

უკ. 681.3:629.113

## საგზაო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის სრულყოფის საკითხის დამუშავება საქართველოში

ინგა აბულაძე, ზურაბ გასიტაშვილი, ვლადიმერ წვერავა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, 0175, თბილისი, საქართველო

### **რეზიუმე**

*ნაშრომში საგზაო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის მიხედვით დასაბუთებულია ობიექტების იდენტიფიკაციის თეორიის დარგში არსებულ თანამედროვე მიღწევათა გამოყენების აუცილებლობა.*

**საკვანძო სიტყვები:** საგზაო მოძრაობა, მართვის ავტომატიზებული სისტემა, ნაკადები, მგრძნობიარე ელემენტი, შუქნიშნის სიგნალიზაცია, ადაპტური რეგულირება, ალგორითმი.

საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსიურობის მუდმივი ზრდის პირობებში საქართველოს ქალაქების მაგისტრალურ ქუჩებზე ნაკადების მართვის არსებული მეთოდებით საგრძნობლად მცირდება საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის ეფექტურობა. დღესდღეობით ძალზე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ახალი, გაცილებით უფრო მოქნილი რეგულირების სისტემების დანერგვას.

სავსებით ნათელია, რომ შუქნიშნის რეგულირების (ეს იქნება ხისტი პროგრამული თუ მოქნილი ადაპტური რეგულირება) ნებისმიერი ხერხის გამოყენების ძირითად მიზანს წარმოადგენს ქალაქების საგზაო ქსელში მოძრაობის პირობებში ავტომობილების მინიმალური დაყოვნების მიღწევა. ყოველივე ზემოხსენებულთან კი მჭიდრო კავშირშია შემდეგი დადებითი მომენტები, კერძოდ:

უპირველეს ყოვლისა, ავტომობილების დაყოვნების უმცირესი მნიშვნელობა თითოეულ გზაჯვარედინზე მძღოლებს საშუალებას აძლევს გადაადგილების დროს მოახდინონ გარკვეული დროის ეკონომია.

მეორეს მხრივ, გადაადგილების უმცირესი დრო ხელს უწყობს საწვავ-საზეთი მასალების დანახარჯების შემცირებას, ხოლო პირველ ყოვლისა კი – ავტომობილების საწვავეკონომიურობისა და საერთო ჯამში – გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის მნიშვნელოვანწილად გაუმჯობესებას.

მესამეს მხრივ, საწვავ-საზეთი მასალების ხარჯის შემცირება ხელს უწყობს რატომსფეროში ნამუშევარი მომწამვლელი აირების, ტექნიკურ და დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ნაკლებად გამოტყორცნას, ეს უკანასკნელი თავის მხრივ მოსახლეობის დაავადებათა შემცირების განმაპირობებელ ფაქტორად გვევლინება [1].

ბუნებრივია თუკი გათვალისწინებულ იქნება ყველა ზემოთხაზოთვლილი დადებითი მხარე, საბოლოო ჯამში, ჩვენ სხვადასხვა დანახარჯების შემცირების ხარჯზე, მივიღებთ რეალურ ეკონომიკურ ეფექტს.

მართვის ახალი, მოქნილი სისტემების გამოყენების აუცილებლობიდან გამომდინარე ჩვენს მიერ განხილულ იქნა აღნიშნულ დარგში არსებული უმთავრესი პრობლემები.

უნდა აღინიშნოს, რომ დღესდღეობით ამგვარი მოქნილი, ადაპტური სისტემის განვითარება გარკვეულწილად შეჩერებულია საქართველოს რიგ ქალაქებსა და რეგიონებში სატრანსპორტო ნაკადებზე ოპერატიული ინფორმაციის მიღების სირთულით.

უნდა აღინიშნოს, რომ თანამედროვე პირობებში უდიდესი გავრცელება ჰპოვა ინფორმაციის შეგროვების სისტემებმა გადამწოდების – სატრანსპორტო დეტექტორების გამოყენებით [2].

სატრანსპორტო დეტექტორები განსხვავდება მგრძობიარე ელემენტის მოქმედების პრინციპით. მოვახდინოთ თოთოეული მათგანის კლასიფიკაცია.

*ელექტრომექანიკური მგრძობიარე ელემენტი* შედგება ფოლადის ორი ზოლისაგან, რომლებიც გეომეტრიულად ვულკანიზებულია რეზინით. ავტომობილის თვლების მგრძობიარე ელემენტზე შეხებისას კონტაქტებში წარმოებს წრედის შეკვრა და ფორმირდება ელექტრული იმპულსი.

*პნევმოელექტრული მგრძობიარე ელემენტი* წარმოადგენს ფოლადის ღარში ჩასმულ რეზინის მილაკს. ავტომობილის მილაკზე გადასვლისას მასში ჰაერის წნევა მატულობს, რომელიც მოქმედებს პნევმორელეს მემბრანაზე და კეტავს მის ელექტრულ კონტაქტებს.

*პიეზოელექტრული მგრძობიარე ელემენტი* წარმოადგენს პოლიმერულ ფირფიტას, რომელსაც გააჩნია უნარი მექანიკური დეფორმაციისას ზედაპირზე მოახდინოს ელექტრული მუხტის პოლარიზება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ზემოთჩამოთვლილი მგრძობიარე ელემენტები განეკუთვნება კონტაქტური გადამწოდების ტიპს, რომელთაც გააჩნიათ არსებითი ნაკლოვანება – დაბალი ცვეთამდეგობა.

*ფოტოელექტრული მგრძობიარე ელემენტი* თავის თავში მოიცავს შუქსხივის წყაროს და მიმღებს ფოტოელემენტით. სატრანსპორტო საშუალების მიერ სხივის წყვეტის დროს იცვლება ფოტოელემენტის განათებულობა, რაც იწვევს მისი ელექტრული პარამეტრების ცვლილებას. აღნიშნული ხელსაწყოს ნაკლად შეიძლება ჩაითვალოს ავტომობილების მრავალრიგიანი ინტენსიური მოძრაობის დროს წარმოშობილ გაზომვათა ცდომილება. გარდა ამისა, მსგავს მგრძობიარე ელემენტებს არ გააჩნიათ აუცილებელი საიმედოობა: მათ მუშაობაზე დიდ გავლენას ახდენს მტვერი, ჭუჭყი (ტალახი), წვიმა და თოვლი.

*რადარული მგრძობიარე ელემენტი* წარმოადგენს მიმართულ ანტენას, რომელიც როგორც წესი დგება სავალ ნაწილთან მიმართებით გვერდულად ან უშუალოდ მასზე. გამოსხივება მიმართულია გზის გასწვრივ და აირეკვლება რა მოძრავი ავტომობილიდან, მიიღება ანტენის მიერ. რადარული დეტექტორის მოქმედება დაფუძნებულია დოპლერის ეფექტის გამოყენებაზე.

*ულტრაბგერითი მგრძობიარე ელემენტი* წარმოადგენს იმპულსური მიმართული სხივის მიმღებ გამომსხივებელს. იგი შესრულებულია პარაბოლური რეფლექტორის სახით მასში განთავსებული ულტრაბგერითი იმპულსების მაგნიტირებელი

პიეზოელექტრული გარდამქმნელით. ამ უკანასკნელთა ნაკლოვანებად გვევლინება მათი გაზრდილი მგრძობიარობა აკუსტიკურ და მექანიკურ დაბრკოლებათა მიმართ და ამასთანავე სივრცეში ხისტი ფიქსირების აუცილებლობა იმისათვის, რომ მიმღებ-გამომსხივებელმა წინააღმდეგობა გაუწიოს ქარისმიერი დატვირთვის მოქმედებას.

*მაგნიტური მგრძობიარე ელემენტი* შედგება მაგნიტური გულარის მქონე კოქსასაგან. ავტომობილი რეგისტრირდება მგრძობიარე ელემენტზე მისი გადავლის მომენტში წარმოშობილი მაგნიტური ველის დამახინჯების ხარჯზე. აღნიშნული დეტექტორის ნაკლოვანებად ითვლება დაბალი დაბრკოლებამდგრადობა და მგრძობიარობა. დაბალი სიჩქარეებით (10 კმ/სთ-ზე ნაკლებ) მოძრავ სატრანსპორტო საშუალებებს იგი არ არეგისტრირებს.

*ინდუქტიური მგრძობიარე ელემენტი* წარმოადგენს მექანიკური ზემოქმედებისაგან იზოლირებულ და დაცულ ერთი-ორი ხვიისაგან შემდგარ სადენის ჩარჩოს. ლითონის მასის მქონე ავტომობილის ჩარჩოზე გადასვლის დროს მისი ინდუქტიურობა განიცდის ცვლილებას და ავტომობილი ავტომატურად რეგისტრირდება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა ზემოთჩამოთვლილი მგრძობიარე ელემენტი პრაქტიკულად არ გვაძლევს საშუალებას საბოლოოდ გადავწყვიტოთ სატრანსპორტო ნაკადის პარამეტრების ხარისხოვანი აღრიცხვის ამოცანა.

*ოპტიკური მგრძობიარე ელემენტის* განმასხვავებელ თავისებურებად გვევლინება ის გარემოება, რომ იგი აწარმოებს ნაკადიდან ვიზუალური ინფორმაციის სრულ გადმოღებას ციფრულ ვიდეოკამერაზე, რაც საშუალებას იძლევა შენახულ და აუცილებლობის შემთხვევაში აღდგენილ (განმეორებულ) იქნას მიღებული ინფორმაცია. თუმცადა, მოცემული მეთოდის არსებით ნაკლოვანებას წარმოადგენს აღნიშნული მგრძობიარე ელემენტის ამინდის პირობებისაგან დამოკიდებულება.

ყველა მგრძობიარე ელემენტი გამოიყენება მხოლოდ და მხოლოდ ინფორმაციის აღსადგენად, რომელიც გადაცემულ უნდა იქნას მისი შემდგომი დამუშავებისათვის. ანალიზზე დახარჯული დრო დამოკიდებულია შემომავალი ინფორმაციის მოცულობისაგან.

*პოლარიზაციული მგრძობიარე ელემენტი* წარმოადგენს სავალ ნაწილზე ზემოდან დადგმულ სინათლის ტალღების გამომსხივებელ დანადგარს. მისი მუშაობა დაფუძნებულია გამოსხივებული ტალღის პოლარიზაციის გაზომვის პრინციპზე.

შემოთავაზებული სისტემის სიახლე მდგომარეობს *ინფორმაციის მიღების რადიოლოკაციური მეთოდების* გამოყენებაში, რაც ჩვენ საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ ნებისმიერი სიზუსტის ინფორმაციის ნაკადი, კერძოდ კი როგორც სრული, ამომწურავი, ასევე კონკრეტულად დასმული ამოცანების გადასაწყვეტად აუცილებელი მინიმალური ინფორმაცია.

ყოველივე ეს განპირობებულია იმ გარემოებით, რომ „მიმღებზე“ („ანალიზატორზე“) შემომავალი ინფორმაციის მოცულობის შემცირება საშუალებას იძლევა არსებითად გაიზარდოს საძიებელი შედეგის მიღებისა და დამუშავების სიჩქარე.

ყოველივე ზემოხსენებული კი გვაძლევს იმის საფუძველს ვივარაუდოთ განსახილველად შემოთავაზებული სისტემის უნივერსალურობა (თუმცადა უნდა აღინიშნოს, რომ აღნიშნული ტიპის სისტემები მსოფლიოში დღითიდღე იხვეწება), ანუ

მისი ეფექტურად გამოყენების შესაძლებლობა რიგი გამოყენებითი ამოცანების გადასაწყვეტად.

ბუნებრივია ჩნდება კითხვა რეალურ პირობებში გარემოს სხვადასხვაგვარი კატაკლიზმების დროს შემოთავაზებული სისტემის ფუნქციონირების მაღალეფექტურობის შესახებ.

რიგ ქვეყნებში განხორციელებული ექსპერიმენტული გამოცდები ცხადყოფს, რომ მოცემული სისტემა მისი პრაქტიკულად გამოყენების დროს ნებისმიერი ამინდის პირობებში არა თუ ინარჩუნებს მუშაობის უნარს, არამედ, ამასთანავე, არც კი ამცირებს შესასვლელი ინფორმაციის სიზუსტის ხარისხს.

როდესაც ვსაუბრობთ ამინდის ე.წ. „ნებისმიერ“ პირობებზე, ჩვენ ვგულისხმობთ როგორც ხელსაყრელ და არახელსაყრელ პირობებს (მზიან ან ღრუბლიან ამინდს, ნალექის არსებობას ან არარსებობას), ასევე სისტემის მუშაობას დღე-ღამის პირობებში.

ამინდის გარდა სისტემაზე ზემოქმედებას ახდენს სხვადასხვაგვარი ხმაური, რომლებიც ინფორმაციის მიღების დროს ქმნიან დაბრკოლებებს. მოცემული პრობლემა შესაძლებელია გადაჭრილ იქნას ნეირონული ქსელების თეორიის მეთოდების გამოყენების დროს.

ბორნთან მიახლოებისას განზნევის თეორიის შედეგების გამოყენებისას შრომებში [3, 4, 5] ნაჩვენებია, რომ ობიექტის როგორც სიხშირის ფუნქციის, ზონდირებული სიგნალის, დაკვირვების კუთხის ორპოზიციური გაზომვის შედეგები შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს ობიექტის  $\gamma(\vec{r})$  განზნევის ფურიეს  $\Gamma(\vec{P})$  გარდაქმნის ფუნქციის ასაგებად.

ობიექტის განზნევის  $\gamma(\vec{r})$  ფუნქცია შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს ობიექტების განზნევის იმ ცენტრების ასაგებად (იმ ცენტრებზე მსჯელობისათვის), რომლებიც განსაზღვრავს განზნევის არეს [6]. განზნევის თითოეული ობიექტი ფლობს განზნევის ცენტრებისა და მატრიცების სასრულ ინდივიდუალურ სისტემას [6, 7].

ფურიეს პრაქტიკაში საკვლევი ობიექტის გამოსახულება დამახინჯებულია მიზანსა და მიმღებს შორის ელექტრომაგნიტური ტალღის გავრცელებით. ამიტომ აუცილებელია გამოყენებულ იქნეს ზეგადაწყვეტის და უშუალოდ, რედუქციის თეორიის მეთოდები [8].

რადიოგამოსახულების ტომოგრაფიის მეთოდებით აგების თვალსაზრისით დასაშვებია პოლარიზაციულ-სპექტრული ინფორმაციის გამოყენება. სატრანსპორტო ნაკადების მახასიათებელთა გამოსაკვლევად შეზღუდული პოლარიზაციულ-სპექტრული ზონდირებისას შესაძლებელია ნეირონული ქსელების თეორიის მეთოდების გამოყენება.

ტომოგრაფიის მეთოდების გამოყენებით რადიოგამოსახულების ასაგებად საკმარისია გამოყენებულ იქნეს აზიმუტურ-სპექტრული ან პოლარიზაციულ-სპექტრული ზონდირების მონაცემები [5]. ამასთან, გამოცნობის წარმართვისათვის საჭირო ტალღების სიგრძეთა რიცხვი შეიძლება მიღებულ იქნას ექსპერიმენტიდან. შემოთავაზებული მიდგომის მათემატიკური მოდელი ცალკეულ ჩამოყალიბებას მოითხოვს.

სატრანსპორტო ნაკადების პარამეტრების აღრიცხვის წარმოდგენილ მეთოდთან ერთად საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციასთან მიმართებით ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ინფორმაციის დამუშავებისა და მართვის კომპლექსური სისტემა. მის ერთ-ერთ შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს შუქნიშნის სიგნალიზაციის ადაპტური რეგულირების ალგორითმი.

უნდა აღინიშნოს, რომ დღესდღეობით ადაპტური რეგულირების ყველა ცნობილი ხერხი შეიძლება დაყოფილ იქნას სამ ჯგუფად:

- 1) სატრანსპორტო ნაკადის მდგომარეობის ალბათურ პროგნოზირებაზე დაფუძნებული ალგორითმები;
- 2) ეფექტურობის განსაზღვრული კრიტერიუმების გათვალისწინებით სატრანსპორტო ნაკადების მმართველი პარამეტრების მნიშვნელობათა შემთხვევითი ძებნა;
- 3) რეგულირების მოცემულ ციკლში გზაჯვარედინის მდგომარეობაზე არსებული ინფორმაციის ანალიზი.

მესამე ჯგუფს განეკუთვნება მართვის ცნობილი ალგორითმი. ამასთან, გაცილებით უფრო ცნობილი გახლავთ ხუთი მათგანი, კერძოდ:

- 1) მმართველი პარამეტრების ფიქსირებული მნიშვნელობების დროს ნებართვის სიგნალის მოქმედების მიმართულებით სატრანსპორტო ნაკადში წყვეტის ძებნა;
- 2) მოძრაობის პირობებისაგან დამოკიდებული ცვალებადი მმართველი პარამეტრების დროს წყვეტის ძებნა;
- 3) კონფლიქტში მყოფი მიმართულებით სატრანსპორტო დაყოვნებასთან ნებართვის სიგნალის მიმართულებით გზაჯვარედინთან მისასვლელთან არსებული ნაკადის სიმჭიდროვის შედარება;
- 4) ამკრძალავი სიგნალის მოქმედების პერიოდში წარმოქმნილი ნაკადის რიგის გატარება;
- 5) კონფლიქტში მყოფი მიმართულებით მიმდინარე ფაზური კოეფიციენტების ანალიზის საფუძველზე ციკლის შიგნით ფაზების ხანგრძლივობის გადანაწილება.

ამგვარად, შეიძლება გამოვთქვათ ვარაუდი შუქნიშნის სიგნალიზაციის და სახელდობრ – მრავალპროგრამული შუქნიშნის სიგნალიზაციის ადაპტური მართვის თავისებური სტრატეგიის გამოყენების შესაძლებლობის შესახებ. მისი არსი მდგომარეობს შემავალი პარამეტრების მნიშვნელობათა კონკრეტული შეთავსების დროს მესამე ჯგუფის შუქნიშნის სიგნალიზაციის მართვის გაცილებით უფრო ოპტიმალური ალგორითმის გამოყენებაში.

ამა თუ იმ ალგორითმის არჩევის განმსაზღვრელი პარამეტრების სახით შეიძლება მიჩნეულ იქნეს შემდეგი პარამეტრები, კერძოდ:

- 1) მოძრაობის მიმართულების გათვალისწინებით გზაჯვარედინთან ყველა მისასვლელზე სატრანსპორტო ნაკადების ინტენსიურობა;
- 2) გზაჯვარედინთან თითოეულ მისასვლელზე ზოლების რაოდენობა;
- 3) მოძრაობის ერთი ან რამდენიმე მიმართულებით დაყოვნებულ სატრანსპორტო საშუალებათა რიგის სიგრძე;
- 4) კონფლიქტში მყოფი ქვეითი ნაკადების ინტენსიურობანი.

ამასთანავე, პრაქტიკაში დასაშვებია ადაპტური რეგულირების ალგორითმის ისეთი სქემა, რომელშიც შერჩევის ძირითად კრიტერიუმებად მოგვევლინება სატრანსპორტო საშუალებათა მოძრაობის ინტენსიურობა და მათი სხვადასხვა მიმართულებით მოქცევა, რომელთა შორისაც გამოყოფილ უნდა იქნეს შემდეგი:

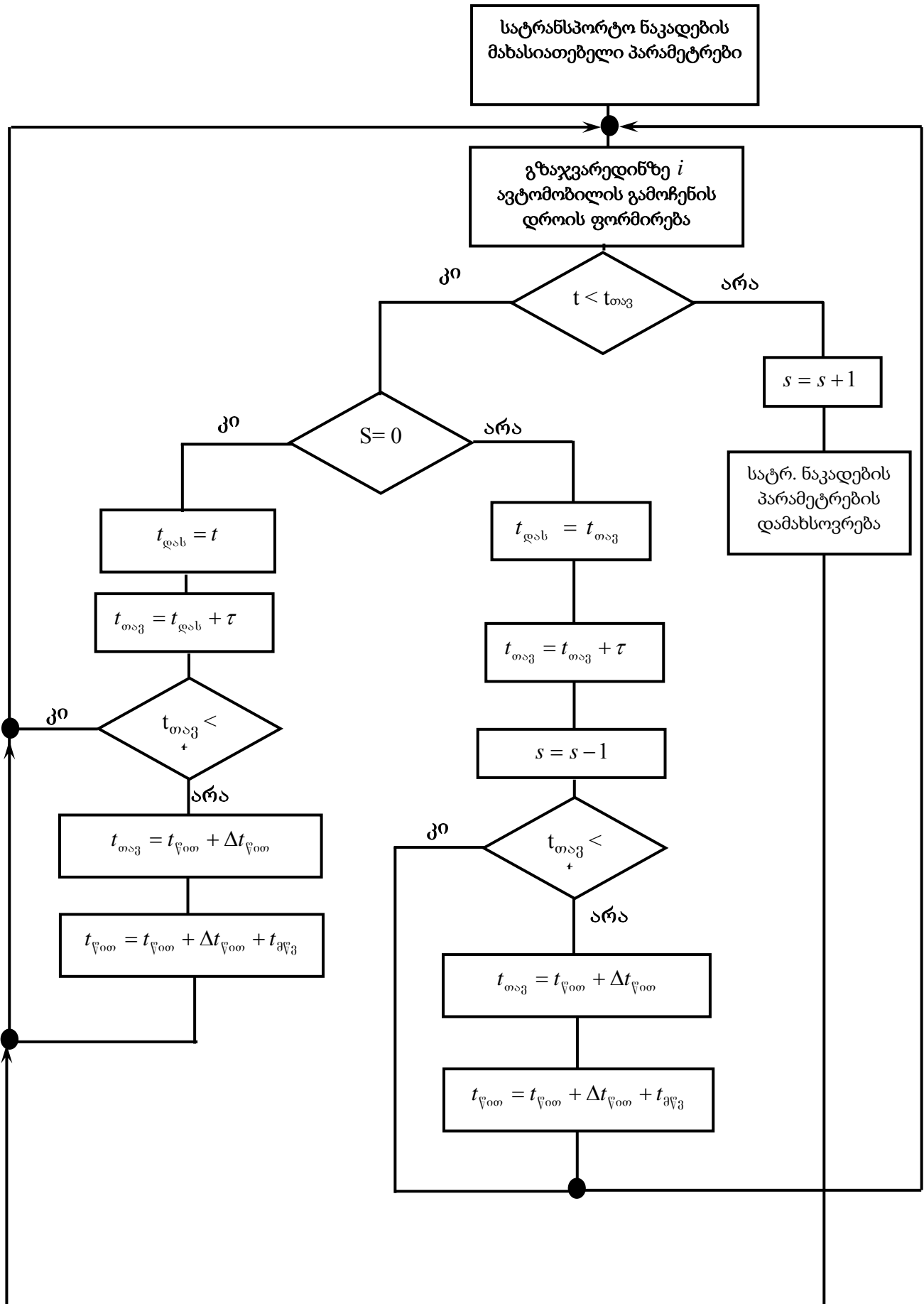
- 1) „ყვითელი ციმციმის“ რეჟიმი (როგორც არარეგულირებად გადაკვეთაზე). მოცემული რეჟიმის გამოყენება მიზანშეწონილია ყველა მიმართულებით მოძრაობის ინტენსიურობის არსებითად შემცირებისას.
- 2) ამკრძალავი სიგნალის მოქმედების პერიოდში წარმოქმნილი რიგების გატარების გამთვალისწინებელი რეჟიმი. აღნიშნული რეჟიმი მიზანშეწონილია ჩართულ იქნას ორი არახელსაყრელი პირობის ერთდროული დამთხვევის დროს, კერძოდ კი:
  - გზაჯვარედინის მისასვლელელებთან მოძრაობის ინტენსიურობის მაღალი მნიშვნელობებისას;
  - გზაჯვარედინის მისასვლელელებთან მეტისმეტად გადაჭარბებული რიგების ფორმირებისას [9].
- 3) მმართველი პარამეტრების ფიქსირებული მნიშვნელობებისას ნებართვის სიგნალის მოქმედების მიმართულებით სატრანსპორტო ნაკადში წარმოქმნილი წყვეტის მოძებნის რეჟიმი.

ინტენსიურობათა მინიმალური მნიშვნელობები, რომელთა დროსაც გამოიყენება აღნიშნული რეჟიმი განისაზღვრება შუქნიშნის სიგნალიზაციის ამოქმედების ზემოხსენებული პირობებით, ანუ ამ შემთხვევაში აღნიშნულ რეჟიმზე გადართვა წარმოებს „ყვითელი ციმციმის“ რეჟიმიდან.

დაყოვნებული სატრანსპორტო საშუალებების ინტენსიურობათა და რიგების მაქსიმალური მნიშვნელობები განისაზღვრება შესაბამისად ნაკადების რიგების გატარების რეჟიმით [9, 10].

დასმული პრობლემის გაცილებით უფრო ეფექტურად გადაჭრის მიზნით ნაშრომში ყოველივე ზემოხსენებულთან ერთად ჩვენს მიერ ასევე შემოთავაზებული გახლავთ გზაჯვარედინზე სატრანსპორტო ნაკადების მოძრაობის ბლოკ-სქემა [11].

ზემოხსენებული შემოთავაზებული სისტემის პრაქტიკულად რეალიზაციით საქართველოს ქალაქები და რეგიონები და ამასთანავე ადგილობრივი ბიუჯეტები (ვინაიდან საცობებში სატრანსპორტო საშუალებათა დაყოვნება პრაქტიკულად ყოველდღიურად იწვევს ათეულობით ათასი ლარის ზარალს) სამომავლოდ მიიღებს როგორც დიდ სოციალურ, ასევე ეკონომიკურ ეფექტს.



**ლიტერატურა**

1. Трофименко Ю.В., Евгеньев Г.И. Экология : Транспортное сооружение и окружающая среда : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений /Под ред. Ю.В.Трофименко. - М.: Издательский центр "Академия", 2006. - 400 с., [16] с. цв. ил.
2. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения / Учеб. для вузов. – М.:Транспорт, 1995. – 255 с.
3. Voerner W.M., Ho C-M., and Foo B.Y., Use of Radon's projection theory in electromagnetic inverse scattering. IEEE Trans. Antennas Propagat. vol. AP – 24, p. 360 – 367, Mar 1981.
4. Монсон–мл Д.С., О'Брайен Дж., Дженкс У.К. Томографический подход к описанию работы РЛС с синтезированием аппаратуры в режиме избирательного картографирования поверхности Земли. –М.: ТИИЭР, т.71, 1983, №8, с. 5 – 17.
5. Фархат Н.Х. Формирование радиолокационных изображений методом разнесения в диапазоне СВЧ и автоматизированная идентификация целей, основанная на использовании моделей нейронных сетей. ТИИЭР, 1989. Т. 77.
6. Бикел. Некоторые инвариантные свойства поляризационной матрицы рассеяния. – М.: ТИИЭР, Т. 53, 1965. №8. С. 1218 – 1220.
7. Huynen J.R. Phenomenological theory of radar targets. Technical Univ. Delft. The Netherlands, 1970.
8. Пытьев Ю.П. Методы анализа и интерпретации эксперимента. М.: Издательство МТУ, 1990.
9. Иносэ Х., Хамада Т. Управление дорожным движением. Под ред. М.Я. Блинкина. М.: Транспорт, 1983. – 248 с.
10. Толмачев В.В., Пытьев Ю.П. О возможности использования поляризационной модуляции для увеличения информативности метеорадиолокатора. Труды ВШ. – М., 1989. Вып. 72.
11. ა. ფრანგიშვილი, ზ. გასიტაშვილი, ი. აბულაძე. სატრანსპორტო ნაკადების მართვისა და დაგეგმარების კომპიუტერული ტექნოლოგიები (მონოგრაფია). „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი. 2007 .

---

Article received: 2010-08-26