* - მანევრი მსგავსია შერწყმის მანევრისა. ავტომობილი ჩერდება მიერთების მიმდებარე ბლოკში და მთლიანად იკავებს მას.

მოდელის შემოწმების მიზნით, ხდება აღწერილი პროგრამის რიცხვითი რეალიზაცია. კვლევის პროცესში ხდებოდა მოძრაობის ინტენსივობის ზრდა ნულოვანი მნიშვნელობიდან საგზაო ბლოკებში არასასურველი სიტუაციის შექმნის მნიშვნელობამდე.

კვლევა ჩატარებული იქნა სამ ეტაპად.

პირველ ეტაპზე ინტენსივობების ცვლილება ხდებოდა საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის არსებული სქემისათვის მანამდე, სანამ საგზაო ბლოკებიდან ერთერთში არ მოხდებოდა ავტომობილების რიგის წარმოქმნა.

მეორე ეტაპზე ხდება აღნიშნული კვანძის მოძრაობის ორგანიზაცია ახალი სქემით და თავიდან მეორდება პროცესი.

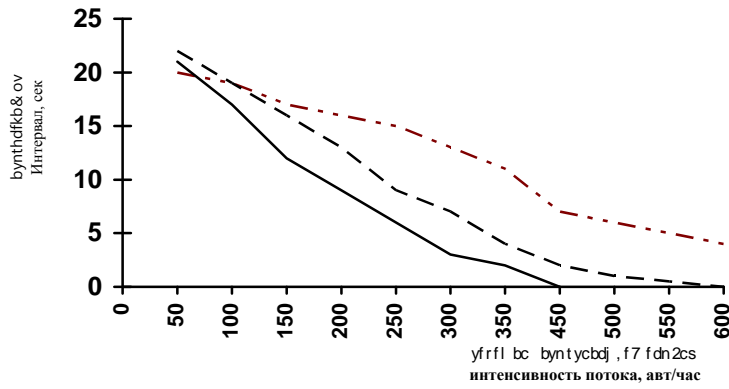
მესამე ეტაპზე ხდება კვანძებში ორგანიზაციის უფრო პროგრესული სქემების გამოყენება და გამტარუნარიანობაზე მათი შემოწმება.

კვლევებმა აჩვენა, რომ გზის მონაკვეთის გამტარუნარიანობა ძირითადად დამოკიდებულია საგზაო კვანძებში შექმნილ სიტუაციაზე, კერძოდ: ნაკადის ინტენსივობა, მის შემადგენლობაში შემავალი ავტომობილების სიჩქარეები, დროითი ინტერვალი მათ შორის და ნაკადის სიმკვრივე. შედეგები ნაჩვენებია ორგანოზომილებიან დიაგრამებზე. მთლიანი ხაზი შეესაბამება მოდელის კვლევის პირველ ეტაპს, წყვეტილი - მეორეს და წერტილწყვეტილი - მესამეს.

ყოველი კვანძისათვის მოცემულია სამი დამოკიდებულება:

1. დროითი ინტერვალი - ნაკადის ინტენსივობა;
2. ნაკადის საშუალო სიჩქარე - ნაკადის ინტენსივობა;
3. ნაკადის საშუალო სიჩქარე - ნაკადის სიმკვრივე.

გზის საკვლევი მონაკვეთის ერთ-ერთი საკვანძო წერტილის (თბილისი-სენაკი-ლესელიძის 247-ე კმ, "სალია") კვლევის შედეგები მოცემულია ნახ.2. ნახაზებზე 3 და 4 ნაჩვენებია, თუ როგორ იცვლება ავტომობილების მოძრაობის საშუალო სიჩქარე საკვლევ კვანძში ნაკადის ინტენსივობის და შესაბამისად სიმკვრივის ზრდის დროს.

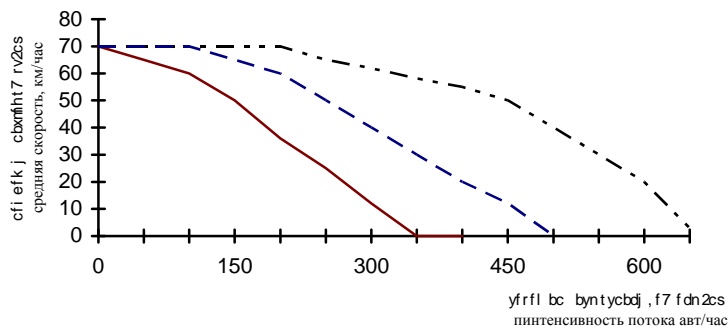


ნახ.2 მათემატიკური მოდელის კვლევის შედეგები

(ინტერვალის დამოკიდებულება ნაკადის ინტენსივობაზე)

Рис.2. Результаты исследования математической модели

(Зависимость интервала от интенсивности потока)

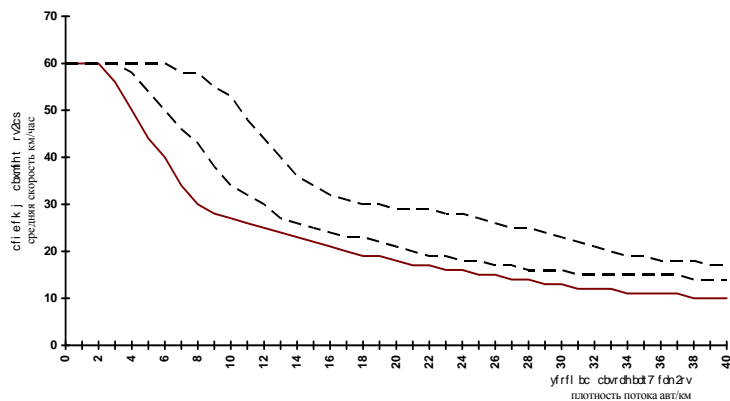


ნახ.3 მათემატიკური მოდელის კვლევის შედეგები

(სიჩქარის დამოკიდებულება ნაკადის ინტენსივობაზე)

Рис.3. Результаты исследования математической модели

(Зависимость скорости от интенсивности потока)



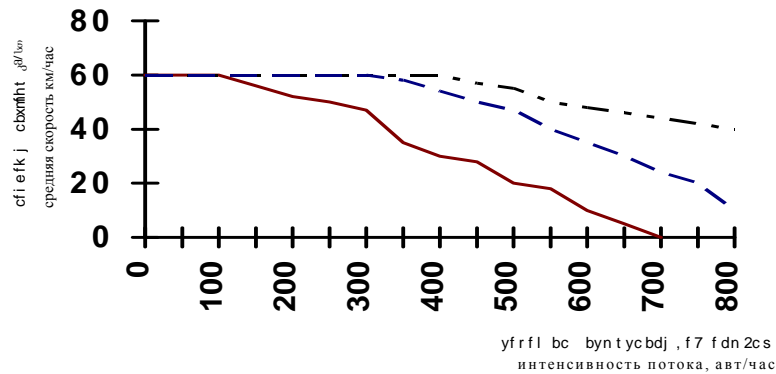
ნახ. 4 მათემატიკური მოდელის კვლევის შედეგები

(სიჩქარის დამოკიდებულება ნაკადის სიმკვრივეზე)

Рис.4. Результаты исследования математической модели

(Зависимость скорости от плотности потока)

ჩატარებული იქნა ავტომატური სისტემის მთლიანი პროგრამული უზრუნველყოფის კვლევა ვირტუალური ექსპერიმენტის საშუალებით, საგზაო სიტუაციის იმიტაციით. ჩატარებულია სრული პროგრამული უზრუნველყოფის გამოკვლევა კმას (ნახ.5).



ნახ.5. ინფორმაციული უზრუნველყოფის ვირტუალური კვლევის შედეგები.

Рис.5. Результаты виртуального исследования программного обеспечения

ვირტუალური ექსპერიმენტის პირველმა ეტაპმა აჩვენა, რომ საგზაო მოძრაობის პარამეტრების მიღებული მნიშვნელობები საკმაოდ სიზუსტით ემთხვევა რეალური კვლევის დროს ათვლილს. ავტომატური სისტემის გამოყენება საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად გაიზარდოს გზის გამტარუნარიანობა. შესაძლებელია ავტომატურად შეირჩეს მოძრაობის ორგანიზაციის ოპტიმალური სქემა. კვლევამ დაადასტურა, რომ პროგრამული უზრუნველყოფა მუშაობს ნორმალურად და შეიძლება მისი პრაქტიკული გამოყენება.

**მეხუთე თავში** დადგენილია დამოკიდებულება ჰაერის დაბინძურების კოეფიციენტსა  $K$  და მოძრავი შემადგენლობის გადაადგილების სიჩქარეს შორის საგზაო პირობებში. ზოგადი შემთხვევისათვის:

$$K = \frac{m_0}{m_1} = \frac{m_0}{\sum_{i=1}^N m_i} \quad (8)$$

სადაც  $m_0$  - მაგისტრალის მიდამოში ჰაერის ერთეულ მოცულობაში ადამიანისათვის საშიში ნივთიერებების ეტალონური მნიშვნელობა;

$m_1$  - ჰაერის ერთეულ მოცულობაში მავნე აირების წილი.

მიღებულია ჰაერის დაბინძურების მარაგის  $N$  კოეფიციენტის განმსაზღვრელი ფორმულა, რომელიც დამოკიდებულია როგორც ავტომობილის პარამეტრებზე და გადაადგილების სიჩქარეზე ასევე ტრასის რელიეფურ პირობებზეც.

$$N = \frac{K_{pq}}{K \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 + \frac{K_{pq} \cdot V \cdot K_5}{V_{pq}}} \quad (9)$$

სადაც  $K_1$  – ნამწვი გაზების ტემპერატურული გაფანთვის კოეფიციენტი;

$K_2$  – ნამწვი გაზების განზნევის კოეფიციენტი;

$K_3$  – რელიეფის გათვალისწინებით ნამწვი გაზების განზნევის

$K_4$  – ძრავის გარეგანი მახასიათებლების კოეფიციენტი;

$K_5$  – მაგისტრალზე სიჩქარის შეზღუდვის კოეფიციენტი;

$K_{ზლ}$  – ჰაერის გაბინძურების ზღვრული მნიშვნელობა, რომლის შემდეგ წყდება ტრანსპორტის ექსპლუატაცია.

$V$  – ნაკადის სიჩქარე

$V_{ზლ}$  – ტრანსპორტის გადაადგილების სიჩქარის ის ზღვრული მნიშვნელობა რომლის საშუალებასაც იძლევა მონაკვეთი

### ძირითადი დასკვნები

1. შემოთავაზებულია მაგისტრალურ გზებზე ავტომობილების ნაკადების საკონტროლო პარამეტრების აღრიცხვისა და მოძრაობის ორგანიზაციის ახალი მეთოდი კონტროლისა და მართვის სისტემების (კმას) გამოყენებით;
2. შემუშავებულია ავტომატური პოსტის სქემა საავტომობილო ნაკადების საკონტროლო პარამეტრების აღრიცხვის, გადაცემისა და მონაცემთა შემდგომი დამუშავებისათვის;
3. შექმნილია ავტომატური სისტემის პროგრამული უზრუნველყოფა შეგროვილი სტატისტიკური ინფორმაციის დამუშავების და მოძრაობის პროცესის მაკორექტირებელი მმართველი გადაწყვეტილებების მისაღებად;
4. მაგისტრალზე საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის ტექნიკური უზრუნველყოფისათვის დამუშავებულია უნივერსალური ელექტრონული ხელსაწყო (ცვალებადი საგზაო ნიშანი) მუშაობის პრინციპი და სქემა;
5. შეფასდა პროგრამული უზრუნველყოფის მათემატიკური მოდელის გამართული მუშაობის საიმედოობა საგზაო სიტუაციაში, დადგენილია მიღებული შედეგების საკმაო სიზუსტე; ჩატარებულია ავტომატური სისტემის კმას მთლიანი პროგრამული უზრუნველყოფის კვლევა ვირტუალური ექსპერიმენტის საშუალებით და საგზაო სიტუაციის ნატურული კვლევების მონაცემთა



იმიტაციით. პროგრამული უზრუნველყოფა მუშაობს საიმედოდ, დადგენილია მის მიერ მიღებული მმართველი გადაწყვეტილების საკმაო ადექვატურობა;

6. პირველად თეორიულად დადგინდა დამოკიდებულება ატმოსფეროს დაბინძურების კოეფიციენტსა და ავტომობილების გადაადგილების სიჩქარეებს შორის საგზაო პირობებში; მიღებულია ატმოსფეროს დაბინძურების მარაგის კოეფიციენტის სანგარიშო ფორმულა ავტომობილის პარამეტრების, მოძრაობის სიჩქარისა და ტრასის რელიეფის ხასიათის გათვალისწინებით.
7. ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, **კმას** სისტემის გამოყენება საშუალებას იძლევა გაიზარდოს მაგისტრალური საგზაო ქსელის გამტარუნარიანობა; შემცირდეს სატრანსპორტო ნაკადების შეფერხებები და საგზაო შემთხვევების რისკი, შემცირდეს მავნე ზემოქმედება გარემოზე, გაიზარდოს მოძრაობის საშუალო სიჩქარე, რაც გაზრდის განზოგადოებულ ეკონომიკურ ეფექტს.

### დისერტაციის ძირითადი დებულებები ასახულია

#### შემდეგ ნაშრომებში:

1. ბობოხიძე ბ., ბობოხიძე მ. დასაშვები სიჩქარეების შერჩევა საავტომობილო გზის უბნების პროფილის მიხედვით. / მოტაუტო'97, შრომები, ტ. II. – რუსე, 15-17 ოქტომბერი, ბულგარეთი, 1997. – გვ. 19-21. (რუსულ ენაზე)
2. ბობოხიძე ბ., ბობოხიძე მ. სატრანსპორტო საშუალებების სიჩქარის მზომი მოწყობილობა. საქართველოს პატენტი სასარგებლო მოდელზე GE391Y, G015 13/92, ბიულეტენი № 11(37). – თბილისი: 25.09.98. – გვ.48–49.
3. კამკამიძე ნ., ბობოხიძე ბ., ბობოხიძე მ. რეგრესიული კავშირის დადგენა შიგაწვის ძრავის გამონაბოლქვი აირებსა (CO და SO<sub>2</sub>) და სასუნთქი ორგანოების დაავადებათა შორის. / მოტაუტო'98, შრომები, ტ. II. – სოფია, 14-16 ოქტომბერი, ბულგარეთი, 1998. – გვ. 5-8. (რუსულ ენაზე)
4. კამკამიძე ნ., ბობოხიძე ბ., ბობოხიძე მ. ნახშირჟანგის კონცენტრაციის შეფასება საავტომობილო გზის ნაკადის ატმოსფეროში. / მოტაუტო'99, შრომები, ტ. I. – პლოვდივი, 13-15 ოქტომბერი, ბულგარეთი, 1999. – გვ. 11-12 (რუსულ ენაზე)
5. ბობოხიძე მ. სატრანსპორტო საშუალებათა სიჩქარეების მზომი მოწყობილობა პრობლემა. / მოტაუტო'02, შრომები, ტ. II. – რუსე, 29-31 ოქტომბერი, ბულგარეთი, 2002. – გვ. 67. (ინგლისურ ენაზე).
6. ბობოხიძე მ. პერსპექტიული სატრანსპორტო ნაკადების კვლევის მეთოდი და

- საშუალებები/ მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №1-3. – თბილისი: საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა, 2006. – გვ. 55-58.
7. მგალობლიშვილი კ., ბობოხიძე ბ., გერაძე პ., ბობოხიძე მ. სატრანსპორტო ნაკადების საკონტროლო პარამეტრების მოდელირება გამოთვლითი ტექნიკის გამოყენებით/ მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №1-3. – თბილისი: საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა, 2006. – გვ. 59-62.
8. მგალობლიშვილი კ., ბობოხიძე მ. საგზაო მოძრაობის საკონტროლო პარამეტრების ავტომატურ რეჟიმში აღმრიცხავი მოწყობილობა/ ქუთაისის სახელმწიფო ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომები, №1-17. – ქუთაისი: საქართველო, 2006. – გვ. 190-192.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო  
უნივერსიტეტის გამომცემლობა  
ტირაჟი 100