

ვლადიმერ წვერავა, დავით ნარიმანაშვილი, რამაზ დვალიშვილი,
ზურაბ ასათიანი, გია მინდაძე, გიორგი ბაზლაძე, ვახტანგ თადუმაძე,
ბორის ბერიშვილი

ქ. თბილისის საგზაო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული
სისტემის ეფექტიანი ფუნქციონირების საკითხისათვის

თბილისი

2018

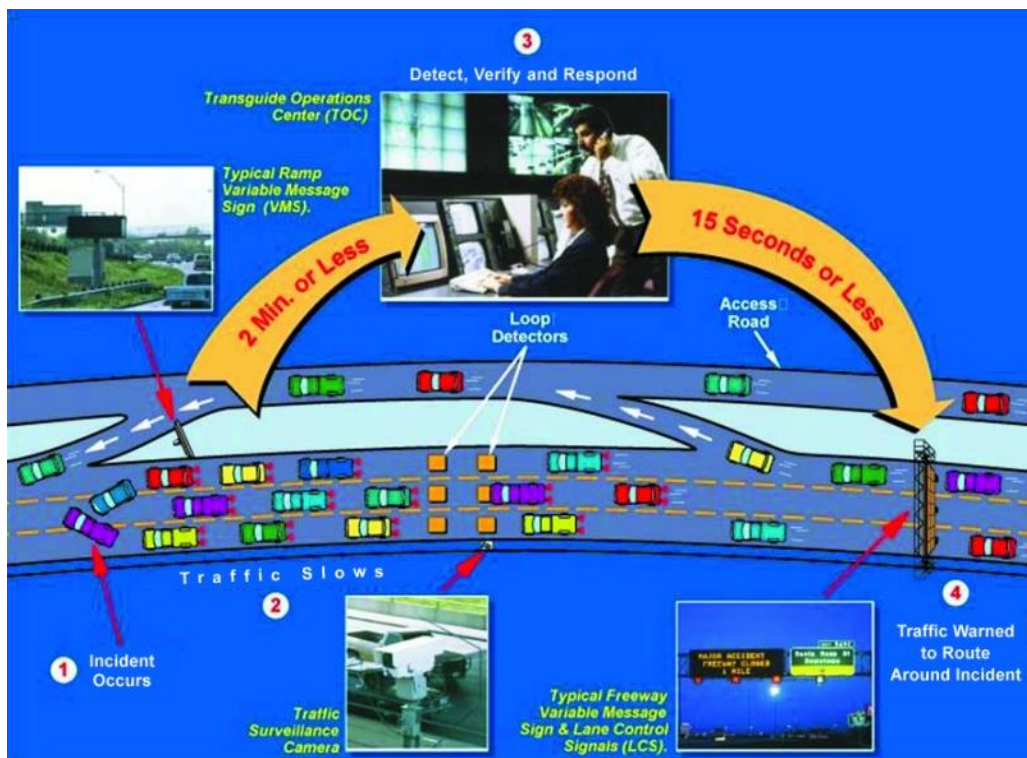
უკ 656.13.05:681.3

ნაშრომში განხილულია სატრანსპორტო ნაკადების სხვადასხვა მოდელები. განალიზებულია შუქნიშნის სიგნალიზაციის მართვის მეთოდები. განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა სისტემის ეკონომიკური ეფექტიანობის განსაზღვრას.

ქ. თბილისის საგზაო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ეფექტიანი ფუნქციონირების საკითხისათვის

(შ.პ.ს. თბილისის სატრანსპორტო კომპანია, ვაგზლის მოედანი 12, 0112,
თბილისი, საქართველო)
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 177, 0175,
თბილისი, საქართველო

როგორც ცნობილია, საგზაო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა (АСУДД) წარმოადგენს პროგრამული და ტექნიკური საშუალებების ღონისძიებათა მთელ რიგ კომპლექსს, რომელიც უზრუნველყოფს საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოებას, ამალღებს საგზაო სამსახურების მართვის ხარისხს, სატრანსპორტო საშუალებათა მოძრაობის ოპტიმიზაციას და მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს ეკოლოგიურ მდგომარეობას ტრანსპორტით გადატვირთული ავტომაგისტრალების ფარგლებში, ხოლო მისი შემადგენელი პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი კი უზრუნველყოფს ქალაქებისა და მაგისტრალების საგზაო მოძრაობის ოპტიმალურ მართვას ძირითადი ტექნოლოგიური ალგორითმების საშუალებით [20].



ნახ. 1. საგზაო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა [20]

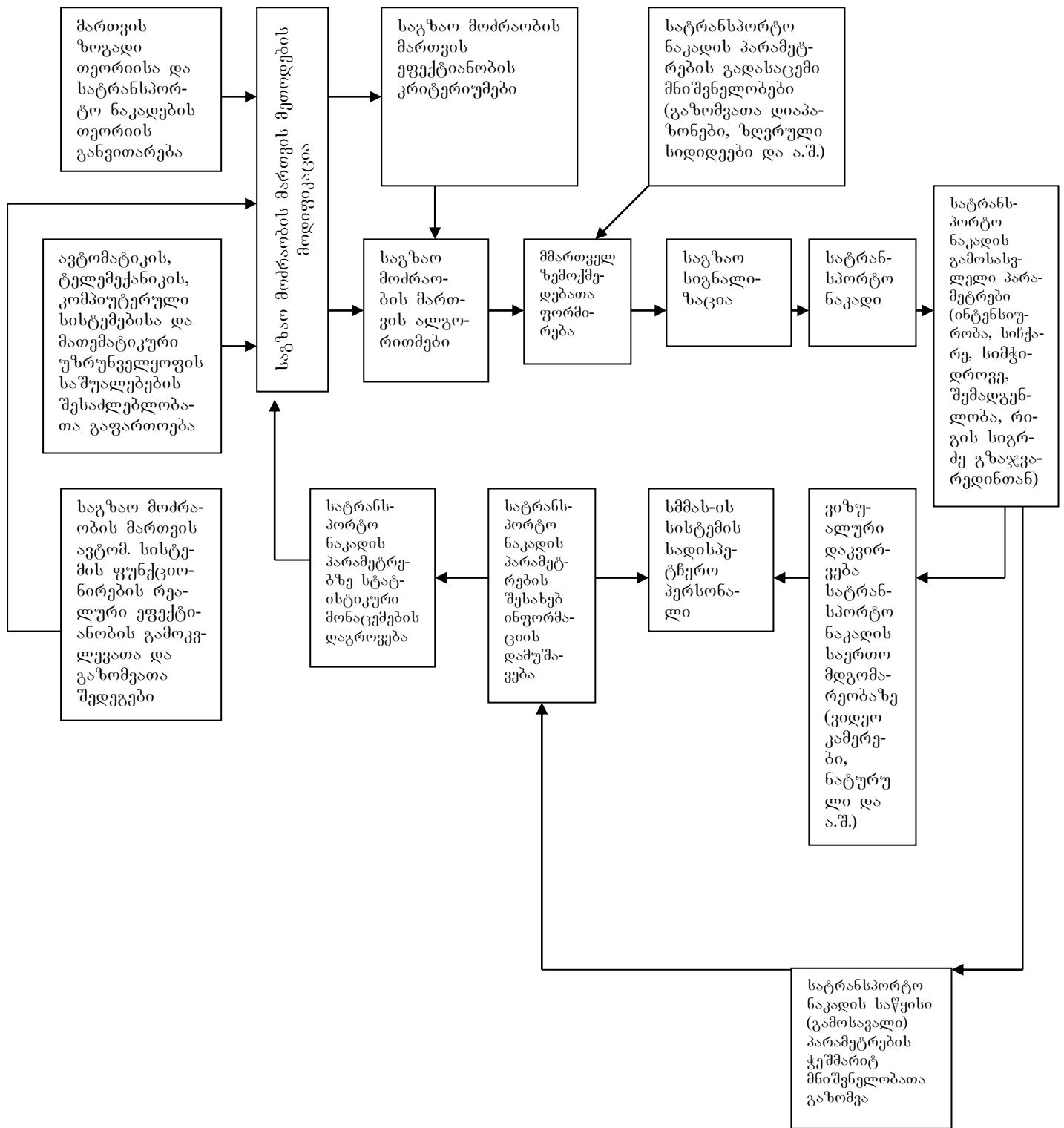
ამასთანავე ცნობილია, რომ საგზაო მოძრაობის დახასიათებისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სატრანსპორტო საშუალებათა ნაკადის შემადგენლობის, მოძრაობის ინტენსიურობის, ასევე მოძრაობის სიჩქარისა და მოცდენათა ხანგრძლივობის ცოდნას. ამასთან, სატრანსპორტო საშუალებათა ნაკადის შემადგენლობა გულისხმობს სხვადასხვა ტიპის სატრანსპორტო საშუალებების რაოდენობასა და მათი გადანაწილების ხასიათს, რომელიც თავის მხრივ უდიდეს გავლენას ახდენს საგზაო მოძრაობის თითქმის ყველა მახასიათებლის სიდიდესა და ცვალებადობაზე [1,2,4,8].

უნდა აღინიშნოს, რომ ნებისმიერი ქალაქის დაგეგმარების (მ.შ. სატრანსპორტო ქსელის) მეცნიერულ დასაბუთებული განვითარება დღეისათვის წარმოადგენილია ქალაქის ფარგლებში და მის მიმდებარე რაიონებში მოქალაქეთა და ტვირთების გადაადგილების უზრუნველყოფასთან დაკავშირებული ყველა ძირეული საკითხის ღრმა დამუშავების გარეშე. ქალაქების მშენებლობის პროექტების (გენ.გეგმების/ექსპლიკაციების) დამუშავებისას ერთ-ერთ განმსაზღვრელ ფაქტორს საგარეუბნო, საქალაქთაშორისო და შიდა საქალაქო ტრანსპორტთან და საკუთრივ საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციასთან დაკავშირებული საკითხების მთელი რიგი კომპლექსი წარმოადგენს.

როგორც საგზაო მოძრაობის ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა და მრავალი წლის პრაქტიკამ გვიჩვენა, საგზაო მოძრაობის მახასიათებლების განხილვისას უმჯობესია თავდაპირველად განხილულ იქნეს მახასიათებლები, რომლებიც წარმოადგენს **პირველადს** და გამომდინარეობენ მგზავრების გადაყვანის და ტვირთების გადაზიდვის, ასევე ქვეითად მოსიარულეთა მიმოსვლის მოთხოვნებიდან [2].

თუმცაღა, სატრანსპორტო საშუალებების საკონფლიქტო ნაკადების ერთმანეთისაგან, ან ქვეითად მოსიარულეთა ნაკადებისაგან იძულებითი გამოყოფის აუცილებლობა დგება მაშინ, როდესაც ერთი მიმართულების სატრანსპორტო ნაკადის თავისუფალი ინტერვალები არაა საკმარისი იმისათვის, რომ გადამკვეთი მიმართულებით უსაფრთხოდ გაიაროს სატრანსპორტო საშუალებებმა, ან გზაზე თავისუფლად გადავიდნენ ქვეითად მოსიარულეები, რასაც შედეგად მოყვება გზაჯვარედინზე საცობების, ხერგილების და საავარიო სიტუაციების წარმოქმნა.

ცნობილია, რომ შუქნიშნის ეფექტური რეგულირების შემოღება აღმოფხვრის ყველაზე მეტად საშიშ საკონფლიქტო წერტილებს, რაც აამაღლებს მოძრაობს და ეკოლოგიური უსაფრთხოების მახასიათებლებს. ამასთანავე ცნობილია, რომ გარდა ზემოხსენებულისა შუქნიშნით რეგულირების ძირითადი მიზანია უზრუნველყოს გზაჯვარედინის მაქსიმალური გამტარუნარიანობა ტრანსპორტის მინიმალური ჯამური მოცდენებითა და მოძრაობის სრული უსაფრთხოებით [3,4]. ყოველივე ზემოხსენებულის დასადასტურებლად, და კერძოდ, სატრანსპორტო ნაკადების ეფექტიანად მართვისათვის თანამედროვე მსოფლიოს მრავალ განვითარებულ ქვეყნებში, როგორც ზემოთ აღვნიშნე, გამოიყენება საგზაო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა (სმმას), რომელიც წარმოადგენს დისკრეტული ელემენტების დიდი რიცხვის – ავტომობილების ერთობლიობას. ამასთან, სატრანსპორტო ნაკადი გვევლინება, როგორც განსაკუთრებული ფიზიკური მოვლენა, რომელიც ხასიათდება უწყვეტი თვისების მქონე კანონზომიერებებითა და მახასიათებლებით, რომლებიც თავის მხრივ არ შეიძლება გამოყენებული იქნეს ცალკეულად თითოეულ ავტომობილთან მიმართებაში [5]. მე-2 ნახაზზე ავტორთა მიერ წარმოდგენილია საგზაო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემით მართვის პროცესის ბლოკ - სქემა [5]:



ნახ. 2. სმმას-ით მართვის პროცესის ბლოკ სქემა [5]

ამგვარად, ფუნქციონალური ბლოკების ჯაჭვი (იხ. ნახ. 2) ქმნის სმმას-ით ავტომატური მართვის კონტურს, ხოლო სატრანსპორტო ნაკადის ნამდვილი (ჭეშმარიტი მნიშვნელობები) პარამეტრების შესახებ მონაცემები გროვდება, განიცდის

სისტემატიზაციას და მუშავდება სისტემის მოთხოვნილების გათვალისწინებით, რაც საშუალებას გვაძლევს განვახორციელოთ მართვის მეთოდების შესაბამისი მოდიფიკაცია, დავაზუსტოთ ეფექტიანად გამოყენებული კრიტერიუმები, შევცვალოთ სატრანსპორტო ნაკადის შესასვლელი (გამოსავალი) პარამეტრების დიაპაზონი, სრულვყოთ მმართველი ალგორითმები. როგორც ჩვენს მიერ ზემოთ იქნა აღნიშნული, სმმას-ით მართვის ობიექტს წარმოადგენს სატრანსპორტო ნაკადი, რომლის უმთავრეს მახასიათებლადაც გვევლინება მოძრაობის ინტენსიურობა, ნაკადის სიმჭიდროვე ან მისი კონცენტრაცია და ამ უკანასკნელის საშუალო სიჩქარე, რომელიც განისაზღვრება ემპირიული ფორმულით [5]:

$$q = kv \quad (1)$$

სადაც, q - არის მოძრაობის ინტენსიურობა;

k - ნაკადის სიმჭიდროვე ან მისი კონცენტრაცია;

v - ნაკადის საშუალო სიჩქარე.

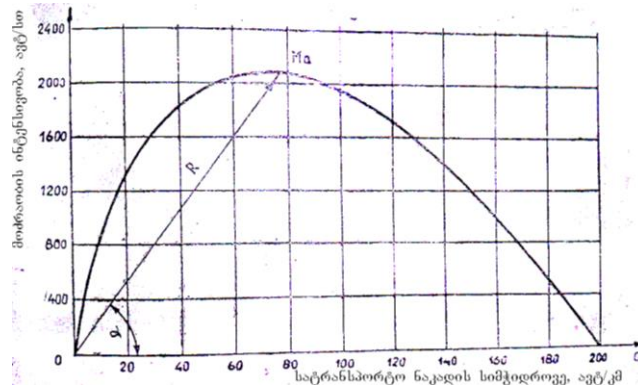
ამასთან, განასხვავებენ ნაკადის საშუალო სიჩქარის ორი სიდიდის სახეს: საშუალო რიცხობრივ v_s და საშუალო დროებით v_t სიჩქარეებს, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია შემდეგი თანაფარდობით და განკუთვნილია გადაკვეთების არმქონე გზებზე მოძრაობისათვის [5]:

$$v_t = v_s + \frac{\sigma_s^2}{v_s} \quad (2)$$

სადაც, $\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - v_s)^2}{n-1}}$ - არის საშუალო სივრცობრივი სიჩქარის საშუალო კვადრატული გადახრა; v_i - ცალკეული i -ური ავტომობილის სიჩქარე; n - გამოკვლევას დაქვემდებარებული ავტომობილების რიცხვი; v_s - საშუალო სივრცობრივი სიჩქარე, ანუ დროის განსაზღვრულ მომენტში გზის მოცემულ უბანზე მყოფი n ავტომობილების საშუალო სიჩქარე; v_t - საშუალო დროებითი სიჩქარე, ანუ დროის განსაზღვრულ შუალედში გზის მოცემულ გადაკვეთაზე გამავალი n ავტომობილების საშუალო სიჩქარე.

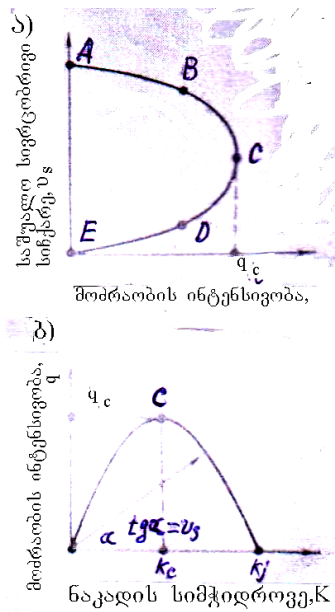
მე-3 ნახაზზე მოცემული მოძრაობის ძირითადი დიაგრამა კარგად გამოსახავს მოძრაობის ინტენსივობის, სიჩქარისა და სიმჭიდროვის ცვალებადობას. ამასთან, სამივე სიდიდე პირდაპირ დამოკიდებულებაშია გზის დატვირთვის

მნიშვნელობასთან, სადაც ეს უკანასკნელი გზის გამტარუნარიანობის პარამეტრსაც მოიცავს და წარმოადგენს მოძრაობის რეალური ინტენსივობის შეფარდებას (საუბარია გზის დატვირთვის მნიშვნელობაზე) გზის მაქსიმალურ გამტარუნარიანობასთან [1].



ნახ. 3. სატრანსპორტო ნაკადის მოძრაობის დიაგრამა [1].

სატრანსპორტო ნაკადის მოძრაობას ძირითადად დიაგრამასთან ერთად ავტორთა მიერ ასევე წარმოდგენილია სატრანსპორტო ნაკადის ძირითადი დიაგრამა, რომელიც წარმოადგენს 1-ლი განტოლების გრაფიკულ ასახვას, რომელშიც სიჩქარის მნიშვნელობის სახით გამოიყენება v_s , რაც თავის მხრივ სატრანსპორტო ნაკადის ძირითად დიაგრამას წარმოადგენს (იხ. ნახ. 4), რომელიც აგებულია $v_s = f(q)$ და $q = f(K)$ დამოკიდებულებების სახით გადაკვეთების არმქონე გზებზე მოძრავი უწყვეტი სატრანსპორტო ნაკადისთვის [5].



ნახ. 4. სატრანსპორტო ნაკადის ძირითადი დიაგრამა [5]:
 ა) დამოკიდებულება $v_s = f(q)$; ბ) დამოკიდებულება $q = f(K)$

როგორც ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, თავისუფალი ნაკადის ზონაში $v_s = f(q)$ დამოკიდებულება წარმოადგენს თითქმის წრფივს უწყვეტი ნაკადის შემთხვევისთვის. ამავდროულად, მრავალმხრივმა დაკვირვებებმა ცხადყო, რომ საქალაქო პირობებში v_s სიჩქარე პრაქტიკულად არ იცვლება გამტარუნარიანობის მნიშვნელობიდან 70%-მდე მოძრაობის ინტენსიურობის გაზრდისას, რაც როგორც ჩანს, განპირობებულია დიდ ქალაქებში (მსხვილ დასახლებულ პუნქტებში) მოქმედი სიჩქარეების შეზღუდვით.

ამასთან, $q = f(K)$ დამოკიდებულების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ (იხ. ნახ. 4) როგორც უწყვეტი სატრანსპორტო ნაკადისთვის, ასევე საქალაქო პირობებში, მოძრაობის დროს არსებობს (საუბარია მოძრაობის საქალაქო პირობებზე) ნაკადის სიმჭიდროვისთვის ორი დამახასიათებელი მნიშვნელობა - K_c და K_j , სადაც ნაკადის კრიტიკული სიმჭიდროვე (სიმკვრივე) - K_c წარმოადგენს მნიშვნელობას, რომელამდეც K -ს ზრდასთან ერთად იზრდება q მნიშვნელობაც. K_c -დან K_j -მდე (საუბარია ხერგილის პირობებში ნაკადის სიმჭიდროვეზე) ნაკადის სიმჭიდროვის ცვლილებებისას მოძრაობის ინტენსიურობა მცირდება გამტარუნარიანობის q_c მაქსიმალური მნიშვნელობიდან ნულამდე, ხოლო $K = K_j$ დროს ნაკადის სიჩქარე ასევე ნულის ტოლია. ვექტორის დახრის α კუთხის ტანგენსი ($tg \alpha$), რომელიც

მდებარეობის $q = f(K)$ მრუდზე და გატარებულია კორდინატთა დასაწყისიდან წერტილში, სადაც ეს უკანასკნელი მდებარეობს ზუსტად გვამლევს მოცემულ წერტილში v_s წერტილს სიჩქარის მნიშვნელობას [5].

ამასთან ერთად, შუქნიშნების არსებობა გავლენას ახდენს, როგორც მოძრაობის ხასიათზე, ასევე სატრანსპორტო ნაკადების სტრუქტურაზე, რომლებშიც ჩნდება გზაჯვარედინებთან პერიოდული დაყოვნებებით გამოწვეული ე.წ. მკვეთრად გამოვლენილი სატრანსპორტო საშუალებებს (მსუბუქი ავტომობილი, სატვირთო ავტომობილი, ავტობუსი) ჯგუფები. სწორედაც რომ ზემოხსენებულ ჯგუფებს შორის არსებულ მანძილზე, მათში ნაკადის სიმჭიდროვეზე, სიჩქარის დარღვევასა (ნორმების დარღვევაზეა საუბარი) და ერთმანეთში დიფუზიაზე არის მკვეთრად დამოკიდებული შუქნიშნის სიგნალიზაციის მუშაობის ეფექტურობა. აღნიშნული თვალსაზრისით ჯგუფების პარამეტრები და დიფუზიის ბუნება ასახავს სატრანსპორტო ნაკადის, როგორც უწყვეტ, ასევე დისკრეტულ თვისებებს [5].

ზემოხსენებულთან მიმართებაში ჩვენის აზრით მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს, როგორც შუქნიშნის სიგნალიზაციის ეფექტიანი მუშაობის ალგორითმები, ასევე საგზაო მოძრაობის სტოქასტური მოდელების ერთობლიობა, რაც აამაღლებს ამ უკანასკნელის (შუქნიშნებით რეგულირება) მუშაობის ეფექტიანობას. როგორც სატრანსპორტო ნაკადების თეორიიდან არის ცნობილი, მოძრაობის რეგულირების ოპტიმიზირებასა, და შესაბამისად, სატრანსპორტო საშუალებათა ნაკადის ფორმირების საკითხის განსაზღვრისათვის ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სატრანსპორტო საშუალებათა ნაკადების სტოქასტური (როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ) ტიპის მოდელები, კერძოდ კი პუასონის განაწილება, რომელიც უპრიანია გამოყენებულ იქნეს საავტომობილო ნაკადის მცირე ინტენსივობის პირობებში. მას გააჩნია შემდეგი სახე [1]:

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} \quad (3)$$

სადაც, n - არის ავტომობილის გავლის ალბათობა;

t - დაკვირვების დროის ინტერვალი;

λ - მოძრაობის ინტენსივობაზე დამოკიდებული განაწილების მუდმივა;

$n!$ - აღრიცხული ავტომობილების რაოდენობა.

ამასთან, ცნობილია, რომ თუ ავტომობილების მოძრაობა ხასიათდება პუასონის კანონით, ამ შემთხვევაში ინტერვალები ავტომობილებს შორის განაწილებულია შემთხვევითი სიდიდეების ექსპონენციალური კანონით, რომელსაც გააჩნია სახე [8]:

$$F(t) = N_s e^{-Nt} \quad (4)$$

სადაც, $F(t)$ - არის განაწილების სიმჭიდროვე;

N_s - ნაკადის ინტენსივობა.

უნდა აღინიშნოს, რომ სატრანსპორტო ნაკადში ფიზიკურად შეუძლებელია შესაბამისი სატრანსპორტო ნაკადების სიგრძეზე მცირე ინტერვალების (მაგ. 5მ მსუბუქი ავტომობილების ნაკადისთვის) წარმოშობა, ამიტომ დროებითი ინტერვალების განაწილების აღწერისათვის გაცილებით უფრო მართებულია გადანაცვლებული ექსპონენციალური კანონის მოდელის გამოყენება, რომელსაც გააჩნია სახე [8]:

$$F(t) = \lambda e^{-\lambda(t-\Delta t)} \quad (5)$$

სადაც, Δt - არის სატრანსპორტო საშუალების მახასიათებელი სიგრძისათვის

შესაბამისი დროითი ინტერვალი.

ზემოხსენებული მოდელები იძლევა დამაკმაყოფილებელ კრებადობას ნატურალურ დაკვირვებებთან, უმთავრესად ერთგვაროვანი ნაკადებისათვის.

გვინდა აღვნიშნოთ, რომ შერეული ნაკადის დროს და ამასთანავე ცალკეული გარეშე ფაქტორების ზემოქმედებისას პუასონის ფორმულა არ იძლევა დამაკმაყოფილებელ (სასურველ) შედეგებს და ამ შემთხვევაში მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს განაწილების გაცილებით უფრო უნივერსალური – **პირსონის მე-3 რიგის (ტიპის) გამა – განაწილება**, რომლის განაწილების სიმკვრივესაც გააჩნია სახე: [5,8]:

$$f(t) = \frac{q^\alpha}{\Gamma(\alpha)} e^{-qt} t^{\alpha-1} \quad (6)$$

სადაც, q - არის ნაკადის ინტენსივობა, ავტ/წმ;

α - ექსპერიმენტულად შერჩეული მუდმივა;

$\Gamma(\alpha)$ - გამა-ფუნქცია, რომლის მნიშვნელობაც განისაზღვრება ცხრილებიდან.

მოცემული განაწილების მეშვეობით შეიძლება აპროქსიმირდეს პრაქტიკულად ინტერვალების განაწილების ნებისმიერი კანონი (მაგ: $\alpha = 1$ /გამოსახულება 6/გამომდინარეობს ექსპონენციალური კანონი).

იგი ამავდროულად შეიძლება გამოვიყენოთ (დაახლოებით 2000 ავტ/სთ ინტენსივობის მქონე გაჯერებული ნაკადები, რომლებიც შეიმჩნევა პიკის საათებში, რეგულირებადი მოძრაობის პირობებში შესაძლოა აღიწეროს შემთხვევითი სიდიდეების განაწილების ლოგარითმულად ნორმალური კანონით) საქალაქო მაგისტრალებზე გაჯერებულ ნაკადებში დროითი ინტერვალებსა და მიდევნის დისტანციათა აღწერის მიზნით. ამასთან, ნაკადის დიდი ინტენსივობისა და საკუთრივ გადაკვეთების ზონებში გზებზე სატრანსპორტო საშუალებების მოძრაობა შესაძლოა განხილული იქნას მასობრივი მომსახურების თეორიის საფუძველზე [5,8].

ხაზი უნდა გავუსვათ იმას, რომ შუქნიშნის სიგნალიზაციის მუშაობა დიდ გავლენას ახდენს ავტომობილების (ავტობუსების, სატვირთო ავტომობილების) სიჩქარეთა განაწილებაზეც. გზაჯვარედინებთან დიდ მანძილებზე დაცილებული ცალკეული ავტომობილების სიჩქარეები (ხელსაყრელ/ხელშემწყობ პირობებში მოძრაობისას) საკმაოდ კარგად აღიწერება შემთხვევითი სიდიდეების განაწილების ნორმალური კანონით [5]:

$$f(v) = \frac{1}{\sigma_v \sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{(v-v_i)^2}{2\sigma_v^2}}, \quad (7)$$

სადაც, v - არის გზის მოცემულ წერტილში ნებისმიერი ავტომობილის მყისიერი სიჩქარე;

v_i - საშუალო (საშუალო დროითი) სიჩქარე;

σ_v - ავტომობილების (ავტობუსების) სიჩქარეების საშუალო კვადრატული გადახრა.

თუმცაღა, რეგულირებადი გზაჯვარედინების სიახლოვეს სიჩქარეთა განაწილების კანონში შემოაქვს გარკვეული ასიმეტრია და აღნიშნულ შემთხვევაში პრაქტიკული მიზნებისათვის ზემოხსენებულ ვითარებას მნიშვნელოვანწილად ესადაგება პირველი რიგის (ტიპის) პირსონის განაწილების კანონი, რომელსაც გააჩნია სახე [5]:

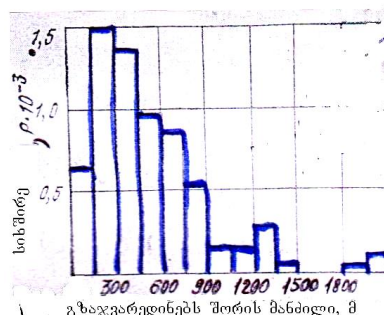
$$f(v) = \frac{v^{\alpha-1}(1-v)^{b-1}}{\frac{\Gamma(\alpha)\Gamma(b)}{\Gamma(\alpha+b)}}, \quad (8)$$

სადაც, α და b - არის ექსპერიმენტული გზით შერჩეული კოეფიციენტები;

$\Gamma(\alpha)$, $\Gamma(b)$, $\Gamma(\alpha+b)$ - ცხრილების მეშვეობით განსაზღვრული გამა-ფუნქცი(ებ)ის მნიშვნელობები [1,4,5,8].

როგორც ჩვენს მიერ ზემოთ იქნა ხაზგასმული, შუქნიშნების არსებობა არსებით ზეგავლენას ახდენს სატრანსპორტო ნაკადების სტრუქტურასა და მოძრაობის ხასიათზე. შესაბამისად, აქედან გამომდინარე, გზებზე მოძრავი ავტომობილების (მ.შ. ავტობუსების) სიჩქარეები რიგ მიზეზთა გამო უთანაბროა, რაც უმთავრესად იმაში გამოიხატება, რომ „სდექ-ხაზიდან“ დაშორებისას მოძრაობის მყისიერი ინტენსიურობა ჯგუფების დიფუზიის შედეგად მონოტონურად მცირდება. ამასთან ერთად, „სდექ-ხაზიდან“ პრაქტიკულად 800-1000მ მანძილზე ცალკეული ჯგუფები ირევა და ნაკადი გადაიქცევა დროში დამყარებულ ინტენსივობათა მუდმივი მნიშვნელობების მქონე ნაკადად. რასაკვირველია, ზემოაღნიშნულ პროცესზე ზეგავლენას ახდენს ისეთი ფაქტორები, როგორცაა ნაკადის რეალური შემაღენლობა, გზაჯვარედინებს შორის მანძილი, მოძრაობის ზოლების რაოდენობა, გზის განივი და გრძივი პროფილი და გზების ფაქტიური მდგომარეობა, აღმართებისა და დაღმართების არსებობა და ა.შ. [5,17].

ჩვენს მიერ ქ. თბილისში ჩატარებული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ პეკინის გამზირზე მიცკევიჩის ქუჩის, საბურთალოსა და სასტუმრო „ჰოლიდეი ინ“-ის მიმდებარედ არსებული შუქნიშნებით რეგულირების მქონე (მ.შ. T -ებრ) გზაჯვარედინებს შორის მანძილი საშუალოდ 300 მეტრს შეადგენს, ხოლო სიგრძის მიხედვით განსაზღვრული ყველა მსგავს გადასარბენტა განაწილება მოყვანილია მე-5 ნახაზზე:



გზაჯვარედინებს შორის მანძილი, მ
ნახ. 5. ქ. თბილისში ჟვანიას მოედანი – სასტუმრო „პოლიდეი ინს“-ის
საზღვრებში რეგულირებად (მ.შ. T -ებზე) გზაჯვარედინებს შორის
მანძილების განაწილების ჰისტოგრამა

ამასთან, შუქნიშნის სიგნალიზაციის მუშაობის შედეგად გამოწვეულ შემფოთებათა შედეგად იზრდება ავტომობილების (საავტომობილო მოძრაობის შემადგენლობის) აჩქარებათა და შენელებათა რაოდენობა. სწორედ აღნიშნული შემთხვევისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნეს აჩქარების ხმაურის განტოლება, რომელიც წარმოადგენს აჩქარების შემთხვევით მნიშვნელობათა გადახრის დამახასიათებელი მაჩვენებლის შეფარდებას საშუალო მნიშვნელობასთან და გააჩნია სახე [5]:

$$\sigma_{\alpha} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [\alpha(t) - \alpha_{\text{ს.შ.}}]^2 dt}, \quad (9)$$

სადაც, σ_{α} - არის აჩქარების ხმაური;

$\alpha(t)$ - აჩქარება t დროის მომენტში;

$\alpha_{\text{ს.შ.}}$ - საშუალო აჩქარება T დროის ინტერვალში;

T - გაზომვის პერიოდი.

ამასთან ერთად უნდა აღვნიშნოთ, რომ აჩქარების ხმაური ახასიათებს ნაკადის მოძრაობის თანაბარზომიერებას მაგისტრალის გასწვრივ. თუმცადა აღნიშნული მაჩვენებელი ბუნებრივია ვერ განასხვავებს გზაჯვარედინებზე შუქნიშნის სიგნალიზაციის არადაამაკმაყოფილებელი მუშაობით გამოწვეულ დაყოვნებებს იმ დაყოვნებათაგან, რომლებიც განპირობებულია შუქნიშნების გამართული მუშაობით გამოწვეული მოძრაობის გადაჭარბებული სიმჭიდროვით. ამიტომ საქალაქო პირობებში მოძრაობის თანაბარზომიერების გასაზომად შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს შემდეგი გამოსახულება [5]:

$$G = \sigma_{\alpha} / v_s \quad (10)$$

თავისთავად ცხადია, შუქნიშნით რეგულირება არის გზაჯვარედინის გამტარუნარიანობის გაზრდის, სატრანსპორტო დაყოვნებათა შემცირებისა და საგზაო მოძრაობისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების ამაღლების ქმედითი საშუალება, სადაც შუქნიშნით სიგნალიზაციის მართვის ოპტიმიზაციის ქვეშ

იგულისხმება ისეთი მნიშვნელობების შერჩევა (ციკლის ხანგრძლივობა, მისი განაწილება რეგულირების ფაზების მიხედვით და დროის ინტერვალთა მომიჯნავე გზაჯვარედინებზე ორი ანალოგიური ფაზის ჩართვის მომენტი), რომლებიც მოცემულ პირობებში უზრუნველყოფს მოძრაობის საუკეთესო პირობებს მთელ სარეგულირებელ საგზაო სატრანსპორტო ქსელში, ასევე სატრანსპორტო დაყოვნებათა დონის შემცირებას, რაც საგზაო მოძრაობის მართვის პროცესის ხარისხის დანარჩენი კრიტერიუმების არაპირდაპირ ოპტიმიზაციასაც გულისხმობს.

აქ მაგისტრალური ქუჩების გაჯერებული ნაკადის რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის ავტორის [18] მკიერ დადგენილ იქნა ავტომობილების რიგის გაწოვის დამყარებული ინტენსიურობის განაწილების კანონზომიერება, ანუ გამოკვლევას დაქვემდებარებული პარამეტრების განაწილების სიმჭიდროვის ფუნქციის სახე. ამ მიზნით ნატურალური დაკვირვებებით მიღებული დამყარებული ინტენსიურობის მნიშვნელობათა მიხედვით ხდებოდა სტატისტიკური რიგების აგება, ვინაიდან გაჯერებული ნაკადი წარმოადგენს დამყარებული ნაკადის საშუალო ინტენსიურობას ავტომობილების (ავტობუსების) რიგის გაწოვისას, სადაც ეს უკანასკნელი აღიწერება შემთხვევითი სიდიდეების განაწილების ნორმალური კანონით, ამიტომ იგი შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს როგორც საშუალო არითმეტიკული:

$$M_{\text{გ}} = \frac{\sum_1^n N_p}{n} \quad (11)$$

სადაც, N_p - არის ავტომობილების რიგის გაწოვის დამყარებული ინტენსიურობა;

n - ამონარჩევთა აუცილებელი მოცულობა.

დასმული ამოცანის პრობლემატურობიდან გამომდინარე მოძრაობის მართვის ადგილობრივი და მაგისტრალური სისტემების შემდგომ სრულყოფასა და განვითარებას წარმოადგენს საგზაო მოძრაობის მართვის საერთო საქალაქო ავტომატიზირებული სისტემები, რომლებიც შეიცავს ტექნიკური, პროგრამული და ორგანიზაციული საშუალებების მთელ რიგ კომპლექსს და უზრუნველყოფს სატრანსპორტო ნაკადების პარამეტრების შესახებ ინფორმაციის შეგროვებას, დამუშავებასა და მათ საფუძველზე მოძრაობის ოპტიმალურ მართვას. ამასთანავე,

მოდრაობის მართვის საერთო საქალაქო სისტემა გამოირჩევა არა მარტო საგზაო ქსელის თავის თავში გაერთიანებისა და მოცვის მასშტაბებით, არამედ უფრო განვითარებული და მოქნილი მართვით, რაც უზრუნველყოფილია სისტემაში შემაჯავალი სპეციალური მართვის გამოთვლითი კომპლექსებითა და სადისპეტჩერო მართვის საშუალებების ფართო დანერგვითა და გამოყენებით [3].

როგორც უკვე აღინიშნა, მოძრაობის მართვის, საერთო საქალაქო ავტომატიზებული სისტემის მართვის ობიექტს წარმოადგენს საკუთრივ სატრანსპორტო და ქვეითად მოსიარულეთა ნაკადები, რომლებიც ხასიათდება სივრცეში განზნევიტ. ზემოხსენებულთან მიმართებაში კი საერთო საქალაქო ავტომატიზებული სისტემა უნდა იმართებოდეს ერთიანი საერთო-საქალაქო მართვის პუნქტიდან ან შედგებოდეს იმგვარი ე.წ. სარაიონო სამართავი პუნქტებისაგან, რომელთა მიერ რეალიზებული ერთ-ერთ ძირითად ალგორითმს უნდა წარმოადგენდეს მოქნილი და მაღალეფექტური კოორდინირებული მართვა, რისი მომსწრენიც ამ ბოლო პერიოდში გავხდით დანერგა რა საპატრულო პოლიციამ მაღალტექნოლოგიური ე.წ. „ჭკვიანი“ კამერები. თუმცადა, კოორდინირებული პროგრამის გარდა ხსენებულ სისტემაში შეიძლება რეალიზდეს სპეციალური ტექნოლოგიური და სამოსამსახურო ალგორითმებიც [3,14,15]. ზემოხსენებული ამოცანა ასევე მკაფიოდ იქნა გაშუქებული ნაშრომში [7]. აქედან გამომდინარე ჩვენს ინტერესს წარმოადგენდა განგვიხილა მმართველი ალგორითმები, რომელთა შორისაც აუცილებლად უნდა იქნეს გამოყოფილი რეგულირების ფაზების გაჯერების ხარისხის გათანაბრებისა და რიგის ასაქცევი ალგორითმები, რითაც რეგულირების ფაზის გაჯერების ხარისხი სატრანსპორტო ნაკადების თეორიაში განისაზღვრება შემდეგნაირად [5]:

$$x_i = \frac{q_i c}{S_{igi}}, \quad (12)$$

სადაც, c - არის რეგულირების ციკლის ხანგრძლივობა;

i - ფაზის ნომერი;

q_i - მოცემულ ფაზის ნებადართული მიმართულებით მოძრაობის ინტენსიურობა;

S_i - მოცემულ ფაზაში ნაკადის გაჯერების სიდიდე;

g_i - ფაზის ეფექტური ხანგრძლივობა, ანუ ფაზის ნაწილი, რომლის

განმავლობაშიც ხორციელდება სდექ-ხაზის გადაკვეთა.

ამასთან, რეგულირების ციკლის ოპტიმალური ხანგრძლივობის განსაზღვრისათვის შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს ვებსტერის ანალიზური გამოსახულება, რომელიც განკუთვნილია რეგულირების C ციკლის ოპტიმალური ხანგრძლივობის განსაზღვრისთვის და რომელიც უზრუნველყოფს გზაჯვარედინთან ავტომობილის საშუალო დაყოვნების მინიმიზაციას [5]:

$$C = \frac{1,5L + 5}{1 - Y}, \quad (13)$$

სადაც, $L = \sum_1^n (T_{შუალ.i} - 1)$ - არის ციკლში ჯამური დაკარგული დრო; წმ;

$T_{შუალ.i} - i$ -ურ ფაზაში შუალედური ტაქტის ხანგრძლივობა; წმ;

$Y = \sum_1^n y_i$ - გზაჯვარედინის ჯამური ფაზური კოეფიციენტი ;

$y_i = q_i / S_i$ - i -ური ფაზის გაცილებით უფრო დატვირთული მოძრაობის

მიმართულების ფაზური კოეფიციენტი;

n - რეგულირების ფაზების რიცხვი; i - ფაზის ნომერი; $q_i - i$ -ური ფაზის გაცილებით უფრო დატვირთული მიმართულებით გზაჯვარედინის შესასვლელიდან ნაკადის ინტენსიურობა, ავტ/სთ; S_i - გაჯერების ნაკადი, ავტ/სთ.

ამასთან, როგორც მოქმედმა მმას-ის მუშაობის გამოცდილებამ გვიჩვენა, ამ უკანასკნელის გამოყენება საშუალებას იძლევა კონტროლირებად რაიონში საჰაერო აუზის დაბინძურების დონე შემცირებული იქნას საშუალოდ 15-20%-ით. აღნიშნული ეფექტი კი უმთავრესად მიიღწევა როგორც ავტოტრანსპორტის გაჩერებათა რიცხვის შემცირების ხარჯზე, ასევე სატრანსპორტო ნაკადის სიჩქარის გაზრდისა და მისი მოძრაობის თანაბრობის შედეგად. ცნობილია, რომ ჯანმრთელობისთვის საშიში გამონახობლქვების გაცილებით დიდ რაოდენობას გამონახობლქვ აირებში ვხვდებით ავტომობილის ამუშავებისა და დამუხრუჭების პერიოდში და დაბალი სიჩქარეების დიაპაზონში მისი მოძრაობის დროს, რაც თავისთავად გულისხმობს სატრანსპორტო ხმაურის შემცირებასაც, რომელიც განისაზღვრება შემდეგი ემპირიული ფორმულით [5]:

$$\Delta W = 10lq \frac{1 - \frac{\Gamma}{1 + Aq/n_{\text{გაწ}}}}{1 - \frac{\Gamma}{1 + q/n_{\text{გაწ}}}}, \quad (14)$$

სადაც, ΔW - არის ხმაურის დონის შემცირება, დბ (A); Γ - მმას-ის დანერგვის შემდგომ გაჩერებათა რიცხვის შეფარდებითი შემცირება; $n_{\text{გაწ}}$ - ავტომობილების გაჩერების რიცხვი 1წმ-ით მუშაობის რეჟიმისთვის მმას-ის დანერგვამდე; q - გამოკვლევას დაქვემდებარებულ მოძრაობის ზოლზე ნაკადის ინტენსიურობა (ავტ/სთ); $A = 0,04$ - ხმაურის დონეების სხვაობათა დამახასიათებელი მუდმივა.

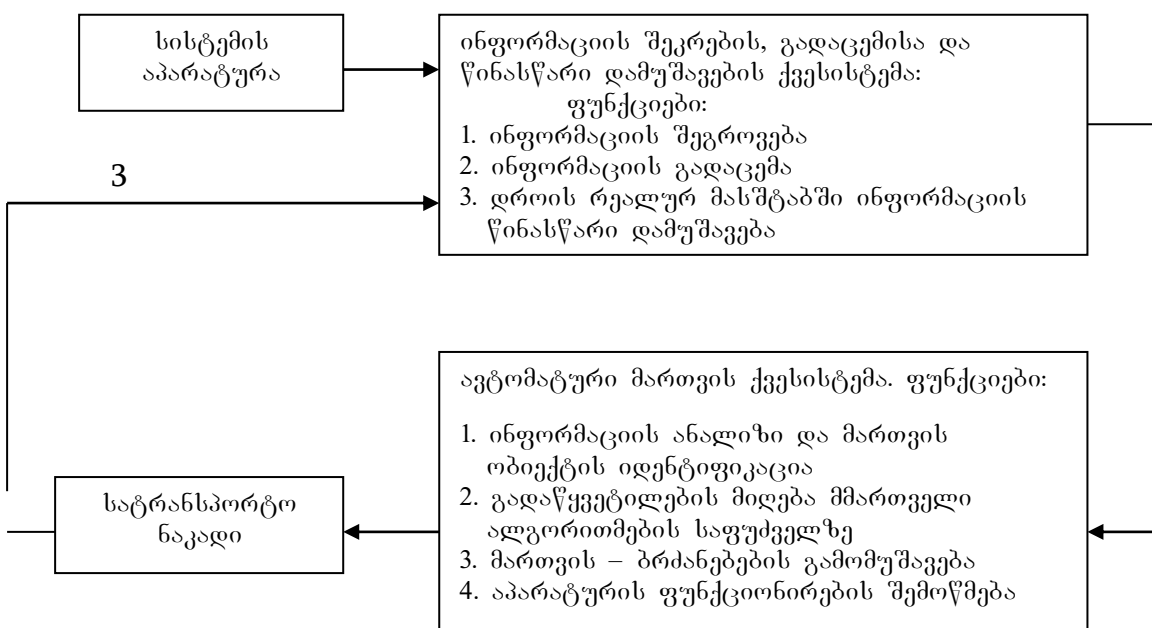
ამასთანავე, ხერგილების წარმოშობის სიტუაციებში (რთულ სიტუაციაში) საგზაო მოძრაობის სადისპეტქერო მართვა თავის თავში მოიცავს იმ ტიპის ამოცანათა ეფექტურ გადაწყვეტას, როგორცაა:

1. ხერგილების წარმოქმნის ადგილისა და დროის განსაზღვრა;
2. სპეციალური ალგორითმისა და სპეციალური ტექნიკური საშუალებების ნაკრების მეშვეობით ჩახერგილი რაიონის საგზაო მოძრაობის მართვა;
3. ხერგილის დასრულების მომენტის განსაზღვრა.

გვინდა აღვნიშნოთ, რომ ჩვენს მიერ ზემოხსენებული პირველი და მესამე ამოცანების გადაწყვეტა გაცილებით უფრო ხშირად ხორციელდება ქსელის მოცემულ წერტილებში ნაკადის სიმჭიდროვის შემფასებელი მონაცემების მიღების საფუძველზე. იმ შემთხვევაში თუკი ჩვენ არ ვფლობთ ინფორმაციას გზის მოცემულ უბანზე ნაკადის სიმჭიდროვეზე (ფაქტორთა შესახებ), რომლებიც უმთავრესად დეტექტორების მეშვეობით მოგვეწოდება (ანუ პრაქტიკულად არ არის **დამონტაჟებული ნაკადის სიმჭიდროვის დეტექტორები**), ზემოხსენებული შემფასებელი მონაცემების მისაღებად გამოიყენება **ტრანსპორტის ჩვეულებრივი დეტექტორი**, რომლის მეშვეობითაც განისაზღვრება ე.წ. გზის ამა თუ იმ უბნის (მონაკვეთის) დატვირთულობის (გადატვირთულობის) **სპეციალური პარამეტრის სიდიდე**. აქ დეტექტორის მგრძნობიარე ელემენტით აღჭურვილი გზის უბნის დატვირთულობის ქვეშ (Θ) უნდა ვიგულისხმოთ შემდეგი [5]:

$$\Theta = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{T}, \quad (15)$$

სადაც, t_i - არის ტრანსპორტის დეტექტორის მგრძობიარე ელემენტის ზონაში i -ური ავტომობილის ყოფნის დრო; $N-T$ გაზომვის დროში დეტექტორის მიერ დარეგისტრირებული ავტომობილების რიცხვი. ამასთან, დეტექტორის მიერ დარეგისტრირებული ავტომობილების რიცხვისაგან და ემპირიულად განსაზღვრული დატვირთულობისაგან განსაზღვრული ცალკეული ფუნქცია შესაძლოა ნაკადის სიმჭიდროვის შემფასებლად მოგვევლინოს. ჩვენს მიერ წარმოდგენილია მმას-ის ავტომატური მართვის კონტურის ფუნქციონალური სქემა [5]:



ნახ. 6. მმას-ის ავტომატური მართვის კონტურის ფუნქციონალური სქემა

ზემოხსენებული საკითხები ასევე მკაფიოდ და ეფექტურადაა გაშუქებული და შესწავლილი შრომებში [9-15].

უნდა აღინიშნოს, რომ, როგორც მრავალი წამყვანი ქვეყნების გამოცდილებამ გვიჩვენა, ავტომობილიზაციას უდიდესი დადებითი გავლენა აქვს ეკონომიკაზე (მაკროეკონომიკის ავტოსატრანსპორტო სექტორში გამოვლენილი საკანონმდებლო – ნორმატიული ბაზის სისტემის ეფექტურობა და ინსტიტუციონალური მოდელის შექმნა) და ადამიანებისათვის ქმნის მოხერხებულობასა და კომფორტს, მაგრამ იგი ამავდროულად იწვევს რიგ ნეგატიურ მოვლენებს, რომლებიც ბოლო ათწლეულებში განსაკუთრებით იგრძნობოდა მრავალი ქვეყნის დიდ ქალაქებში, კერძოდ კი: საგზაო-

სატრანსპორტო შემთხვევებში (სსშ), საჰაერო აუზის გაჭუჭყიანება გამონაბოლქვი აირებით, ხმაური, სატრანსპორტო ჩახერგვები და მოძრაობის სიჩქარის მკვეთრი შემცირება და სხვ. აქედან გამომდინარე საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის ღონისძიებათა, და კერძოდ, საგზაო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის (სმმას) ღონისძიებათა გატარებას ნებისმიერ დონეზე წინ უნდა უსწრებდეს მათი გულდასმითი ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება [2,4,5].

ცნობილია, რომ დასმული პრობლემის ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების აუცილებლობა წამოიჭრება ყოველთვის, როდესაც საჭირო ხდება კაპდაბანდების ეკონომიკური ეფექტიანობის განსაზღვრა [2,5]. ამასთან, მმას-ის ტექნიკურ-ეკონომიკურ ეფექტიანობას განსაზღვრავს შემდეგი ძირითადი ფაქტორები და საკუთრივ:

1. გზაჯვარედინებთან სატრანსპორტო დაყოვნებათა დონის შემცირება, რაც განპირობებულია შუქნიშნის სიგნალიზაციის მუშაობის მართვის ოპტიმიზაციით, ამასთანავე ქსელში სატრანსპორტო ნაკადების გადანაწილებით მრავალპოზიციური საგზაო ნიშნებისა და მაჩვენებლების გამოყენებით.

2. გადასარბენებზე გზაჯვარედინებს შორის სატრანსპორტო საშუალებათა მოძრაობის საშუალო სიჩქარის გაზრდა შუქნიშნის წითელი სიგნალებთან რიგის სიგრძის შემცირებისა და მოძრაობაში შესვენებათა მინიმალურად შესაძლო რიცხვთა უზრუნველყოფის ხარჯზე.

3. მოძრაობის პროცესში ე.წ. „გაუმართლებელი“ გაჩერებების რიცხვის შემცირება, რასაც მივყავართ სატრანსპორტო საშუალებათა „მატერიალური ნაწილის“ – საავტომობილო სალტეების ცვეთის, აგრეთვე საწვავის (მ.შ. კუთრი) ხარჯის შემცირებისაკენ, რაც თავის მხრივ თავისთავად განაპირობებს გზაჯვარედინების ზონაში გზის მყარი საფარის ცვეთის შემცირებას.

4. როგორც ზემოჩამოთვლილი ფაქტორთა შედეგი – სისტემის კონტროლის ქვეშ მყოფი ქუჩებისა და გზების (ქუჩა-გზების ქსელი) ქსელში მგზავრობის დროს საგრძნობ შემცირებას.

5. მოძრაობისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების დონის ამაღლება, რაც თავის გამოხატულებას პოულობს, როგორც სსშ-თა რიცხვის და მათ მიერ გამოწვეული შედეგების (მ.შ. ლეტალური) სიმძიმის, ასევე გარემოში გამოტყორცნილი მავნე, მომწამვლელი და კანცეროგენული აირების შემცირებაში, რაც თავისთავად ასახვას

პოვებს როგორც სატრანსპორტო ხმაურის დონის შემცირებასა და ქ. თბილისის საჰაერო აუზის სანიტარული მდგომარეობის გაუმჯობესებაში. ამასთან, დადგენილია, რომ ჰაერის დაბინძურების ძირითად წყაროს თანამედროვე მსხვილ ქალაქებში წარმოადგენს ავტომობილების ძრავებთან (ბენზინი, დიზელი) გამობოლქვილი მავნე აირები. დაბინძურების აღნიშნული წყაროს კუთრი წონა საშუალოდ 60%-ს შეადგენს, ხოლო მსხვილი ქალაქებისთვის, სადაც ავტომობილიზაციის დონე საკმაოდ მაღალია, ავტოტრანსპორტის წილზე მოდის დაბინძურებათა 80%-ზე მეტი. თუ გავითვალისწინებთ იმ მდგომარეობას, რომ ავტომობილის მიერ გამონაბოლქვი აირები შეიცავს 200-ზე მეტ ჯანმრთელობისთვის მავნე კომპონენტებს, რომელთა შორისაც განსაკუთრებულად საშიშია ნახშირჟანგი, ნახშირწყალბადები და აზოტის ჟანგეულები (CO, CH, NO_X), ნათელი წარმოდგენა გვექმნება საერთო ზოგად სურათზე [1,4,5,16].

6. ქ. თბილისის სახმელეთო მუნიციპალური ტრანსპორტის მუშაობის ეფექტიანობის ამაღლება (მ.შ. თბილისის მიკროავტობუსის), რაც განპირობებულია როგორც გზაჯვარედინებთან სატრანსპორტო საშუალებათა დაყოვნების შემცირებით, ასევე მათი მოძრაობის პრიორიტეტული (ტექნიკური) პირობებით აღჭურვით.

7. ქ. თბილისის ქუჩა-გზების ქსელში სატრანსპორტო ნაკადების პარამეტრების შესახებ სტატისტიკური ინფორმაციის ავტომატური მოძიება, დაგროვება, დამუშავება და მისი შემდგომი გამოყენება.

ამასთან, განშტოებული ქსელის სისტემაში არსებული ტრანსპორტის დეტექტორები და მძლავრი გამოთვლითი კომპლექსი საშუალებას მოგვცემს ავტომატურად დავაგროვოთ, სისტემატიზაცია გავუკეთოთ და დავამუშავოთ ზემოხსენებული ინფორმაცია დროის ნებისმიერ მოცემულ ინტერვალში მისი შემდგომი გამოყენების მიზნით საავტომობილო სატვირთო-სამგზავრო გადაზიდვა-გადაყვანების დასაგეგმად, ქუჩებისა და გზების ქსელის სარეკონსტრუქციოდ, მოძრაობის ორგანიზაციის გასაუმჯობესებლად ღონისძიებათა დამუშავებისა და ქალაქმშენებლობის სხვადასხვა ამოცანათა ეფექტურად გადასაწყვეტად.

8. სისტემაში შემავალი მთელი პერიფერიული აპარატურის წესივრულ მდგომარეობაში ყოფნაზე ცენტრალიზებული კონტროლის შედეგად საგზაო სიგნალიზაციის მართვის საშუალებათა კომპლექსის ტექნიკურად მზადყოფნის

კოეფიციენტის ამაღლება, რაც საშუალებას მოგვცემს მინიმუმამდე იქნეს დაყვანილი მტყუნებათა აღმოჩენის, და შესაბამისად, მტყუნებელი ელემენტების აღდგენის დრო.

აღნიშნული ფაქტორი მნიშვნელოვანწილად შეუწყობს ხელს მოძრაობის უსაფრთხოების დონის ამაღლებას და სატრანსპორტო დაყოვნებათაგან გამოწვეული დანაკარგების შემცირებას, ვინაიდან ინტენსიური მოძრაობის მქონე გზაჯვარედინზე შუქნიშნის ობიექტის მწყობრიდან გამოსვლა მჭიდრო კავშირში იმყოფება როგორც სსშ-თა წარმოშობის, ასევე ჩახერგვის სიტუაციათა ალბათობის ზრდასთან. საგულისხმოა ის გარემოება, რომ ყველაზე უფრო კომპლექსური და დამაჯერებელია (სარწმუნოა) საგზაო მოძრაობის ეკონომიკური შეფასება, რომელიც ითვალისწინებს ტექნიკური და სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მაჩვენებელთა არა მხოლოდ დადებით ცვლილებებს, არამედ მის შედარებას იმ ხარჯებთან, რომლებიც დასჭირდება საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის გაუმჯობესებას. თუმცაღა აწ უკვე დანერგილი „ჭკვიანი კამერები“-ს სისტემა მნიშვნელოვნად აამაღლებს საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოების მაჩვენებლებს და დროულად გამოავლენს ურჩ მძღოლებს, შეამცირებს მოცდენების ხანგრძლივობას დროულად გადასცემს რა მართვის ცენტრალიზებულ პუნქტში გზებზე არსებულ მდგომარეობას, რაც შემდგომში დარეგულირდება საპატრულო პოლიციის ეკიპაჟების მეშვეობით, განიტვირთება საგზაო ქსელი, და შესაბამისად, ეკონომიკური ეფექტიც იქნება მიღებული მოცდენების და ჰაერში გამოტყორცნილი მავნე ნივთიერებების შემცირების ხარჯზე. ეს უკანასკნელი საკმაოდ მკაფიოდაა გაშუქებული კვლევაში [12].

ზოგადი სახით საგზაო მოძრაობის გასაუმჯობესებლად სამომავლოდ გასატარებელი ღონისძიებებით მიღებული წლიური ეკონომიკური ეფექტი შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი ემპირიული ფორმულით [2,5]:

$$E_{\text{ეკონომიკური}} = \eta - (\eta + E_{\text{წარმოები}}); \quad (16)$$

$$T = \frac{\eta}{\eta - \eta}, \quad (17)$$

სადაც, $E_{\text{ეკონომიკური}}$ - არის ღონისძიებათა დანერგვით მიღებული წლიური ჯამური ეკონომია (წლიური ეკონომიკური ეფექტის რეალურ მნიშვნელობათა ქვედა ზღვარი);

ს – სისტემის ექსპლუატაციაზე გაწეული მიმდინარე დანახარჯები
(ღონისძიებებზე გაწეული წლიური საექსპლუატაციო ხარჯები);

$E_{\text{ნორმ}}$ - ეკონომიკური ეფექტიანობის ნორმატიული კოეფიციენტი
(0,1÷0,15);

კ – სისტემის შექმნაზე გაწეული კაპიტალდაბანდებები;

ე – სისტემის დანერგვისას სატრანსპორტო დაყოვნებათა და სსშ-თა რიცხვის შემცირებისაგან ღირებულებით გამოსახულებაში მიღებული ეკონომია.

ამასთან, წლიური ჯამური ეკონომია $E_{\text{ჯამური}}$ შეიცავს ეკონომიას, რომელიც მიიღწევა სსშ-თა შემცირებით, მგზავრობაზე (გზობებზე) და ტვირთების გადაზიდვაზე გაწეული დროის ეკონომიით, სხვადასხვა ტიპის სატრანსპორტო (მსუბუქი ავტომობილები, ავტობუსები, სატვირთო ავტომობილები და სხვ.) საშუალებათა და მგზავრობის მოცდენების დროის შემცირებით, ასევე ტრანსპორტის ზედმეტი გარბენების შემცირებით და სხვ.

მმას-ის შექმნასა და დანერგვაზე კაპდაბანდებათა გამოთვლა წარმოებს შემდეგი ფორმულით [5]:

$$K = K_{\text{მოწყობ}} + K_{\text{სამ/სამ}} + K_{\text{საა}} + K_{\text{გამ}} \quad (18)$$

სადაც, $K_{\text{მოწყობ}}$ - არის სისტემის მოწყობილობის ყველა სახეობაზე

გაწეული დანახარჯები; $K_{\text{სამ/სამ}}$ - სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების შესრულებაზე გაწეული დანახარჯები;

$K_{\text{საპროექტო}}$ - საპროექტო, სამეცნიერო-კვლევითი, საცდელ-საკონსტრუქტორო სამუშაოებზე გაწეული დანახარჯები და აგრეთვე დანახარჯები გაწეული სისტემის მათემატიკური უზრუნველყოფის მომზადებაზე;

$K_{\text{გამ}}$ - სისტემის ექსპლუატაციაში შესვლისას მოწყობილობის

გამართვაზე (გამართვის სამუშაოებზე) გაწეული დანახარჯები.

ამასთან, მმას-ის ექსპლუატაციასა და მომსახურებაზე გაწეული მიმდინარე ხარჯები შესაძლოა განსაზღვრულ იქნეს გამოსახულებიდან [5]:

$$S = S_{\text{ხელფ}} + S_{\text{მიმღ}} + S_{\text{ამორტ}} + S_{\text{ვლ.ენერგ}} + S_{\text{იჯარა}}, \quad (18)$$

სადაც $s_{ხელფ}$ - არის სისტემის საექსპლუატაციო და მომსახურე პერსონალის სოციალურ ღირებულებაზე გაწეული ძირითადი და დამატებითი ხელფასი დარიცხვებით;

$s_{მიმდ}$ - სისტემის მოწყობილობასა და ნაგებობების მიმდინარე რემონტზე და შენახვაზე გაწეული დანახარჯები;

$s_{ამორტ}$ - ნაგებობათა და სისტემის ამორტიზაციაზე გაწეული დანახარჯები, რომლებიც განსაზღვრულია საამორტიზაციო ანარიცხების დადგენილი ნორმებით მათი ღირებულების საფუძველზე;

$s_{ელ.ენერგ}$ - ელექტროენერგიაზე გაწეული დანახარჯები;

$s_{იჯარა}$ - საქალაქო სატელეფონო ქსელის ხაზების (მ.შ. ოპტიკური) იჯარაზე გაწეული დანახარჯები.

ხოლო მმას-ის დანერგვით მიღებული წლიური „ე“ ეკონომიის სიდიდე განსაზღვრულ უნდა იქნეს შემდეგი ფორმულით [5]:

$$ე = (d' - d'')l_{დაყოფნ} + K_N N'_{LN}, \quad (19)$$

სადაც, d' და d'' - არის შესაბამისად მმას-ის დანერგვამდე და მისი დანერგვის შემდეგ საგზაო ქსელში სატრანსპორტო დაყოვნებათა დონეები;

$l_{დაყოფნ}$ - ავტომობილის ერთ სთ დაყოვნების ღირებულება;

N' - მმას-ის დანერგვამდე საგზაო ქსელში სსშ-თა რიცხვი;

K_N - მმას-ის დანერგვის შემდეგ სსშ-თა რიცხვის შემცირების გამთვალისწინებული კოეფიციენტი;

l_N - ერთი სსშ-ის გასაშუალებული ღირებულება, ლარი.

ამასთან, d' და d'' განსაზღვრული უნდა იქნას სისტემაში შემავალი ყველა გზაჯვარედინის მიხედვით (გზაჯვარედინებზე) დაყოვნებათა შეჯამებით, ხოლო თითოეული გზაჯვარედინისთვის (მ.შ. $T_{გბო}$) უნდა მოხდეს გაანგარიშება, რომელიც გაითვალისწინებს წლის სხვადასხვა სეზონში და დღე-ღამის პერიოდებში შუქნიშნის სიგნალიზაციის მოქმედების კონკრეტული რეჟიმებს გამომდინარე დიდი ალბათობით გამოყენებული ალგორითმებიდან.

მმას-ის თანამედროვე სისტემის დანერგვით მიღებული ეკონომიკური (ფაქტიური) ეფექტი უწინარესად უნდა ეფუძნებოდეს ისეთი თანამედროვე ტექნოლოგიების დანერგვას, რაც გულისხმობს იმგვარი (მ.შ. მოძრავი) ლაბორატორიების არსებობას, რომლებიც აღჭურვილი იქნება ხმაურსაზომი აპარატურით და ჰაერის დაბინძურების დონის განმსაზღვრელი თანამედროვე ხელსაწყოებით, რაც საშუალებას მოგვცემს მოვახდინოთ მმას-ის ეფექტურობის გაზომვა გარემომცველ გარემოზე სატრანსპორტო ნაკადების მავნე ზემოქმედების შემცირების მაჩვენებლის თვალსაზრისითაც. დარგის ექსპერტთა და ავტორთა აზრით მნიშვნელოვანია შემდეგი ქმედითი ღონისძიებების გატარება და კერძოდ იმ კონკრეტული შემთხვევისათვის, როდესაც მმას-ი შევა მოქმედებაში, ხოლო ამ თვალსაზრისით მიზანშეწონილია მმას-ის ეფექტურობა განისაზღვროს შემდეგი თანმიმდევრობით:

1. გამოკვლევის ძირითადი გეგმის შედგენა;
2. სატრანსპორტო დაყოვნებათა გაანგარიშებისათვის აუცილებელი საწყისი/გამოსავალი მონაცემების შეგროვება ან ამ უკანასკნელთა პირდაპირი გამოთვლა მმას-ის კომპიუტერული ტექნოლოგიების (ეგმ-ის) მეშვეობით.
3. მმას-ის მოქმედების რაიონში ძირითად მარშრუტებზე სატრანსპორტო დაყოვნებათა ანგარიში და გავლის დროის განსაზღვრა, აგრეთვე სატრანსპორტო საშუალებების ამუშავებათა და შეჩერებათა, აჩქარებათა და შენელებათა რაოდენობის გაანგარიშება.
4. სსშ-თა მიხედვით სტატისტიკური ანგარიშების ანალიზი მოცემულ რაიონში, გარკვეული პერიოდის განმავლობაში მმას-ის მოქმედებაში შესვლამდე და მის მოქმედებაში შესვლის შემდგომ.
5. კვლევის შედეგის დამუშავება ინფორმაციის მასივის შექმნის მიზნით, რომელიც აუცილებელია მმას-ის ეკონომიკური ეფექტიანობის განსაზღვრისათვის.
6. მმას-ში მიმდინარე ხარჯების მნიშვნელობათა პოვნა და სხვა.

დადგენილ დამუშავებულ უნდა იქნას „ქალაქებში საგზაო მოძრაობის რეგულირების სახელმძღვანელო“ უახლესი დოკუმენტი, რომელიც მკაფიოდ

განსაზღვრავს ავტომობილის 1სთ დაყოვნების ღირებულებას ფულად-მატერიალურ გამოსახულებაში, აგრეთვე K_N -ის ფაქტიურ მნიშვნელობას.

ყოველივე ზემოჩამოთვლილის გათვალისწინებით მიზანშეწონილია საქალაქო მეურნეობის ფუნქციონირების ეფექტიანობის ამაღლება მმას-ის ბაზაზე ოპერატიული რეაგირების რეგიონალური სისტემების შექმნითა და სრულყოფით, რომელთა შემადგენლობაშიც მისი სრულყოფილად განვითარების შემთხვევაში უნდა შევიდეს: 1) საგზაო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა; 2) სპეციალური ავტომობილების (საკატრულო, სახანძრო, სასწრაფო დახმარების და სხვ.) ადგილსამყოფელის ავტომატური კონტროლის სქემა; 3) საჰაერო აუზის დაბინძურებულობის ოპერატიული კონტროლის თანამედროვე სისტემა - „ეკო“; 4) მოქალაქეთა ქონებისა და სიცოცხლის ხელყოფის ფაქტორთა თავიდან აცილების სისტემა „პოსტი“; 5) სატრანსპორტო ნაკადების მოძრაობის პირობების ანალიზის სისტემა – სნმმას [5,19].

როგორც მმას-ის ფუნქციონირების ეფექტურობის ჩატარებულმა გამოკვლევებმა ცხადყო (რომლებიც საკუთრივ ხორციელდება რუსეთის 7 ქალაქში), ძირითადი მაჩვენებლების მიღებული საშუალო მნიშვნელობები, რომლებიც უშუალოდ უკავშირდება კოორდინირებული მართვის შესაძლებლობებს, შემდეგნაირად გამოიყურება [19]:

- მგზავრობის საშუალო სიჩქარის ზრდა 22-23%-ით;
- მოცდენათა დროის შემცირება 20-45%-ით;
- მიმოსვლათა დროის შემცირება 14-27%-ით;
- გაჩერებათა რაოდენობის შემცირება 32-66%-ით;
- სსშ-თა რაოდენობის შემცირება 10-25%-ით;
- საგზაო საფარის გაზრდილი ცვეთის ზონის ფართობის შემცირება 13-25%-ით;
- საწვავის ხარჯის (ბენზინი) შემცირება 11-16%-ით;
- CO -ს (ნახშირჟანგი) გამონაბოლქვის შემცირება 17-24%-ით.

ამგვარად, ჩვენს მიერ დასმული ამოცანის ეფექტიანად გადაჭრის შემთხვევაში, რაც უმთავრესად გამოიხატება მმას-ის გამოყენებაში – АСУД-С, რომელიც მოწმდება კოორდინაციის პროგრამების მართვის რეჟიმების ანალიზის გზით წმინდა ეკონომიკური თვალსაზრისიდან გამომდინარე ძალზე დიდ ეკონომიკურ ეფექტს

მოგვცემს, ხოლო ზემოაღნიშნული თანამედროვე სისტემის შექმნასა და გამოყენებაში სამომავლოდ ჩადებული ფულად-მატერიალური საშუალებების ნაზღაურობის ვადა საშუალოდ, სავარაუდოდ 2-3 წელიწადს შეადგენს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. გ. ხაზარაძე, ბ. მშვიდლობაძე. საავტომობილო გზებზე მოძრაობის ორგანიზაცია. გამ-ბა “საბჭოთა საქართველო”, თბილისი, 1982
2. ი. ქოჩიაშვილი და სხვ. საგზაო მოძრაობის ორგანიზაცია. საავტომობილო-საგზაო ინსტ-ტის გამ-ბა., თბილისი, 1999
3. ი. ქოჩიაშვილი, დ. კვირიკაშვილი და სხვ. საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის ტექნიკური საშუალებები. საავტომობილო-საგზაო ინსტ-ტის გამ-ბა, თბილისი, 1997
4. В. Рэнкин, П. Клафи и др. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения (справочник). М, транспорт, 1981
5. М. П. Печерский и др. Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах. М., транспорт, 1979
6. Х.Иносэ, Т. Хамада. Управление дорожным движением. М., транспорт, 1983
7. ი. აბულაძე. საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის ეფექტური დაგეგმარებისა და მართვის მეთოდოლოგიის დამუშავება. ტექნიკის მეცნ. კვანდიდატის სამეცნ. ხარ. მმოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაცია. თბილისი, 2006
8. Г. И. Клинковштейн. Организация дорожного движения. М., транспорт, 1982
9. ინგა აბულაძე, ვლადიმერ წვერავა სატრანსპორტო ნაკადების ელემენტების რადიოლოკაციური გამოცნობის სისტემების მათემატიკური ამოცანების გამოკვლევა 2012, ¹ 3(35) [2012.10.31].
10. ინგა აბულაძე, ზურაბ გასიტაშვილი, ვლადიმერ წვერავა. საგზაო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებულ სისტემაში შუქნიშნის სიგნალიზაციის მმართველი პარამეტრების მიზანდასახული ძებნის საკითხისათვის. 2011, ¹ 3(32) [2011.11.15].
11. ინგა აბულაძე, ზურაბ გასიტაშვილი, ვლადიმერ წვერავა. საგზაო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის სრულყოფის საკითხის დამუშავება საქართველოში. 2010, ¹ 5(28) [2010.11.30].

12. ზურაბ გასიტაშვილი, ინგა აბულაძე, ვლადიმერ წვერავა. Об одном вопросе четко сформированного технического задания как необходимого элемента решения транспортной проблемы крупных городов Грузии. (ენა: რუსული), 2009, 13(20) [2009.06.30].
13. ინგა აბულაძე, ვლადიმერ წვერავა. Автоматизированная система управления муниципальных транспортных потоков. (ენა: რუსული), 2006, 14(11) [2006.12.30]
14. ი. აბულაძე, ვ. წვერავა და სხვ. საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის დაგეგმარების მოდელი გეოინფორმაციული სისტემის გარემოში. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, ინფორმაციული ტექნოლოგიები, სტუ, თბილისი, 2008.
15. ი. აბულაძე, ზ. გასიტაშვილი, ვ. წვერავა. ინფორმაციულ ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული სატრანსპორტო ნაკადების მონიტორინგის სისტემა. ტექნიკური უნივერსიტეტი, მართვის ავტომატიზებული სისტემები №1(4)2008.
16. ვ. წვერავა და სხვ. საქართველოში საავტომობილო-საექსპლუატაციო მასალების ეფექტიანი გამოყენების საკითხისათვის. სამეცნ-ტექნ.ჟურნალი-“ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა” №1 (23)2012.
17. ავტოტრანსპორტისა და საგზაო მოძრაობის ორგანიზაციის ტერმინოლოგია. პროფ. ი.ქოჩიაშვილის, პროფ. გ. ჯოხაძის რედაქციით. გამ-ბა “ქართული ენა”, თბილისი, 2001
18. გ.სისვაძე. გზაჯვარედინებზე შუქნიშნებით რეგულირების ეფექტიანობის ამაღლება მათი რეჟიმების გაანგარიშების მეთოდის სრულყოფით. ტექნიკის მეცნ. კვანდიდატის სამეცნ. ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაცია. თბილისი, 2003.
19. В.В. Петров. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ В ГОРОДАХ. Омск-2007.
20. <http://genisys.ge/ka/news/საგზაო-მოძრაობის-ავტომატიზირებული-მართვის-სისტემა>.