

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ანდრო გაფრინდაშვილი

ლოკალურ ქსელში ნავიგაციის სისტემა  
და მისი ოპტიმალური ფუნქციონის ალგორითმები

სადოქტორო პროგრამა „ინფორმატიკა“

შიფრი 0401

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2019 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში  
ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი  
ინტერდისციპლინური ინფორმატიკის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფ. თენგიზ მაჭარაძე

რეცენზენტები: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

დაცვა შედგება 2019 წლის „\_\_\_\_“, „\_\_\_\_\_“ — საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის  
სისტემების ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე.  
კორპუსი —, აუდიტორია —  
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,  
ხოლო ავტორეფერატისა-ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი: პროფ. თინათინ კაიშაური

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

*თემის აქტუალურობა.* თანამედროვე საინფორმაციო სისტემების მთავარი ამოცანა, დროის მცირე მონაკვეთებში, მინიმალური სისტემური, ადამიანური და მატერიალური რესურსებით დიდი მოცულობის ინფორმაციის სწრაფი დამუშავებისა და მომხმარებლისათვის მიწოდების უზრუნველყოფაა. აღნიშნული, მოითხოვს ინფორმაციის გაცვლის ეფექტიანი პროგრამული სისტემებისა და მათი ოპტიმალური ფუნქციობის ალგორითმების შემუშავებას, რაც მთლიანად სისტემისა და მისი ცალკეული კომპონენტების ეფექტიანი ფუნქციობის საწინდარია.

დღესდღეობით, მიუხედავად ინტერნეტის აქტიური გამოყენებისა, მრავალი ორგანიზაციის საქმიანობა დაფუძნებულია ლოკალური კომპიუტერული ქსელის ფუნქციობაზე, რომელიც ორიენტირებულია მათთვის სპეციფიკური ამოცანების გადაწყვეტაზე. გამორჩეული როლი ლოკალურ ქსელში ინფორმაციის გაცვლის ეფექტიანი პროცესის უზრუნველყოფაში აკისრია ქსელში ნავიგაციის სისტემებს („ბრაუზერებს“). ეს იმითაა განპირობებული, რომ ნავიგაციის სისტემა პროგრამული უზრუნველყოფის ის კომპონენტია, რომელთანაც უშუალოდ ურთიერთობს მომხმარებელი და მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს ქსელში ინფორმაციის გაცვლის პროცედურების სისწრაფეს, მოხერხებულობას და საიმედოობას.

ანალიზი აჩვენებს, რომ ნავიგაციის არსებული სისტემების ნაკლად ითვლება ის გარემოება, რომ ორგანიზაციისათვის სპეციფიკური ბიზნეს-ლოგიკისა და გარე კომუნიკაციებთან დაკავშირებულ ამოცანათა გადასაწყვეტად, მოითხოვენ დამატებითი ვებ-სერვისების მიღებას და ამ მიზნით ინტერნეტ-ბრაუზერების გამოყენებას, რაც საგრძნობლად ანელებს ინფორმაციის გაცვლის პროცესს და ზრდის მოთხოვნებს ქსელური რესურსების მიმართ. აღნიშნულიდან გამომდინარე, აქტუალურია ამ ნაკლისაგან თავისუფალი ლოკალურ ქსელში ნავიგაციის სისტემების ოპტიმალური ფუნქციობის ალგორითმებისა და შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავება, რაც აამაღლებს ქსელში ორგანიზაციული საქმიანობის ეფექტიანობას.

ლოკალურ ქსელში ორგანიზაციული სტრუქტურის შესაბამისი საკომუნ-

იკაცხო საქმიანობის განხორციელებისას, აქტიურად გამოიყენება შიგა ელექტრონული დოკუმენტბრუნვის მართვის ავტომატიზებული სისტემა, რომელიც ნავიგაციის პროცესის მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია და დიდწილად განსაზღვრავს ლოკალურ ქსელში ინფორმაციის გაცვლის ეფექტიანობას. მიუხედავად იმისა, რომ სამომხმარებლო ბაზარი ელექტრონული დოკუმენტბრუნვის რიგ თანამედროვე სისტემებს გვთავაზობს, აქტუელურია კონკრეტული ორგანიზაციის სტრუქტურისა და საქმიანობის ხასიათის მიმართ იოლად ადაპტირებადი დოკუმენტბრუნვის სისტემების ალგორითმულ-პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავება, რომელიც ქვესისტემის სახით იქნება რეალიზებული ლოკალურ ქსელში ნავიგაციის სისტემის შემადგენლობაში.

**სამუშაოს მიზანი.** ნაშრომის მიზანია შემდეგი ამოცანების ადაწყვეტა:

–შემუშავდეს ორგანიზაციის ლოკალურ ქსელში ნავიგაციის სისტემა რომელიც ორიენტებულია რა ორგანიზაციისათვის სპეციფიკური ამოცანების გადაწყვეტაზე, იმავდროულად ახორციელებს გლობალურ ქსელში ნავიგაციას, როგორც ჩვეულებრივი ინტერნეტ-ბრაუზერი და არ მოითხოვს ამ მიზნით დამატებითი ქსელური და ვებ-რესურსების გამოყენებას;

–შემუშავდეს ნავიგაციის სისტემის ალგორითმული და პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც მის ოპტიმალურ ფუნქციობას განაპირობებს;

–ნავიგაციის სისტემის ფარგლებში შემუშავდეს ელექტრონული დოკუმენტბრუნვის მართვის ქვესისტემა და მისი ალგორითმულ-პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც ადაპტირებადი იქნება კონკრეტული ორგანიზაციის სტრუქტურისა და საქმიანობის ხასიათის მიმართ;

–გამოკვლეულ იქნეს ნავიგაციის სისტემა პრაქტიკული გამოყენების პროცესში და წინასწარ განსაზღვრული კრიტერიუმების საფუძველზე შეფასდეს მისი ფუნქციობის ეფექტიანობა.

**კვლევის ობიექტი და საგანი.** კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ორგანიზაციის ლოკალურ კომპიუტერულ ქსელში კორპორაციული ინფორმაციის გაცვლის პროცესი. კვლევის საგანია ლოკალურ ქსელში ნავიგაციის სისტემა და მისი ალგორითმულ-პროგრამული უზრუნველყოფა.

*კვლევის მეთოდები.* ნაშრომში დასმულ ამოცანათა გადასაწყვეტად გამოყენებულია: სისტემური და სტრუქტურული ანალიზის მეთოდოლოგია, პროგრამული ინჟინერიის CASE ტექნოლოგიის მეთოდები და ინსტრუმენტები, ალბათობისა და მასობრივი მომსახურების თეორიის ელემენტები, ობიექტ-ორიენტებული და ვებ-დაპროგრამების თანამედროვე ტექნოლოგიები.

*ნაშრომის მეცნიერული სიახლე და კვლევის ძირითადი შედეგები.*

ნაშრომის მეცნიერულ სიახლეს და პრაქტიკულ ღირებულებას განაპირობებს კვლევის შემდეგი ძირითადი შედეგები:

–ჩატარდა კომპიუტერული ქსელების კერძოდ, ლოკალური ქსელების არქიტექტურულ-ფუნქციური მოწყობისა და მათ წინაშე მდგომი პრობლემების ანალიზი და გაკეთდა შესაბამისი დასკვნები;

–შემუშავებულია ლოკალურ ქსელში ნავიგაციის სისტემა, რომელიც არსებულთაგან განსხვავებით, ორიენტებულია რა ორგანიზაციისათვის სპეციფიკური ამოცანების გადაწყვეტაზე, იმავდროულად ახორციელებს გლობალურ ქსელში ნავიგაციას, როგორც ჩვეულებრივი ინტერნეტ-ბრაუზერი და არ მოითხოვს ამ მიზნით დამატებითი ქსელური და ვებ-რესურსების გამოყენებას;

–შემუშავებულია ნავიგაციის სისტემის აგების მეთოდოლოგია, სტრუქტურა და მოქმედების ფუნქციონალი;

–ქსელის სტანდარტულ ალგორითმებსა და პროტოკოლებზე დაყრდნობით შემუშავებულია ნავიგაციის სისტემის ფუნქციონების ჰიბრიდული ალგორითმები, რომლებიც მის ოპტიმალურ მოქმედებას განაპირობებენ;

–შემუშავებულია ნავიგაციის სისტემის პროგრამული უზრუნველყოფა საერთო ინტერფეისის მქონე პროგრამული მოდულების სახით, რომლებიც რეალიზაციას უკეთებენ მისი ფუნქციონების ჰიბრიდულ ალგორითმებს;

–ნავიგაციის სისტემის ფარგლებში შემუშავებულია ელექტრონული დოკუმენტბრუნვის მართვის ქვესისტემა, რომელიც ადაპტირებადია კონკრეტული ორგანიზაციის სტრუქტურისა და საქმიანობის ხასიათის მიმართ;

–შემუშავებულია ელექტრონული დოკუმენტბრუნვის მართვის ქვესისტემის ორიგინალური ალგორითმული და პროგრამული უზრუნველყოფა;

–ნავიგაციის სისტემა ინტეგრირებულია და ფუნქციობს კონკრეტული ორგანიზაციის (კერძოდ, ლ. სამხარაულის სახელობის სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნული ბიუროს) ლოკალურ კომპიუტერულ ქსელში;

–შემუშავებულია ნავიგაციის სისტემის ფუნქციობის შეფასების კრიტერიუმები, რომელთა საფუძველზე გამოკვლეულია მისი პრაქტიკული გამოყენების ეფექტიანობა და მიღებულია სისტემის ოპტიმალურად ფუნქციობის დამადასტურებელი მაჩვენებლები.

*კვლევის შედეგების გამოყენების სფერო.* სადისერტაციო ნაშრომში მიღებული და აპრობირებული შედეგების გამოყენება სხვადასხვა სტრუქტურისა და საქმიანობის ხასიათის მქონე ორგანიზაციათა ლოკალურ კომპიუტერული ქსელში, აამაღლებს ინფორმაციის გაცვლის პროცესისა და ქსელური რესურსების გამოყენების ეფექტიანობას.

*დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა.* დისერტაციის მოცულობა შეადგენს 148 ნაბეჭდ გვერდს. იგი შეიცავს სატიტულო გვერდებს, რეზიუმეს ქართულ და ინგლისურ ენებზე, შინაარსს, 4 დასახელების ცხრილების ნუსხას, 41 დასახელების ნახაზების ნუსხას, შესავალ ნაწილს, ოთხ თავს, რომლებშიც დისერტაციის ძირითადი შინაარსია ასახული, დასკვნას, 49 დასახელების გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას, 2 დანართს.

*ნაშრომის აპრობაცია.* დისერტაციის ძირითადი შინაარსი მოხსენებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ინტერდისციპლინური ინფორმატიკის დეპარტამენტში სამეცნიერო სემინარებსა და კოლოკვიუმებზე, სამეცნიერო კონფერენციებზე, ასახულია სამეცნიერო სტატიებში. სულ დისერტაციის თემატიკით გამოქვეყნებულია 5 პუბლიკაცია, რომელთა ჩამონათვალი ავტორეფერატის ბოლოშია მოყვანილი.

### **დისერტაციის ძირითადი შინაარსი**

*შესავალში* მოყვანილია სადისერტაციო ნაშრომის ზოგადი დახასიათება. წარმოდგენილია საკითხის სპეციფიკა და მის ირგვლივ არსებული პრობლემები. ნაჩვენებია თემატიკის აქტუალურობა, ფორმულირებულია მიზნე-

ბი და ამოცანები, რომელთა გადაწყვეტასაც ეძღვნება სადისერტაციო ნაშრომი, გამოკვეთილია მისი სამეცნიერო და პრაქტიკული ღირებულება.

*პირველ თავში*, ლიტერატურულ წყაროებზე დაყრდნობით მოყვანილია ლოკალური კომპიუტერული ქსელებისა და მათ წინაშე მდგომი პრობლემების ანალიზი და გაკეთებული შესაბამისი დასკვნები. ხაზგასმულია, რომ მზარდი ინფორმაციული ნაკადების დამუშავება კომპანიების, ფირმებისა და ორგანიზაციების ცალკეული დანაყოფების რეალურ დროში ერთობლივ, შეუფერხებელ და უსაფრთხო მუშაობას მოითხოვს. ამ ამოცანის გადაწყვეტას ემსახურებიან ლოკალური კომპიუტერული ქსელები, მათი აპარატურული, ალგორითმული და პროგრამული უზრუნველყოფა. თანამედროვე ლოკალური ქსელების უმრავლესობა ინფორმაციის გაცვლის „კლიენტ-სერვერის“ ტექნოლოგიას იყენებს, რომლის თანახმად, მომხმარებლები იზიარებენ ქსელურ რესურსებს სხვა მომხმარებლებთან ერთად. მათი არქიტექტურა დაფუძნებულია მრავალდონიანი OSI მოდელის გამოყენებაზე, რომელიც ასახავს ქსელში მონაცემთა სასიცოცხლო ციკლის სხვადასხვა ეტაპებს და მათ ევოლუციას ამ ციკლის ცალკეულ დონეებზე. ქსელის კომპონენტთა თავსებადობის უზრუნველყოფენ ქსელური ალგორითმები „პროტოკოლები“, რომლებიც მართავენ მონაცემთა გაცვლის პროცესს სხვადასხვა დონეებზე. ქსელის ცალკეული კვანძების მუშაობას, მისი რესურსებისადმი კოლექტიურ წვდომას და ქსელში ინფორმაციის გაცვლის პროცესს წარმართავს ქსელური პროგრამული უზრუნველყოფა. ლოკალური ქსელების დაპროექტებისა და ექსპლუატაციის პროცესში ხშირად წარმოიშობა პროგრამული უზრუნველყოფისა და მისი ცალკეული კომპონენტების მოდიფიკაციის აუცილებლობა, ინფორმაციის დამუშავების ოპერატიულობის ამაღლებისა და ქსელის რესურსების ეფექტიანად გამოყენების მიზნით. ქსელში ნავიგაციის სისტემა (ბრაუზერი) ქსელის პროგრამული უზრუნველყოფის უმნიშვნელოვანესი კომპონენტია, რომელთანაც უშუალოდ ურთიერთობს მომხმარებელი და მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ინფორმაციის გაცვლის პროცესის ეფექტიანობა. ანალიზი აჩვენებს, რომ ნავიგაციის არსებული სისტემების ნაკლია ის გარემოება, რომ ორგანიზაციისათვის სპეციფიკურ ბიზნეს-ლოგიკის ამოცანათა გადასაწყვეტად, გლობალურ ქსელთან (ინტერნეტთან)

კავშირისათვის, მომხმარებელს უხდება ვებ-ბრაუზერის გამოყენება, რაც ან-ელებს ინფორმაციის გაცვლის პროცესს და სათუოდ ხდის კორპორაციული ინფორმაციის საჭირო ხარისხით დაცულობას. აღნიშნულიდან გამომდინარე, დასაბუთებულია ლოკალურ ქსელში ნავიგაციის ისეთი სისტემის ალგორითმულ-პროგრამული უზრუნველყოფისა და მისი ოპტიმალურად ფუნქციონის შეფასების მეთოდიკის შემუშავების აქტუალურობა, რომელიც შეითავსებს რა ინტერნეტ-ბრაუზერის ფუნქციებს, საგრძნობლად აამაღლებს ლოკალურ ქსელში ინფორმაციის გაცვლის პროცესისა და მთელი ორგანიზაციის საქმიანობის ეფექტიანობას.

*მეორე თავში* გამხილულია ლოკალურ ქსელში ნავიგაციის სისტემის აგების მეთოდიკა და მისი ოპტიმალური ფუნქციონისათვის ალგორითმული და პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავების საკითხები.

ნავიგაციის სისტემა წარმოადგენს ალგორითმულ-პროგრამულ უზრუნველყოფას, რომელიც განკუთვნილია ლოკალურ ქსელში ინფორმაციის გასაცვლელად. შესასრულებელი ფუნქციების მიხედვით ნავიგაციის სისტემის სტრუქტურაში შეიძლება გამოვყოთ საერთო მართვას დაქვემდებარებული სამი ძირითადი ნაწილი:

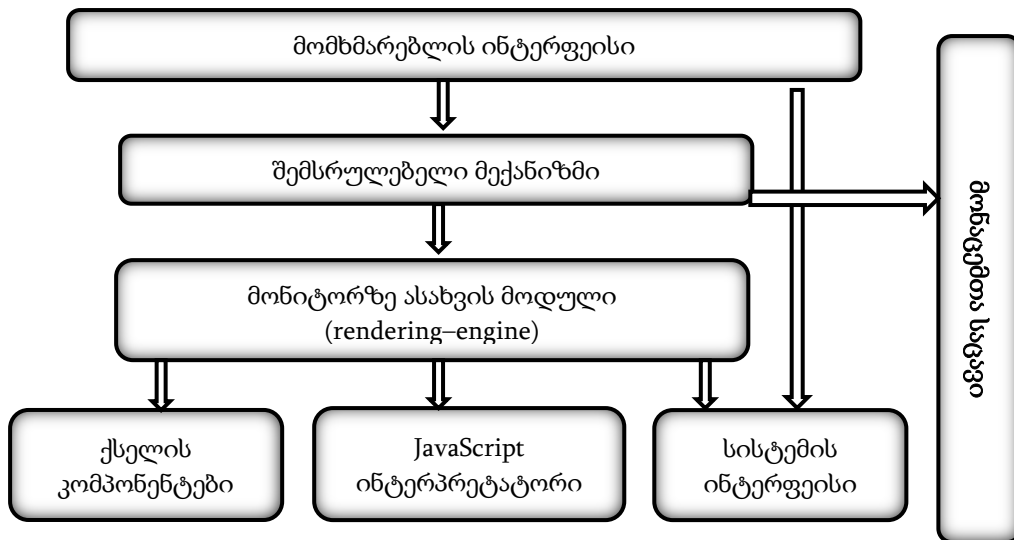
1) მოდული, რომელიც ორგანიზაციის შიგა საჭიროებებზეა ორიენტირებული და ახორციელებს ნავიგაციას მხოლოდ ორგანიზაციის შიგა ლოკალური ქსელის ფარგლებში;

2) გლობალურ ქსელში ნავიგაციის მოდული, რომელიც ასრულებს სისტემაში ჩაშენებული საკუთარი ბრაუზერის ფუნქციას და განკუთვნილია ორგანიზაციის ლოკალური ქსელიდან გლობალურ ქსელში ნავიგაციისათვის;

3) ელექტრონული დოკუმენტბრუნვის მართვის ქვესისტემა.

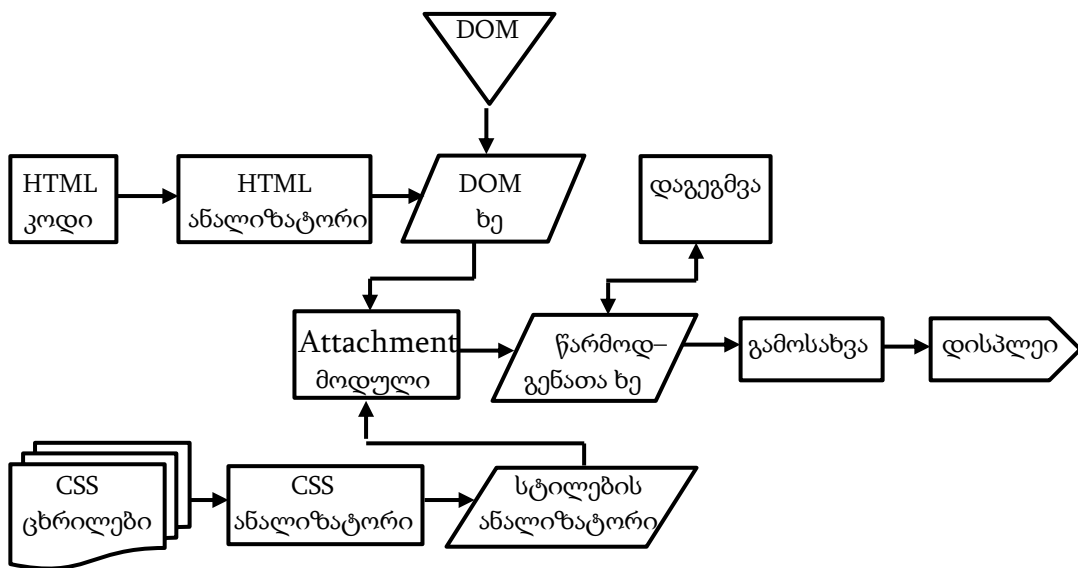
ნავიგაციის სისტემის მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია მასში ინტეგრირებული საკუთარი ვებ-ბრაუზერი, რომელიც უზრუნველყოფს გლობალურ ქსელში ნავიგაციას სტანდარტული ინტერნეტ-ბრაუზერების გამოყენების გარეშე. შემუშავებულია ბრაუზერის სტრუქტურა, რომლის მთავარი კომპონენტია ჰიპერტექსტური დოკუმენტის დეკოდირების მოდული-ბრაუზერის ინტერფეისი (ნახ. 1.)





ნახ. 1.

ბრაუზერის სტრუქტურაში, მომხმარებლისათვის ყველაზე მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს მონიტორზე ინფორმაციის გრაფიკულად ასახვის მოდული. ის პასუხსიმგებელია მონიტორზე HTML, CSS, XML, Javascript პროგრამული კოდების გრაფიკულად ასახვაზე. ნავიგაციის სისტემაში ამ ფუნქციას ასრულებს ასრულებს ჩვენს მიერ შემუშავებული გრაფიკული წარმოსახვის მოდული, რომელიც თანამედროვე ბრაუზერებში გამოყენებული WebKit მოდულის გარკვეულ მოდიფიკაციას წარმოადგენს. მოდულის საშუალებით ხდება ჰიპერტექსტის სინტაქსური ანალიზი და ტეგების გადაყვანა DOM (Document Object Model) იერარქიულ სტრუქტურაში (ნახ. 2).



ნახ. 2.

ნავიგაციის სისტემა ფუნქციობის პროცესში იყენებს სტანდარტული ქსელური ალგორითმების გაერთიანებისა და მოდიფიცირების საფუძველზე

შემუშავებულ *ჰიბრიდულ ალგორითმებს*, რომელთა პრაქტიკული რეალიზაცია საერთო სამომხმარებლო ინტერფეისში თავმოყრილი ცალკეული პროგრამული პაკეტების საშუალებით ხდება. მათი პრაქტიკული გამოყენება ამაღლებს ნავიგაციის სისტემის საერთო ფუნქციონალს, ლოკალურ ქსელში ინფორმაციის გაცვლის სისწრაფესა და საიმედოობას.

*ქსელში ინფორმაციის გაცვლის ალგორითმი.* ქსელში ინფორმაციის გაცვლისათვის სისტემა იყენებს Distance vector routing ალგორითმის მუშაობის პრინციპებს. ნაშრომში შემუშავებული მოდიფიცირებული ალგორითმი საშუალებას იძლევა მივიღოთ ინფორმაცია მონაცემთა გადაცემის მთელი პროცესის შესახებ, რაც ქსელში ინფორმაციული პაკეტების უმოკლესი მარშრუტით გადაგზავნას უზრუნველყოფს.

*ვებ-გვერდის დინამიური ცვლილებების ალგორითმი.* ვებ-გვერდზე ცვლილებების განხორციელებისას ალგორითმი "ცდილობს" დოკუმენტში მათ სწრაფად ასახვას. ეს იმით მიიღწევა, რომ გრაფიკული ელემენტის ცვლილებისას, სხვა ელემენტების ახლიდან ჩამოტვირთვა არ ხდება. ასევე, ახლიდან არ აისახება ამ ელემენტის შიგნით განთავსებული და მის ირგვლივ მდებარე გრაფიკული ობიექტები.

*ინფორმაციის შიფრაცია/დეშიფრაციის ალგორითმი.* სისტემა იყენებს ე.წ. „სესიის გასაღებს“, რომელიც წარმოადგენს ჰიბრიდული ალგორითმის მიხედვით პროგრამულად გენერირებულ უნიკალურ იდენტიფიკატორს, დაშიფრულს SHA (Secure Hash Algorithm) მეთოდით. ალგორითმი გულისხმობს კონკრეტული მომხმარებლის მიერ, კონკრეტულ რესურსზე წვდომისას, გასაღების მინიჭებას მხოლოდ დროის გარკვეულ მონაკვეთში. სესიის დასრულების შემდგომ, გასაღები უქმდება და ახალ სესიაში აღარ გამოიყენება. ეს ნიშნავს, რომ გასაღები ყოველი მომხმარებლისათვის უნიკალურია. ღია და დახურული გასაღებებისგან განსხვავებით, ამ ალგორითმის გამოყენება საგრძნობლად ზრდის მონაცემთა უსაფრთხოების ხარისხს.

*მონაცემების ინდექსაციის ალგორითმი.* შემუშავებული სისტემა ნავიგაციის პროცესში აქტიურად იღებს და გადასცემს ინფორმაციას მომხმარებელთა კომპიუტერიდან სერვერს, ან ახორციელებს ტექსტური და მულტი-

მედიური ფაილების გადაგზავნას უშუალოდ მომხმარებელთა შორის, რაც მოითხოვს გაცვლილი ინფორმაციის აღნუსხვას ისტორიის სახით. ამ ისტორიის შესანახად ლოკალური დისკოების მეხსიერება არ არის საკმარისი და საჭიროებს რელაციური მონაცემთა ბაზის გამოყენებას. შესაბამისად, ნავიგაციის სისტემაში, გათვალისწინებულია ინტეგრაცია Microsoft SQL Server, და Oracle Database მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემებთან.

დიდი მოცულობის ისტორიის წარმოების ეფექტიანობის გაზრდისათვის შემუშავებულია მონაცემთა ინდექსაციის ჰიბრიდულ ალგორითმი, რომლის მიხედვით განსაზღვრული ინდექსი, საშუალებას გვაძლევს სწრაფად მივმართოთ იმ კონკრეტულ ჩანაწერებს, რომელთაც პროგრამა ინახავს ნავიგაციის პროცესში და გარკვეული დროის შემდგომ აარქივებს. ინდექსი ორ REF და EFR ველებს შეიცავს:

–REF (References) ველი აკონტროლებს ბლოკის ყოველ ელემენტში შენახული მაჩვენებლების მაქსიმალურ რაოდენობას და შეიძლება მიიღოს 0 დან 100-მდე მნიშვნელობები:

0–მიუთითებს, რომ შესაძლებელია მაქსიმალური რაოდენობის ინდექსის მაჩვენებლის შენახვა;

100–მიუთითებს, რომ ყოველი ელემენტისათვის შესაძლებელია მხოლოდ ერთი ინდექსის მაჩვენებლის შენახვა;

ნებისმიერი სხვა მნიშვნელობა აღნიშნული დიაპაზონიდან საშუალებას გვაძლევს შევინახოთ  $N_{max}$  მაჩვენებელი:

$$N_{max} = \frac{bsize}{esize} \cdot \frac{100}{REF} ,$$

სადაც  $N_{max} \in N$ –ყოველი ელემენტისათვის მაჩვენებელთა მაქსიმალური რაოდენობაა დიაპაზონიდან 0–100;

bsize–ინდექსის ბლოკის მოცულობაა ანუ ე.წ. ინდექსის ფურცელია, სადაც ფიზიკურ დონეზე არსებული ინფორმაციის ინდექსები (გასაღებები) ინახება, რომელთა საშუალებით სწრაფად შეიძლება საჭირო მონაცემების მოძიება დიდი მოცულობის ინფორმაციულ ნაკადში;

esize–ინდექსაციის ელემენტის მოცულობაა, თუ ეს უკანასკნელი შეიცავს მხოლოდ ინდექსის ერთ მაჩვენებელს (ერთ გასაღებს);

–EFR (ElementFillRatio) ველი-აკონტროლებს ინდექსის მაჩვენებლების მაქსიმალურ რაოდენობას, რომელიც შეიძლება ინახებოდეს ერთ ბლოკში. ველის რაოდენობრივი მნიშვნელობები მოთავსებულია 0÷100 დიაპაზონში:

0–მიუთითებს, რომ შესაძლებელია მხოლოდ ერთი ინდექსის მაჩვენებლის შენახვა;

100–მიუთითებს, რომ შესაძლებელია ინდექსის მაჩვენებელთა მაქსიმალური რაოდენობის შენახვა;

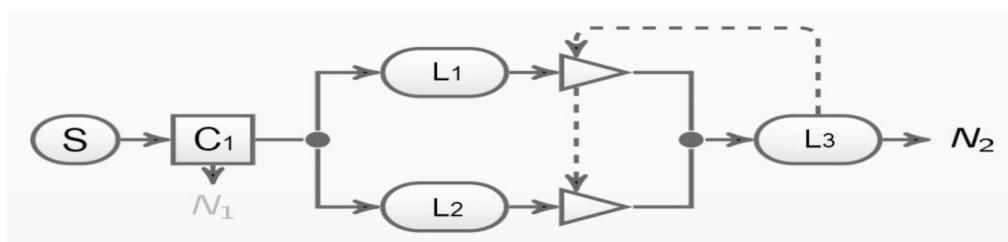
ნებისმიერი სხვა მნიშვნელობა აღნიშნული დიაპაზონიდან საშუალებას გვაძლევს შეინახოთ  $n_{max}$  მაჩვენებელი:

$$n_{max} = \frac{EFR}{100} \cdot N_{max} ,$$

სადაც  $n_{max} \in N$  ყოველი ბლოკისათვის მაჩვენებელთა მაქსიმალური რაოდენობაა დიაპაზონიდან 0–100.

ბაზის მონაცემთა ინდექსაციის შემუშავებული ალგორითმი, ერთდროულად შესასრულებელი ტრანზაქციების რაოდენობის მიხედვით, ინდექსის ბალანსირების საშუალებას გვაძლევს.

*ინფორმაციული ნაკადების მართვის ალგორითმები.* ნავიგაციის სისტემა აქტიურად იყენებს ინფორმაციული ნაკადის მართვის ალგორითმებს, რომლის დროსაც ის მასობრივი მომსახურების კვანძის სახით წარმოგვიდგება (ნახ. 3).

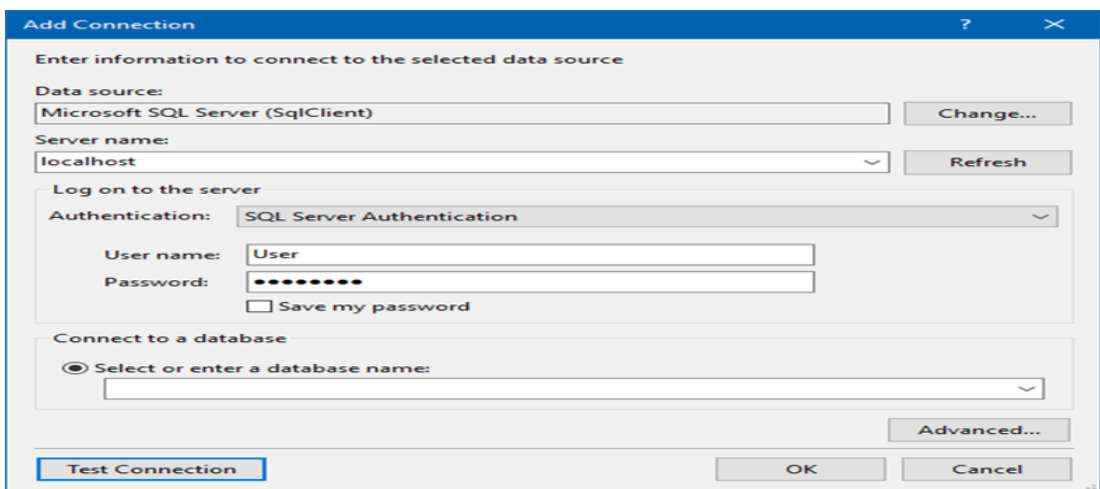


ნახ. 3

- S-პროგრამაში შემავალი ინფორმაციის (მოთხოვნათა) ნაკადია;
- C1-წარმოადგენს ინფორმაციულ საცავს, შემავალი ნაკადის პირველ ფაზაში დამუშავების შემდეგ;
- L1, 2, 3-ინფორმაციული ნაკადის მომსახურების არხებია (კვანძებია);
- N2-დამუშავებული (გამომავალი) ინფორმაციის ნაკადია;
- N1-წარმოადგენს C1 საცავში არსებულ ნაკადს (რიგს), რომლის დაგროვე-

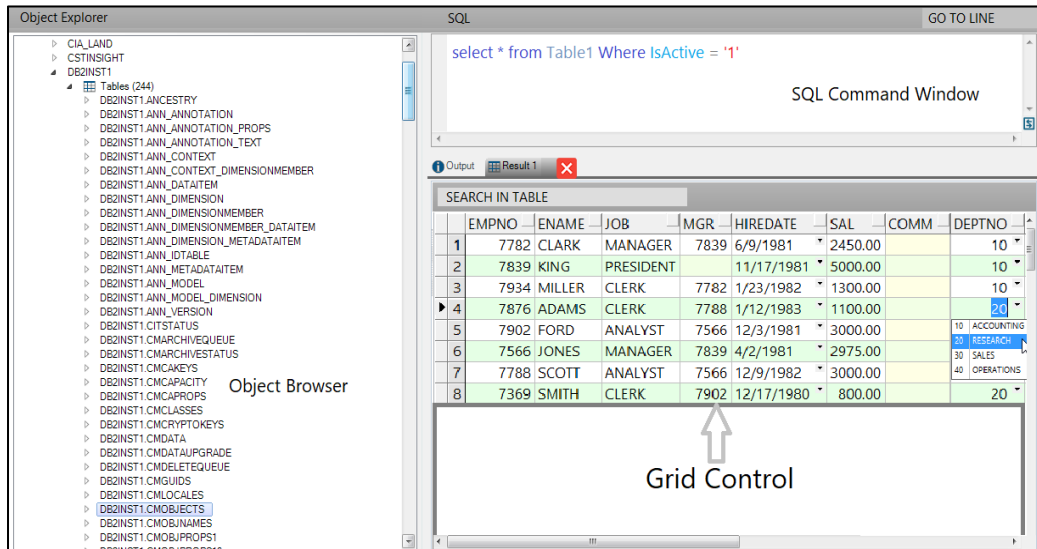
ბაც შესაძლოა მოხდეს მომსახურების პროცესში დიდი რაოდენობით ინფორმაციის დამუშავების პროცესში. შემავალი ნაკადები მიემართება მომსახურების არხში, სადაც რიგითობისა და პრიორიტეტულობის დაცვით ხდება მათი დამუშავება. ალგორითმების შესაბამისი პროგრამული მოდულის მეშვეობით ხორციელდება სისტემის შიგნით მიმდინარე მრავალგზის განმეორებადი პროცესების მონიტორინგი და ამის საფუძველზე შესაბამისი სტატისტიკის შექმნა, რაც აუცილებელია ნავიგაციის სისტემის წარმადობის სარწმუნო შეფასებების მისაღებად.

*ნავიგაციის სისტემის ინტეგრაცია მონაცემთა ბაზასთან.* ნავიგაციის სისტემის ინტეგრაცია შესაძლებელია Ms SQL Server და Oracle Database მონაცემთა ბაზებთან. ინტეგრაციის პროცესი ხორციელდება ვიზუალური ინტერფეისის საშუალებით, სისტემური მენიუდან: Settings->Database Settings->Connect To Database->New Connection ბრძანების მიწოდებით. შემდგომ დიალოგურ ფანჯარაში (ნახ. 4) მიეთითება ბაზის მომხმარებლის სახელი და პაროლი. მაგალითად, თუ შერჩეული გვაქვს SQL Server ბაზა და ავტორიზაციის მეთოდია SQL Server Authentication, მომხმარებლის სახელის და პაროლის მითითება აუცილებელია, ხოლო თუ ბაზასთან კავშირის დამყარებას Windows Authentication მეთოდით ვახორციელებთ, მაშინ მომხმარებლის სახელისა და პაროლის მითითება საჭირო არ არის, მთავარია აღნიშნულ მომხმარებელს, რომელიც ავტორიზებულია Windows სისტემაში, ჰქონდეს SQL Server მონაცემთა ბაზასთან დაკავშირების უფლება.



ნახ. 4

მონაცემთა ბაზასთან ურთიერთქმედების პროცესში, ნავიგაციის სისტემა ავტომატურად ახორციელებს SQL Server და Oracle Database სისტემებში იმ ცხრილების ოპტიმიზაციას, რომელშიც აქტიურად აწარმოებს მონაცემების შეტანას და განახლებას. სისტემა ასევე უზრუნველყოფს SQL ბრძანებების შესრულების ვიზუალური გარემოს, მონაცემთა ბაზის ცხრილების და ობიექტების მოხეხებულ დათვალიერებას (ნახ.5).

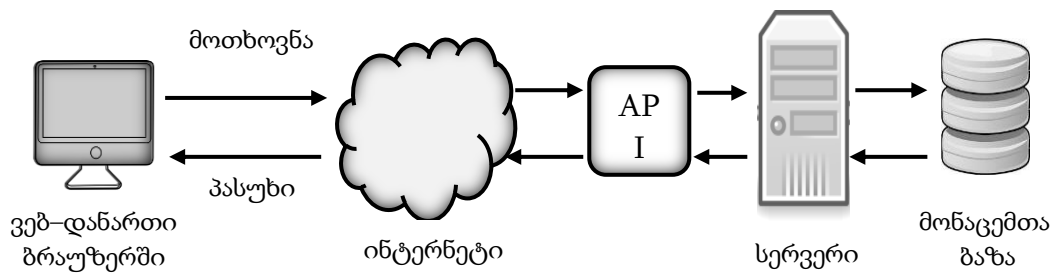


ნახ. 5.

ნავიგაციის სისტემაში ვებ-სერვისების იმპლემენტაცია. შემუშავებულია ნავიგაციის სისტემაში ვებ-სერვისების იმპლემენტაციის მექანიზმი, რაც საშუალებას იძლევა განხორციელდეს ინფორმაციის გაცვლა, როგორც ორგანიზაციის შიგნით ასევე მის გარეთ, ინტერნეტის ან შიდა ლოკალური ქსელის მეშვეობით. ვებ-სერვისების გამოყენებით შესაძლებელია ერთი პროგრამული კოდიდან გამოვიძახოთ სხვა პროგრამული უზრუნველყოფის მეთოდები და ფუნქციები, რომელიც შესაძლოა განთავსებული იყოს დაშორებულ სერვერზე და წარმოადგენდეს პარტნიორი ორგანიზაციის ან საჯარო გამოყენებისთვის განკუთვნილ სერვისს.

მექანიზმი ითვალისწინებს ნავიგაციის სისტემაში ვებ-სერვისების იმპლემენტაციას REST (Representational State Transfer) და WCF (Windows Communication Foundation) ტექნოლოგიებზე დაყრდნობით (ნახ. 6). იმპლემენტაციის პროცესისათვის, აუცილებელია ვებ-სერვისის პროვაიდერ ორგანიზაციასთან გვეკონდეს წვდომა VPN არხის საშუალებით. ვინაიდან ეს არხი ინფ-

ორმაციის გადასაცემად იყენებს ინტერნეტ-კავშირს, გათვალისწინებული უნდა იყოს უსაფრთხოების შესაბამისი სტანდარტების დაცვა. პარტნიორი ორგანიზაციის შიდა ლოკალურ ქსელში წვდომის ორგანიზებისას, ასევე უნდა განისაზღვროს იმ ქსელური რესურსებით სარგებლობის უფლება, რაც აუცილებელია მხოლოდ კონკრეტულ ვებ-სერვისზე მიმართვისათვის;



ნახ. 6

*მესამე თავში* განხილულია ნავიგაციის სისტემაში ელექტრონული დოკუმენტბრუნვის ორგანიზების საკითხები. შემუშავებულია CASE მენეჯ-მენტის კონცეფციაზე დაფუძნებული, იერარქიული სტრუქტურის მქონე ორგანიზაციის ლოკალურ ქსელში ელექტრონული დოკუმენტბრუნვის ქვე-სისტემის ალგორითმული და პროგრამული უზრუნველყოფა. დოკუმენტ-ბრუნვის ქვესისტემაში, ლოკალურ ქსელში ნავიგაციის სისტემის ფარგლებში ფუნქციონისათვის, განხორციელდა შემდეგი პროგრამული მოდულების იმპლემენტაცია:

*მონაცემთა ბაზებთან კავშირის მოდული.* უზრუნველყოფს SQL Server ან Oracle ბაზების გამოყენებას დოკუმენტბრუნვის პროცესში ინფორმაციის შესანახად. ქვესისტემა ავტომატურად ახორციელებს მონაცემთა ბაზაში საჭირო ცხრილების, პროცედურების, ფუნქციების, ტრიგერების, კურსორების, ინდექსებისა და სტატისტიკების შექმნას და გარკვეული პერიოდულობით მათ განახლებას;

*ფაილ-სერვერის მოდული* ემსახურება ლოკალური ქსელის ფაილ-სერვერზე, დოკუმენტბრუნვის ფუნქციონისათვის ადგილის გამოყოფას. ეს არე გამოიყენება როგორც ფაილ-რეპოზიტორი, სადაც ფიზიკურად ინახება ელექტრონული დოკუმენტები, ხელმოწერები, სერთიფიკატები და სხვა საჭირო ინფორმაცია;

*კორესპონდენციით უზრუნველყოფის მოდული.* მისი დანიშნულებაა დოკუმენტბრუნვის სისტემაში საფოსტო-სერვერის ინტეგრაცია, თანამშრომელთა შორის შიდა ელექტრონული მიმოწერისათვის. მოდული აგრეთვე უზრუნველყოფს კლიენტებთან ურთიერთობისათვის მობილური ოპერატორების მიერ მოწოდებული ელექტრონული სერვისების ჩაშენებას დოკუმენტბრუნვის სისტემაში და პარტნიორ ორგანიზაციებთან ინფორმაციის გაცვლისათვის WCF და REST API ვებ-სერვისების გამოყენებას.

*ქსელურ მოწყობილობებთან ინტეგრაციის მოდული* ემსახურება ქსელში ჩართული პრინტერების გამოყენებას დოკუმენტების დასაბეჭდად. უზრუნველყოფს ელექტრონული ხელმოწერის შემნახველი მოწყობილობების გამოყენებას იურიდიული ძალის მქონე დოკუმენტზე კლიენტისა და პასუხისმგებელი პირის ვალიდური ხელმოწერის განსახორციელებლად.

შემუშავებული და პროგრამულად რეალიზებულია დოკუმენტბრუნვის მართვის ორიგინალური ალგორითმები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ელექტრონული დოკუმენტების მოძრაობას მისი შექმნის ეტაპიდან დასრულებამდე (გაცემამდე) და ამ პროცესში ჩართული თანამშრომლებისა და კლიენტების საქმიანი ურთიერთობების ორგანიზებას:

*დოკუმენტის უნივერსალურობის განმსაზღვრელი ალგორითმი.* აკონტროლებს სისტემაში დოკუმენტის მხოლოდ ერთჯერად რეგისტრაციას, რაც გამორიცხავს მისი დუბლიკატების შექმნას და დოკუმენტბრუნვის ზუსტი სტატისტიკის წარმოების საშუალებას გვაძლევს;

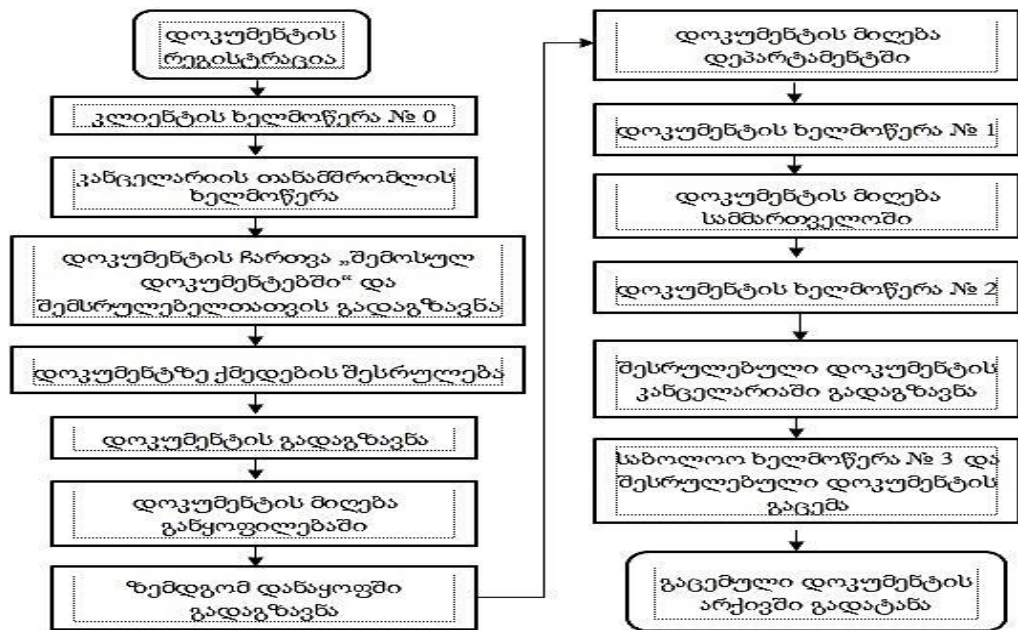
*დოკუმენტზე დამატებითი დოკუმენტების რეგისტრაციის ალგორითმი.* ემსახურება დარეგისტრირებულ დოკუმენტზე, მოთხოვნილი ქმედებების შესასრულებლად საჭირო დამატებითი დოკუმენტების რეგისტრაციას;

*დოკუმენტზე ერთობლივი მუშაობის უზრუნველყოფის ალგორითმი.* მისი მეშვეობით უზრუნველყოფილია ერთ დოკუმენტზე რამდენიმე თანამშრომლის ან სხვადასხვა დონის სტრუქტურული დანაყოფების მიერ პარალელური ოპერაციების წარმოება და შედეგების აღნუსხვა მონაცემთა ბაზაში ისე, რომ დოკუმენტის მოძრაობის ხაზი არ დაირღვეს. ალგორითმის შესაბამისი პროგრამული მოდული აგრეთვე უზრუნველყოფს ორგანიზაციის



თანამშრომელთათვის დოკუმენტზე პერსონალური ან კოლექტიური წვდომისა და ნებადართულ ქმედებებზე უფლებათა განსაზღვრას (დათვალიერება, ხელმოწერა, შესრულება, მოდიფიკაცია, წაშლა და სხვ.);

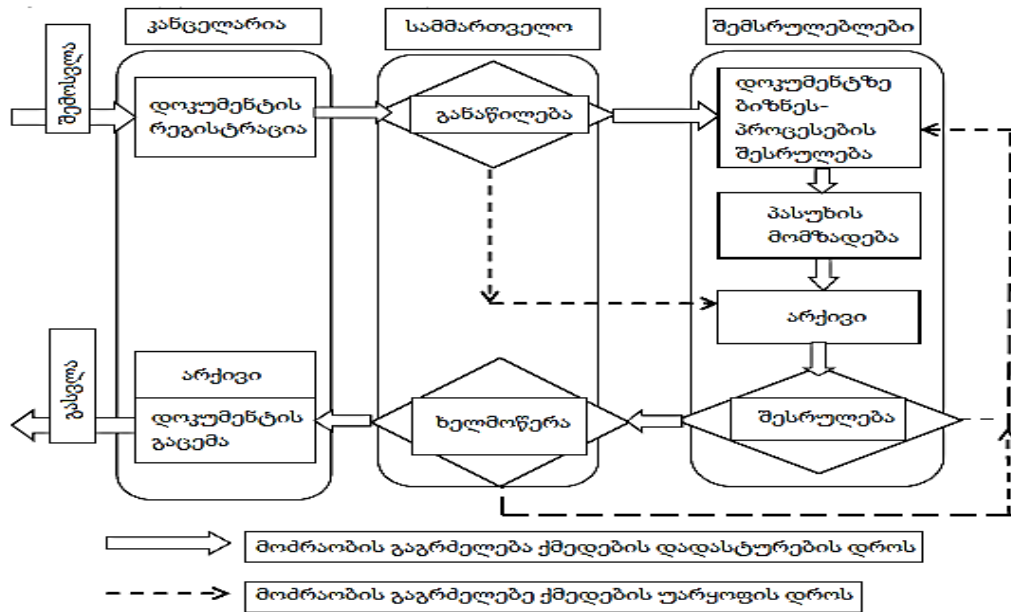
დოკუმენტის იერარქიული მოძრაობის ალგორითმი. უზრუნველყოფს დარეგისტრირებული დოკუმენტისა და მასზე მიმაგრებული ფაილების ან დამატებითი დოკუმენტების მოძრაობას ორგანიზაციის თანამშრომელთა და სტრუქტურულ დანაყოფთა იერარქიული ჯაჭვის გავლით (ნახ. 7), რომლის საბოლოო შედეგია დოკუმენტის შესრულება (გაცემა). ალგორითმით უზრუნველყოფილია დოკუმენტის მფლობელის პერსონიფიცირება მოძრაობის სხვადასხვა ეტაპზე, მკაცრადაა გამიჯნული შესრულებაზე ან ხელმოწერაზე გადაგზავნილი დოკუმენტის ადგილმდებარეობა ზემდგომი თანამშრომლისა და შესაბამისი სტრუქტურული დანაყოფის უფლებამოსილებათა გათვალისწინებით.



ნახ. 7.

დოკუმენტის სასიცოცხლო ციკლის განსაზღვრის ალგორითმი (ნახ. 8). უზრუნველყოფს დოკუმენტის მოძრაობის ყველა ეტაპზე მასზე განხორციელებული მოთხოვნების აღნუსხვას და შესრულებას, სისტემაში დოკუმენტის შემოსვლის, დაყოვნების და გასვლის დროის განსაზღვრას, მოლოდინის რეჟიმში მყოფი დოკუმენტების შესრულების პრიორიტეტულობის დადგენას. დოკუმენტის შესრულების შემდეგ, ავტომატურად ხდება მისი გა-

დატანა არქივში და იგი სისტემის შესრულების არხში აღარ იმყოფება. შენახულ დოკუმენტზე ხელახალი მოძრაობის დაწყება, დასაშვებია არქივიდან ამოღების ოპერაციით, რომლის განხორციელებაც თანამშრომელთა პროგრამულ უფლებებზეა მიბმული;



ნახ 8.

*ეფექტიანი ძებნის ალგორითმი.* ემსახურება დოკუმენტბრუნვის სისტემის საერთო ბაზაში ეფექტიანი ძებნის განხორციელებას დოკუმენტის ნომრის, რეგისტრაციის თარიღის, შემსრულებელი თანამშრომლისა და სტრუქტურული დანაყოფის მიხედვით. ალგორითმის შესაბამისი პროგრამული მოდული აგრეთვე უზრუნველყოფს ძებნას კლიენტის, დოკუმენტის შესრულების დროისა და ტიპის მიხედვით. ალგორითმი განსაზღვრავს მიმდინარე მომხმარებლის აქტიურ სესიას სისტემაში და ეძებს მხოლოდ იმ დოკუმენტებს, რომლის ნახვის უფლებაც მას გააჩნია;

*დოკუმენტისათვის პრიორიტეტების მინიჭებისა და განსაზღვრის ალგორითმი* მნიშვნელოვან დოკუმენტებს ანიჭებს შედარებით მაღალ და დაბალ მთელ რიცხვით მნიშვნელობებს, რის საფუძველზეც, ალგორითმი აცნობებს მომხმარებელს შედარებით უფრო მაღალი პრიორიტეტის მქონე დოკუმენტების შესრულების აუცილებლობის შესახებ;

*ხარვეზების აღმოფხვრის ალგორითმები.* ემსახურებიან დოკუმენტბრუნვის პროცესში წარმოქმნილი პრობლემების ანალიზსა და მოგვარებას. პრო-

ბლემურ სიტუაციაში, შესაბამისი პროგრამული მოდულის ინტერფეისზე აქტიურდება ბრძანებითი ღილაკი და ხდება მიმართვა შესაბამის ალგორითმზე, რომელიც უზრუნველყოფს მონაცემთა ბაზაში ხარვეზის დაფიქსირებას. აღნიშნულის თაობაზე ეცნობება სისტემის ადმინისტრატორს და მომხმარებელს, რომელთანაც ხარვეზი დაფიქსირდა;

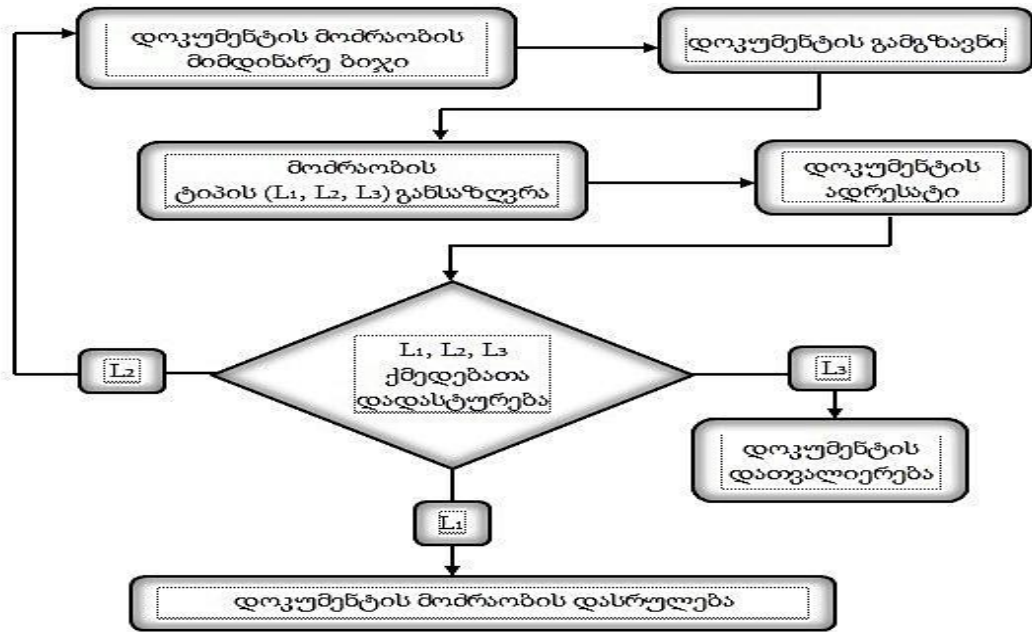
*ოპტიმიზაციის ალგორითმი.* ემსახურება დოკუმენტბრუნვის პროცესში დიდი მოცულობის ინფორმაციის გაცხრილვას და მიღებულ მონაცემებზე დაყრდნობით სტატისტიკის წარმოებას, რათა გამოიკვეთოს ისეთი ტიპის ინფორმაციული ნაკადები, რომელთაც მომხმარებლები ხშირად იყენებენ დოკუმენტბრუნვის პროცესში. ალგორითმის არსი იმაშია, რომ მსგავს ჩანაწერებს მონაცემთა ბაზაში, ენიჭება პრიორიტეტის განმსაზღვრელი იდენტიფიკატორები და ხდება იდენტური ველების ინდექსაცია, რაც ამცირებს ინფორმაციის მოძიებისა და შენახვის დროს და ზრდის დოკუმენტბრუნვის პროცესის ეფექტიანობას;

*უსაფრთხოების ალგორითმი.* ემსახურება მონაცემთა ბაზაში შესანახი დოკუმენტბრუნვის წარმოების პროცესში დოკუმენტების სარეზერვო ასლების შექმნას, დოკუმენტის მოძრაობისა და მასში ცვლილებების შეტანის ისტორიის რეპლიკაციას;

*სტატისტიკისა და ანგარიშების წარმოების ალგორითმი.* უზრუნველყოფს მსგავსი და განსხვავებული ტიპის დოკუმენტებზე სტატისტიკისა და ანგარიშების წარმოებასა და ნახვას. ალგორითმი და შესაბამისი პროგრამული მოდული ახორციელებს დოკუმენტბრუნვის სისტემიდან მითითებული დროის ინტერვალის შესაბამისი სტატისტიკის ამოღებას, დოკუმენტის ტიპისა და მასზე განხორციელებული მოძრაობების შესაბამისად.

*შაბლონის მიხედვით დოკუმენტის მოძრაობის ალგორითმი.* დოკუმენტბრუნვის არსებულ სისტემებში, მოძრაობის სქემა განისაზღვრება უშუალოდ დოკუმენტზე შესრულებული ქმედებების ბაზაში გატარების შემდგომ და დაფუძნებულია ზემდგომი ან იმავე სტატუსის მქონე თანამშრომლის მითითებებზე. ეს გარემოება, მომხმარებელთა კვალიფიკაციის სხვადასხვა დონიდან გამომდინარე, ხშირად იწვევს დოკუმენტის არასწორი სქემით

მოდრაობას. ნაშრომში შემუშავებულია დოკუმენტის მოძრაობის ავტომატურად განსაზღვრის ალგორითმი, რომელშიც წინასწარაა გაწერილი დოკუმენტის შესაძლო მოძრაობის შაბლონები მისი ტიპისა და წარმატებულად შესრულებული მოძრაობის წინა ბიჯის შესაბამისად. ალგორითმი გამორიცხავს დოკუმენტის არსწორი სქემით მოძრაობას და ამით გამოწვეულ უკუმიმართულებით მოძრაობის საჭიროებას (ნახ.9);

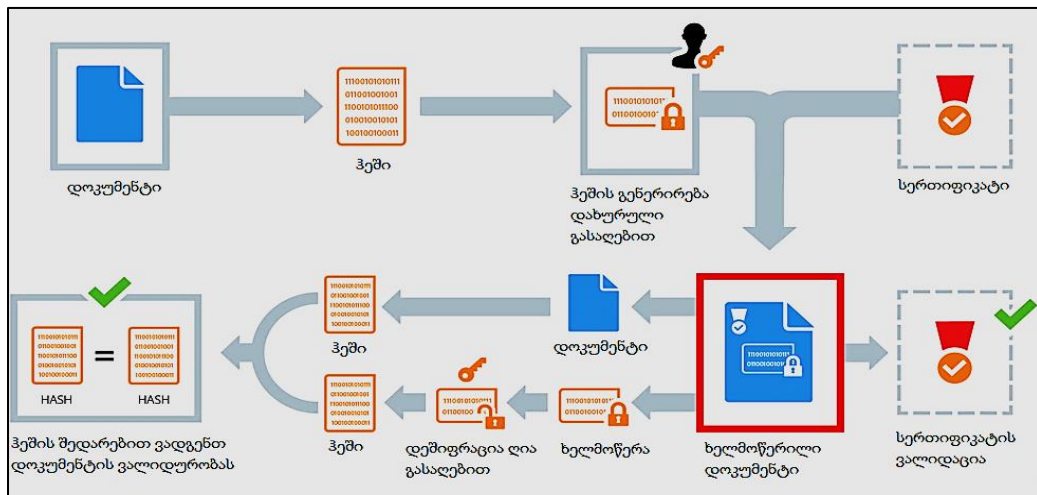


ნახ. 9

სქემაზე L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> შაბლონით განსაზღვრული დოკუმენტის მოძრაობის შესაძლო ქმედებებია: L<sub>1</sub>–დოკუმენტის შესრულება; L<sub>2</sub>–დოკუმენტის ხელმოწერა ; L<sub>3</sub>–დოკუმენტის დათვალიერება. მოძრაობის სქემა აიგება უშუალოდ მოხმარებლის მიერ გრაფიკული ინტერფეისის საშუალებით და ინახება შაბლონების სახით, რის შემდეგაც ავტომატურად წარიმართება სისტემის მიერ. შაბლონების გამოყენების უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ მომხმარებელს დოკუმენტის შესრულების შემდეგ, არ უწევს იმის განსაზღვრათუ სად გადააგზავნოს დოკუმენტი, რადგან შაბლონის სახით განსაზღვრული მოძრაობის სქემა გამორიცხავს დოკუმენტის არასწორად გადაწერას სხვა მომხმარებელზე ან სტრუქტურულ დანაყოფზე.

*ელექტრონული ხელმოწერის ალგორითმი.* შემუშავებულია დოკუმენტზე ელექტრონული ხელმოწერის დადების ორიგინალური ალგორითმი (ნახ.10), რომელიც რეალიზაციას უკეთებს ღია და დახურული ტიპის დაც-

ულ გასაღებთა ნაკრებს. ღია გასაღები გამოიყენება ციფრული ხელმოწერის მქონე დოკუმენტის ვალიდაციისათვის, ხოლო დახურული გასაღები უზრუნველყოფს ხელმოწერისათვის საჭირო კრიპტოგრაფიული ინფორმაციის (ჰეშის) გენერირებას, რომლის საშუალებითაც, შემდგომ, ხორციელდება დოკუმენტზე ელექტრონული ხელმოწერის დადება. დახურული გასაღები ხელმისაწვდომია მხოლოდ იმ სტრუქტურული დანაყოფისათვის რომელსაც დოკუმენტზე ელექტრონული ხელმოწერის მოხსნის უფლება აქვს.



ნახ. 10

*მოთხე თავში* წარმოდგენილია ნავიგაციის სისტემის პრაქტიკული რეალიზაციისა და მისი ფუნქციონის ეფექტიანობის შეფასების საკითხები იმ ორგანიზაციული სტრუქტურის მაგალითზე, სადაც აღნიშნული სისტემა დანერგილია და წარმატებით მოქმედებს. კერძოდ, ლ. სამხარაულის სახელობის სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნულ ბიუროში.

ნავიგაციის სისტემის პრაქტიკული ფუნქციონის ეფექტიანობის შეფასება ხორციელდება შემდეგი კრიტერიუმების მიხედვით:

- ნავიგაციის სისტემის გლობალურ ქსელთან ინტეგრაციის ხარისხი: ინტერნეტში ვებ-საიტების დათვალიერების სისწრაფე, სახვადასხვა ვებ-სერვისების გამოყენების შესაძლებლობა და სხვ.;

- მომსახურებაზე მოთხოვნათა შესრულებისას ინფორმაციის მიღების, დამუშავების, გადაცემისა და დაყოვნების დროთა შეფასება;

- კონკრეტული ამოცანების გადაწყვეტისთვის საჭირო მანქანური რესურსისა და ქსელის ტრაფიკის შეფასება;

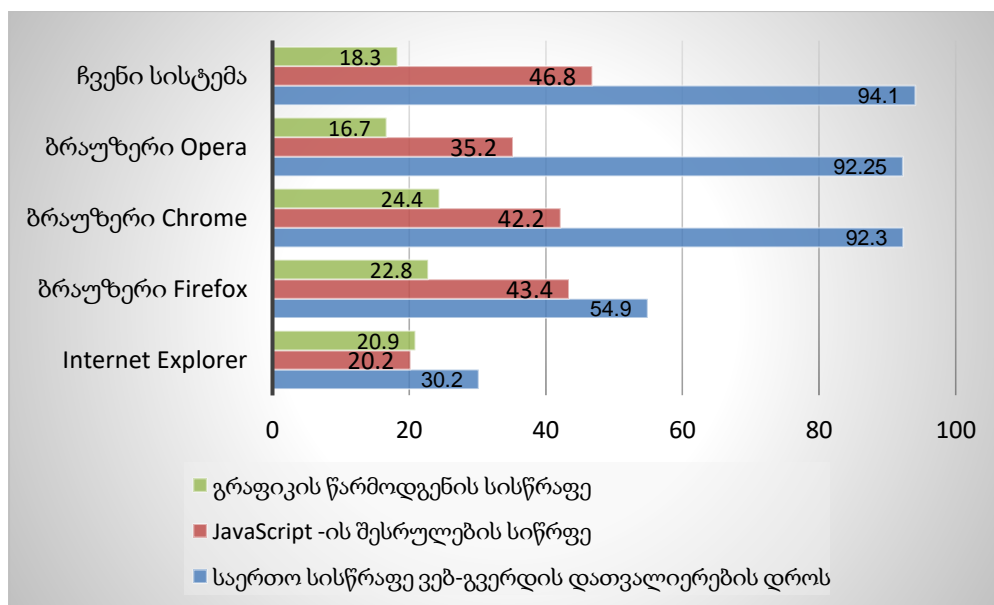
- მომხმარებლის ინტერფეისის მოხერხებულობა და სისტემასთან დიალ-

ოგის წარმოების ეფექტიანობის შეფასება;

-ავტომატური პროცესების მართვისათვის საჭირო დროისა და ამ მიზნით სისტემური რესურსების გამოყენების შეფასება;

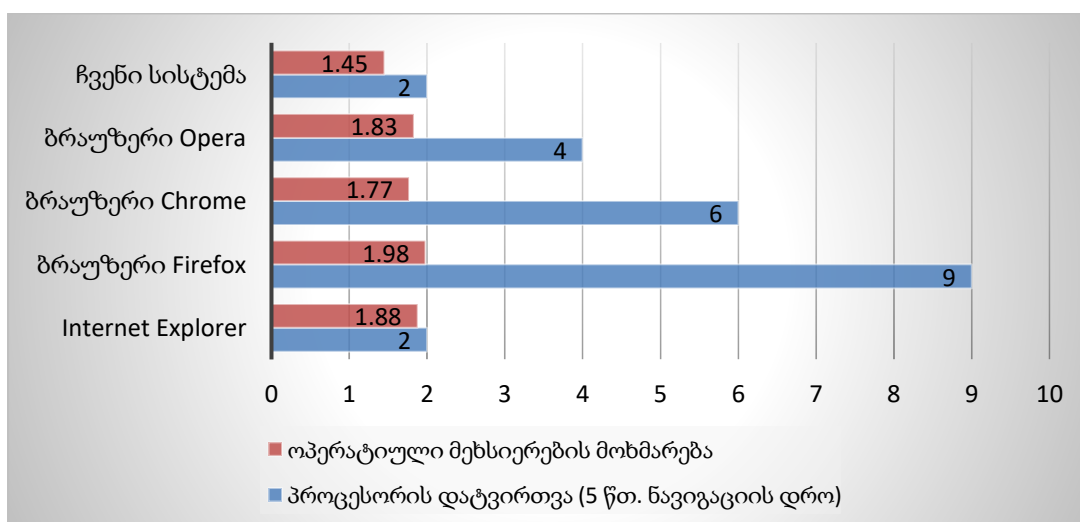
-ნავიგაციის სისტემისა და მისი დოკუმენტბრუნვის ქვესისტემის შედარებითი ანალიზი არსებულ ალტერნატიულ სისტემებთან.

-ნავიგაციის სისტემის ეფექტიანობის ზოგადი შეფასება.



ნახ. 11

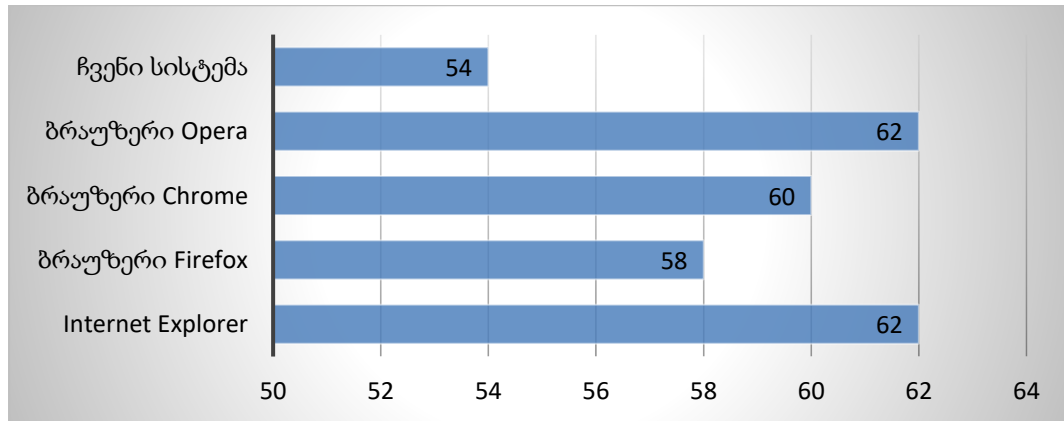
ნახ. 11-ზე მოყვანილია შედარებითი დიაგრამა, რომელიც ასახავს ინტერნეტში ვებ-საიტების დათვალიერების სისწრაფეს, ნაშრომში შემუშავებული ნავიგაციის სისტემის ბრაუზერის მოდულისა და ოთხი ყველაზე ცნობილი სტანდარტული ინტერნეტ-ბრაუზერების გამოყენების შემთხვევაში, ხოლო ნახ. 12-ზე ამ პროცესში მანქანურ რესურსების დატვირთვა. დი-



ნახ. 12

აგრამები ცხადყოფენ ინტერნეტ-ბრაუზერებთან შედარებით, ნავიგაციის სისტემის საკუთარი ბრაუზერის გამოყენების მეტ ეფექტიანობას.

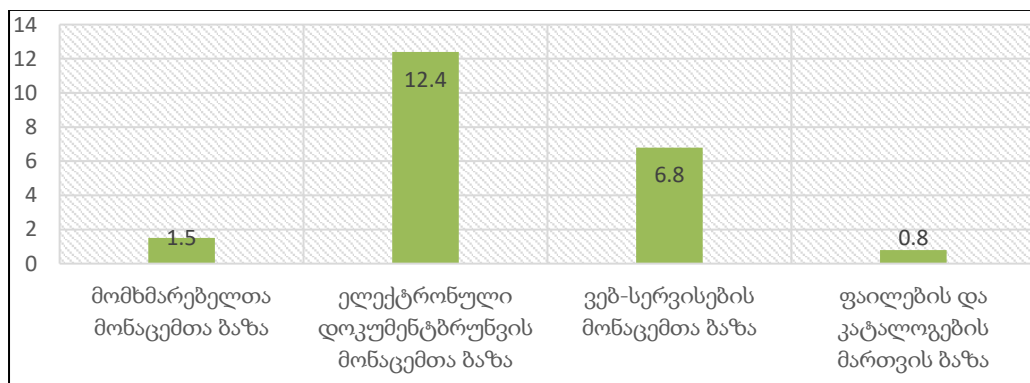
გამოკვლევულ იქნა ინტერნეტში ნავიგაციის მოდულის ეფექტიანობა ლოკალური ქსელის ტრაფიკზე ზეგავლენის კუთხით. ნახ 13-ზე მოყვანილი შედარებითი დიაგრამა ამ კუთხითაც ცხადყოფს ნავიგაციის სისტემაში ჩადგ-



ნახ. 13

მული ბრაუზერის გამოყენების მეტ ეფექტიანობას.

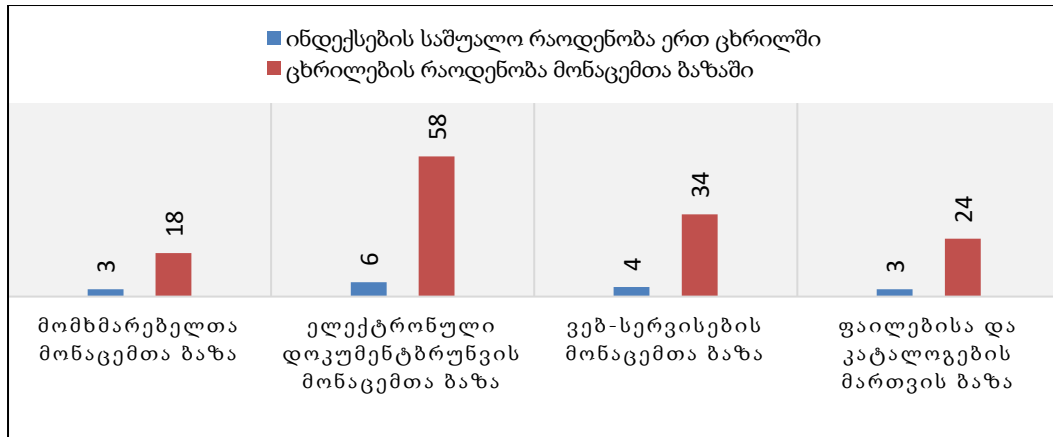
როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, შემუშავებულია მონაცემთა ბაზის ინდექსაციის ალგორითმი, რომელიც მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ინფორმაციის გაცვლის სწრაფქმედებას. ნახ. 14-ზე მოყვანილია შესაბამისი პროგრამული მოდულის ფუნქციობის დროითი დიაგრამა მონაცემთა ბაზის ცხრილების რეინდექსაციის მიმდინარეობისას.



ნახ. 14

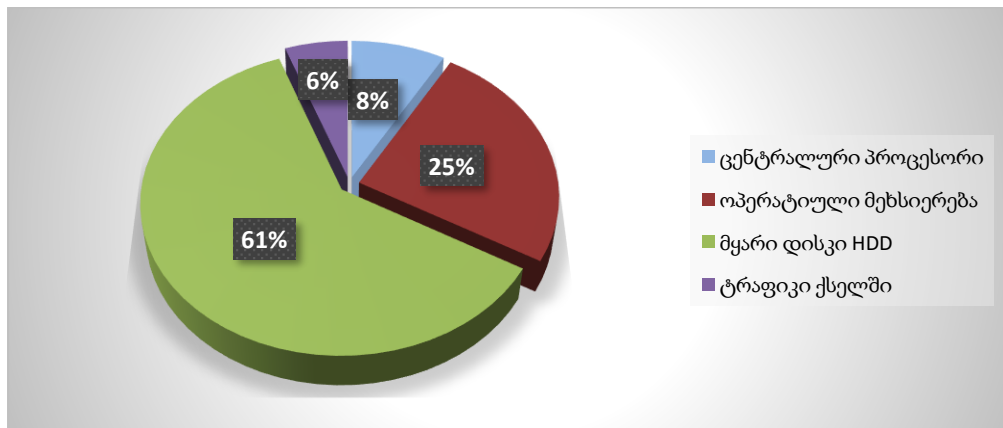
შედარებითი ანალიზი აჩვენებს, რომ ნავიგაციის სისტემის საშუალებით ორგანიზებული მონაცემთა ბაზის ცხრილების ინდექსების ოპტიმიზაცია გაცილებით ნაკლებ დროს საჭიროებს, ვიდრე იმავე დავალების შესრულება SQL Management Studio სისტემაში სკრიპტის გამოყენებისას.

ნახ. 14-ზე წარმოდგენილი დროითი მაჩვენებლები დამოკიდებულია. მონაცემთა ბაზაში არსებული ცხრილების შესაბამისი ინდექსების ჯამურ რაოდენობაზე და ინდექსის ფრაგმენტაციის პროცენტულ მაჩვენებელზე, რომელთა შეფასებები გრაფიკულადაა წარმოდგენილი ნახ. 15-ზე.



ნახ. 15

მიღებულია, ნავიგაციის სისტემაში ინდექსაციის პროცესის მიმდინარეობისას ქსელის აპარატურული რესურსების დატვირთვის შეფასებები (ნახ. 16). ანალიზმა აჩვენა, რომ ალტერნატიული SQL Management Studio სისტემაში, იმავე დავალების შესრულება, მყარი დისკოსა და ცენტრალური პროცესორის დატვირთვის 7-8 %-ით ზრდის.

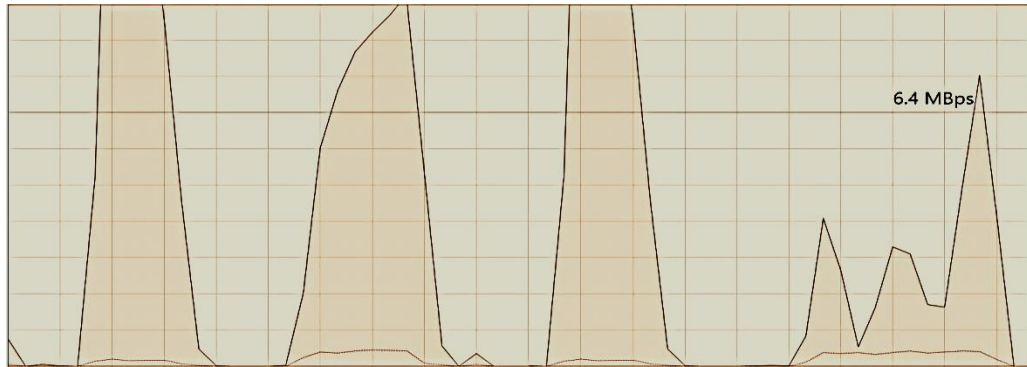


ნახ. 16

ჩატარდა შემუშავებული ნავიგაციის სისტემის საშუალებით ინფორმაციის გაცვლის სწრაფქმედების, კონკრეტული დავალებების შესრულებისათვის საჭირო მანქანური რესურსისა და ქსელური ტრაფიკის, ელექტრონული დოკუმენტბრუნვის პროგრამული მოდულების შედარებითი შეფასება ალტერნატიულ პროგრამულ უზრუნველყოფასთან.

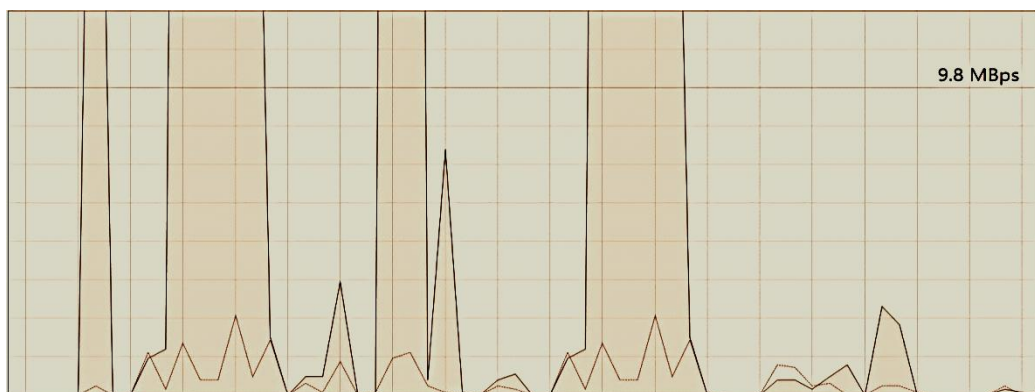


ნახ. 17–ზე ნაჩვენებია ქსელური ტრაფიკის მოცულობა და დინამიკა, ნავიგაციის სისტემის საშუალებით ინფორმაციის გაცვლის პროცესში.



ნახ. 17

შემუშავებული ნავიგაციის სისტემის მთავარ პროგრამულ ალტერნატივად შეიძლება მივიჩნიოთ Microsoft Lync პროგრამული სისტემა, რომელიც შესაბამისი ქსელური კონფიგურაციის საფუძველზე, უზრუნველყოფს თანამშრომლებს შორის ფაილების გაცვლასა და ელექტრონულ მიმოწერას. მისგან განსხვავებით, ნაშრომში შემუშავებული ნავიგაციის სისტემა, მომხმარებელს სთავაზობს არა მხოლოდ ინფორმაციის გაცვლას, არამედ ერთიანი წვდომას საერთო სარგებლობისათვის განკუთვნილ კატალოგებსა და ფაილებზე, რაც უზრუნველყოფს მათ კოლექტიურ გამოყენებას მომხმარებლის კომპიუტერებზე გადაწერის გარეშე. ნახ. 18–ზე წარმოდგენილ გრაფიკზე ნაჩვენებია ქსელური ტრაფიკის მოცულობა და დინამიკა Microsoft Lync სისტემის მეშვეობით ინფორმაციის გაცვლისას.

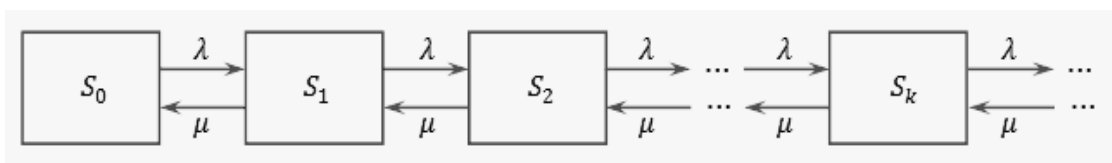


ნახ. 18

გრაფიკების შედარება ნათლად გვიჩვენებს, რომ ნავიგაციის სისტემის მეშვეობით ინფორმაციის გაცვლისას, ადგილი აქვს ქსელის ტრაფიკის გაცილებით უფრო ეკონომიურად გამოყენებას.

შეფასდა ნავიგაციის სისტემის ფარგლებში შემუშავებული ელექტრონული დოკუმენტბრუნვის ქვესისტემის გამოყენების ეფექტიანობა სხვა ალტერნატიულ სისტემებთან მიმართებაში. კერძოდ, ჩატარდა მისი შედარებითი ანალიზი კარგად ცნობილ ელექტრონული დოკუმენტბრუნვის Directum და 1C სისტემებთან. შედარებითმა ანალიზმა და პრაქტიკული გამოყენების შედეგებმა ცხადყო, რომ ნაშრომში შემუშავებული დოკუმენტბრუნვის ქვესისტემა ფუნქციობს გაცილებით სწრაფად და იოლად ადაპტირებადია კონკრეტული ორგანიზაციის იერარქიული სტრუქტურისა და საქმიანობის ხასიათის მიმართ.

თავის დასასრულს განხილულია ნავიგაციის სისტემის მეშვეობით ინფორმაციის გაცვლის პროცესის ზოგადი სქემა და ფუნქციობის საერთო შეფასებები, რა დროსაც ნავიგაციის სისტემა წარმოდგენილ იქნა როგორც M/M/1 ტიპის მასობრივი მომსახურების კვანძი. ნახ. 19-ზე მოყვანილია ინფორმაციის გაცვლის პროცესში ნავიგაციის სისტემის საზოგადო მდგომარეობათა სქემა.  $S_0, S_1, S_2, \dots, S_N$ -განსაზღვრავენ სისტემის მდგომარეობას მოცემული მომენტისთვის:  $S_0$ -მიუთითებს რომ არხი თავისუფალია;  $S_1$ -არხი დაკავებულია და ხორციელდება მოთხოვნის მომსახურება;  $S_2$ -არხი დაკავებულია და რიგში დგას ერთი მოთხოვნა;  $S_N$ -არხი დაკავებულია და რიგში დგას  $N-1$  მოთხოვნა.



ნახ. 19

მომსახურებაზე მოთხოვნათა შესრულება დამოკიდებულია მომსახურე არხში შემოსული ნაკადების მიმდევრობაზე. მაგრამ გვაქვს შემთხვევები, როდესაც რიგითობის დაცვის ნაცვლად, დაყოვნების გარეშე, სრულდება უფრო მაღალი პრიორიტეტის მქონე მოთხოვნები. აღნიშნული დისციპლინიდან გამომდინარე, აუცილებელია გადაიჭრას რთული მოთხოვნების შესრულებისათვის საჭირო დროისა და სხვა რესურსების ოპტიმალურად გამოყენების საკითხი. ამ მიზნით, შემუშავებული და პროგრამულად რეა-

ლიზებულია მინიმალური დროისა და აპარატურული რესურსის გამოყენებაზე დაფუძნებული, ნავიგაციის სისტემაში შემოსულ მოთხოვნათა დამუშავების ალგორითმი, რომლის შესაბამისი პროგრამული მოდული უზრუნველყოფს ნავიგაციის სისტემაში ინფორმაციის გაცვლის პროცესის შემდეგი პარამეტრების განსაზღვრას:

$L_{sist}$ -მოთხოვნათა საშუალო რაოდენობა სისტემაში;

$T_{sist}$ -მოთხოვნის სისტემაში(მომსახურებაში) ყოფნის საშუალო დრო;

$L_{row}$ -დაყოვნების რეჟიმში მყოფ მოთხოვნათა საშუალო რაოდენობა;

$T_{row}$ -დაყოვნების საშუალო დრო, რომლის განმავლობაშიც მოთხოვნა იმყოფება დაყოვნების არხში;

$P_{busy}$ -ალბათობა იმისა, თუ რამდენად დაკავებულია მოთხოვნათა შესრულების არხი (არხის დატვირთვის ხარისხი);

$\lambda$ -მოთხოვნათა იმ ნაკადის ინტენსივობა, რომელიც სისტემაში მოცემული მომენტისათვის შემოდის;

$\mu$ -მოთხოვნათა საშუალო რაოდენობა, რომელსაც გაეწია მომსახურება დროის ერთეულში.

მოთხოვნათა საშუალო რაოდენობა სისტემაში განისაზღვრება ფორმულით:

$$L_{sist} = \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot p_k = (1 - p) \sum_{k=1}^{\infty} k p^k ,$$

ხოლო დაყოვნების რეჟიმში მყოფი მოთხოვნათა რაოდენობა:

$$L_{row} = L_{sist} - L_w .$$

სადაც  $L_w$  წარმოადგენს მოთხოვნათა რაოდენობას, რომელიც მომსახურების პროცესშია. თავად მომსახურების პროცესში მყოფ მოთხოვნათა საშუალო რაოდენობა განისაზღვრება მათემატიკური მოლოდინით, რა დროსაც მომსახურების პროცესში მყოფი მოთხოვნათა ნაკადი იღებს მნიშვნელობას 0 თუ არხი თავისუფალია და მნიშვნელობას 1 თუ არხი დაკავებულია. შესაბამისად, სამართლიანია გამოსახულება:

$$L_w = 0 \cdot p_0 + 1 \cdot (1 - p_0) .$$

სისტემაში მოთხოვნის ყოფნის საშუალო დრო ტოლია სისტემაში უკვე არსებულ მოთხოვნათა საშუალო რაოდენობის განაყოფისა ნაკადის ინტენსივობაზე:

$$T_{sist} = \frac{1}{\lambda} \cdot L_{sist} ,$$

ხოლო სისტემაში შემოსულ მოთხოვნათა საშუალო რაოდენობა უდრის უკვე მომსახურებული (სისტემიდან გასული) მოთხოვნების საშუალო რაოდენობის განაყოფს ნაკადის ინტენსივობაზე და გამოსახება ფორმულით:

$$L_{row} = \frac{1}{\lambda} \cdot L_{row} .$$

ნავიგაციის სისტემაში მოთხოვნის დაყოვნების საშუალო დრო განისაზღვრება ფორმულით:

$$T_{row} = \frac{p^2}{\lambda(1-p)} .$$

განვიხილოთ მოთხოვნათა ნაკადის დამუშავების ალგორითმის ეფექტიანობა კონკრეტულ მაგალითზე:

ნავიგაციის სისტემის საშუალებით თანამშრომლები ახრციელებენ საკანცელარიო დოკუმენტებზე ელექტრონული ხელმოწერის დადებას. დოკუმენტზე ხელმოწერის ინტენსივობა განისაზღვრა 0.4 წუთით, რაც ნიშნავს, რომ დოკუმენტზე ხელმოწერის დადება, ყოველ წუთში 150 -ჯერ მაინც ხორციელდება. ხელმოწერილი დოკუმენტების ბაზაში გასატარებლად სისტემას ესაჭიროება 0.12 წამი, რომლის დროსაც ხელმოწერილ დოკუმენტს ეცვლება სტატუსი და გადადის სპეციალურ საქაღალდეში, სადაც შემდგომ მისი დაარქივება მოხდება. დოკუმენტზე ელექტრონული ხელმოწერის დადების ამგვარი პროცესი, სისტემაში შეუზღუდავი რაოდენობით შეიძლება განხორციელდეს. საჭიროა დადგინდეს ამ პროცესში მოთხოვნათა დამუშავების ეფექტიანობის კოეფიციენტი იმის გათვალისწინებით, რომ სისტემაში დოკუმენტზე ელექტრონული ხელმოწერის დადების პროცესში, ბაზაში ინფორმაციის გატარებისას წარმოქმნილი დაყოვნება არ უნდა აღემატებოდეს ერთდროულად 2 მოთხოვნაზე მეტს. ამ კონკრეტულ ამოცანის გადაწყვეტა აისახება ფორმულაში:

$$p = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda t w = 0.4 \cdot 2 = 0.8 .$$

ვინაიდან  $P=0.8$  და  $<1$ -ზე, დოკუმენტზე ხელმოწერის პროცესის დაყოფა უსასრულოდ ვერ გაიზრდება. შესაბამისად, საჭიროა იმის გამოთვლა თუ რა დროს შეიძლება იყოს დაყოვნების არხი თავისუფალი. ალბათობა იმისა, რომ დაყოვნების არხში არ არის მოთხოვნა შეადგენს:

$$p_0=1-0.8=0.2 .$$

ალბათობა იმისა, რომ სისტემაში შეიძლება 2 მოთხოვნაზე მეტი დაფიქსირდება ტოლია:

$$p_1=0.8(1-0.8)=0.16;$$

$$p_2=0.8^2(1-0.8)=0.128;$$

$$p_3=0.8^3(1-0.8)=0.1024.$$

ალბათობა იმისა, რომ დაყოვნების არხში 2 -ზე მეტი მოთხოვნა აღმოჩნდეს:

$$P= p_1 + p_2 + p_3=0.16+0.128+0.1024=0.3904.$$

მოცემული მომენტისთვის სისტემაში მოთხოვნათა საშუალო რაოდენობა შეადგენს:

$$L_{sist} = \frac{0.8}{1 - 0.8} = 4$$

განხილული მაგალითის განზოგადება, საშუალებას იძლევა წინასწარ განისაზღვროს სისტემის მდგომარეობა დროის მოცემულ მომენტში არსებულ მოთხოვნათა რაოდენობისა და მათი მომსახურებისთვის საჭირო აპარატურული რესურსის შესაძლებლობათა გათვალისწინებით. აქედან გამომდინარე, შესაძლებელია წინასწარ შევაფასოთ, თუ რა რაოდენობის დრო და რესურსი დაჭირდება მოთხოვნათა ნაკადის მომსახურებას, სისტემის ფუნქციონირების პროცესში წარმოქმნილი დავალებების (მოთხოვნების) პიკური რაოდენობისას. შესაბამისად, შეიძლება მივიღოთ საერთო სურათი, ნავიგაციის სისტემის ეფექტიანობის შესაფასებლად, მრავალმომხმარებლიან ლოკალურ ქსელში მისი პრაქტიკული გამოყენებისას.

**დანართებში** მოყვანილია ნავიგაციის სისტემისა და დოკუმენტბრუნვის ქვესისტემის ძირითადი მოდულების პროგრამული კოდები და მათი ფუნქციონირების შედეგად მიღებული ეკრანული ფორმები.

## დასკვნა

სადისერტაციო ნაშრომში მიღებულია შემდეგი სამეცნიერო და პრაქტიკული ღირებულების მქონე შედეგები:

–შემუშავებულია ლოკალურ ქსელში ნავიგაციის სისტემა, რომელიც ორიენტებულია რა ორგანიზაციისათვის სპეციფიკური ამოცანების გადაწყვეტაზე, იმავდროულად ითავსებს გლობალური ქსელის ბრაუზერის ფუნქციებს და შიგა ქსელს გარეთ კომუნიკაციისათვის არ მოითხოვს ინტერნეტ-ბრაუზერის, დამატებითი ვებ-სერვისებისა და ქსელური რესურსების გამოყენებას;

–ქსელური კომპონენტების მოქმედების სტანდარტულ მეთოდებსა და ალგორითმებზე დაყრდნობით, შემუშავებულია ნავიგაციის სისტემის ფუნქციობის ჰიბრიდული ალგორითმები და შესაბამისი პროგრამული მოდულები, რომლებიც ინფორმაციის გაცვლის სისწრაფისა და ქსელური რესურსების დაზოგვის კუთხით, მის ოპტიმალურ ფუნქციობას უზრუნველყოფენ;

–შემუშავებულია ორგანიზაციის ლოკალურ ქსელში ელექტრონული დოკუმენტბრუნვის მართვის ალგორითმულ-პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც ნავიგაციის სისტემის ფარგლებში ქვესისტემის სახითაა რეალიზებული;

–ნავიგაციის სისტემა ინტეგრირებული და აპრობირებულია ლ. სამხარაულის სახელობის სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნული ბიუროს ლოკალურ კომპიუტერულ ქსელში;

–გამოკვლეულია ნავიგაციის სისტემის ალგორითმული და პროგრამული უზრუნველყოფის ეფექტიანობა. განსაზღვრულია სისტემის ოპტიმალური ფუნქციობის კრიტერიუმები, მიღებულია და გაანალიზებულია სისტემის ეფექტიანობის შეფასების ძირითადი მაჩვენებლები;

–ნავიგაციის სისტემის პრაქტიკული აპრობაცია და კვლევის შედეგები აჩვენებს, რომ მისი გამოყენება ამარტივებს და აჩქარებს ქსელში ნავიგაციისა და მონაცემთა გაცვლის პროცესს, ინფორმაციის წვდომისა და დაცულობისადმი ორგანიზაციასა და ქსელში არსებული მოთხოვნების პირობებში.

## დისერტაციის თემატიკით გამოქვეყნებული შრომები

1. გაფრინდაშვილი ა., სტურუა თ. ქართული ბრაუზერი „Browser G“. საერთაშორისო სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია „ევროპული ინტეგრაცია და საქართველო“. გლობალიზაცია და ბიზნესი №1, სპეციალური გამოშვება. თბილისი: 2016, გვ. 166–170.

2. გაფრინდაშვილი ა. ლოკალურ ქსელში ნავიგაციის სისტემის პროგრამული უზრუნველყოფა. სტუდენტთა 85–ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. თეზისების კრებული. თბილისი: სტუ, 2018, გვ. 380.

3. გაფრინდაშვილი ა. ლოკალურ ქსელში ნავიგაციის სისტემა. მართვის ავტომატიზებული სისტემები. შრომების კრებული. თბილისი: სტუ, №1 (25), 2018, გვ. 84–89.

4. გაფრინდაშვილი ა. ლოკალურ ქსელში ნავიგაციის სისტემის პროგრამული უზრუნველყოფა და ფუნქციონის ჰიბრიდული ალგორითმები. მართვის ავტომატიზებული სისტემები. შრომების კრებული. თბილისი: სტუ, №3 (27), 2018, გვ. 102-107.

5. გაფრინდაშვილი ა., მაჭარაძე თ. ორგანიზაციის ლოკალურ ქსელში ელექტრონული დოკუმენტბრუნვის ავტომატიზაცია. მართვის ავტომატიზებული სისტემები. შრომების კრებული. თბილისი: სტუ, 2019, №1 (28), 2019, გვ.106–111.

## **Navigation System in the Local Network and Algorithms of its Optimal Functioning**

### **Abstract**

The activity of many organizations is based on the functioning of local computer networks focused on solving specific problems for these organizations. A special role in ensuring an effective process of information exchange in the local network is given to navigation systems in the network (browsers). This is due to the fact that the navigation system is a component of the network software with which the user directly communicates and largely determines the speed, convenience and reliability of information exchange procedures in the network.

The analysis shows that the disadvantage of the existing navigation systems in the local network is considered to be the fact that to solve the organization-specific tasks of business logic and other tasks, require the use of additional web services, which significantly slows down the process of information exchange and increases the need for network resources. Based on the above, it is urgent to develop free from these shortcomings navigation systems in the local network and algorithms and software for their optimal functioning, which will increase the efficiency of communication activities in the network.

The paper deals with a fundamentally new method of building a navigation system in a local network and the development of algorithmic and software for its optimal functioning. Despite the strict orientation to the needs of the internal local network of the organization, the system can navigate in the global network as an ordinary Internet browser and, unlike the existing systems, does not require the use of additional web

services. The structure and functionality of the navigation system are given, its components are described. A flexible interface for system interaction with the user has been developed. The navigation system works on hybrid algorithms developed on the basis of standard algorithms and protocols of network functioning (algorithm of information exchange in the network, algorithms of data indexing, algorithm of dynamic change of web pages, algorithms of interaction with SQL and Oracle databases and etc.). The developed algorithms are implemented in the form of software modules combined in one user interface. Descriptions of algorithms and corresponding software modules are given. It is emphasized that the practical application of the navigation system increases the speed and reliability of information exchange, reduces the requirements for hardware resources of the local network.

As part of the navigation system, an automated subsystem of electronic document management in the local network of the organization and its algorithmic and software has been developed. The purpose of the system is the implementation of effective exchange of electronic documentation between many users in the local network, based on the concept of CASE management of the organization, which has a four-level hierarchical structure. Developed control algorithms for individual steps of a workflow process (algorithm to implement hierarchical movement of the document, algorithm for determining the life cycle of the document, algorithm for efficient search, algorithm for simultaneous work on a document, algorithm for assignment of priorities, algorithm for management statistics and reports and etc.). Developed corresponding to these algorithms in software. Practical application in the process of communication of electronic document management subsystem, developed as part of the navigation system, allows increases the speed and security of information exchange, ensures the effective use of network resources

The navigation system is integrated and successfully operates in the local network of a specific organizational structure where continuously, around the clock, communication procedures are performed and documents are issued. Communication of the organization with external, including government agencies, is carried out by its own browser of the navigation system and does not require the use of an Internet browser for this purpose. As a result, a high degree of protection of corporate information is provided.

Research of efficiency of practical use of the developed navigation system and algorithms of its functioning is carried out. The criteria for the optimal functioning of the system and the parameters for evaluating its effectiveness are determined. As a result of the study obtained such performance indicators as: the overall assessment of the system, the speed of information exchange, the amount of hardware resources needed to solve specific problems, evaluation of the user interface, evaluation of control parameters of automatically executed processes, comparison of time parameters of the navigation system with similar parameters of alternative systems, etc. Graphs and diagrams visually reflect the results of the study.

Results Practical approbation and research of the navigation system and its algorithmic and software show that its use simplifies and accelerates the process of navigation and information exchange in the local network, taking into account the requirements for access and security of information existing in the organization and in the network.