

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი კუჭავა

კომერციული საიტის

პროგრამული უზრუნველყოფის სრულყოფა  
და ტრაფიკის შეფასების სტატისტიკური მოდელები

სადოქტორო პროგრამა „ინფორმატიკა“

შიფრი 0401

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2019 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში  
ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის  
ინტერდისციპლინური ინფორმატიკის დეპარტამენტში

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

საუნივერსიტეტო სადისერტაციო

საბჭოს მდივანი:

თინათინ კაიშაური

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

**თემის აქტუალურობა.** კომერციული დანიშნულების ვებ-საიტები ინტერნეტ-რესურსების ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებულ სახეობას წარმოადგენს, რომელთა დაპროექტების, მხარდაჭერისა და ანალიზის ინსტრუმენტები და მეთოდები აქტიურად ვითარდება. ანალიზი აჩვენებს, რომ ეს განვითარება ორი ძირითადი მიმართულებით ხდება: 1) კომერციული დანიშნულების საიტის ახალი აპარატურული და პროგრამული პლატფორმების დახვეწა და შემუშავება; 2) კომერციული საიტის ფუნქციონის კვლევის მეთოდებისა და მოდელების შემუშავება.

ელექტრონული კომერციის მთავარი ამოცანა მაღალი სამომხმარებლო ტრაფიკის უზრუნველყოფა და შენარჩუნებაა. მიუხედავად პროგრამული სისტემებისა და პლატფორმების დიდი მრავალფეროვნებისა მათი გამოყენება მოითხოვს საიტის სერვერის მნიშვნელოვან რესურსებს და ყოველთვის ვერ უზრუნველყოფს მის ნორმალურ ფუნქციონას მაღალი სამომხმარებლო ტრაფიკის პირობებში. მაგალითად, არც თუ იშვიათია შემთხვევა, როცა კომპიუტერები და სერვერები, რომლებზეც განთავსებულია ვებ-საიტები, ვერ უძლებენ დატვირთვას და საიტი ავტომატურად ითიშება. ამგვარი მტყუნებები განსაკუთრებით მიუღებელია კომერციაზე პირდაპირ ორიენტირებული საიტებისათვის, მაგალითად, ინტერნეტ-მაღაზიებითვის, სადაც განუწყვეტლივ ხდება ფინანსური ოპერაციები. ეს გარემოება აქტუალურს ხდის არსებული პროგრამული სისტემების დახვეწას და ახალი სისტემების დაპროექტებას.

თანამედროვე ელექტრონული კომერციის მეორე აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს კომერციული საიტის სამომხმარებლო ტრაფიკისა და ფუნქციონის ეფექტიანობის შეფასებისა და პროგნოზირების პრობლემა, ანალიზმა აჩვენა, რომ ამ პრობლემის გადაწყვეტა ორი ძირითადი მეთოდით ხდება: 1) საიტზე განთავსებული ვებ-ანალიტიკის უნივერსალური ინსტრუმენტების გამოყენებით, რომლებიც საიტის ექსპლუატაციის პროცესში მისი ტრაფიკისა და ფუნქციონის ძირითადი მაჩვენებლების (მეტრიკების) კონტროლის საშუალებას იძლევა; 2) საიტის ფუნქციონის ანალიზური მოდელები

ბის გამოყენებით, რომელთა მეშვეობით ხდება საიტის ტრაფიკისა და ფუნქციონების შეფასება მისი დაპროექტების სტადიაში. ვებ-ანალიტიკის ინსტრუმენტებით მიღებული საიტის ფუნქციონის მაჩვენებლები, წარმოადგენს მისი ექსპლუატაციის პროცესში მიღებულ შემთხვევითი სიდიდეების სტატისტიკურ შეფასებებს, რაც ეხმარება მენეჯმენტს საიტის სტრუქტურისა და მასში ნავიგაციის პროცესის ოპტიმიზაციაში. საკითხის კვლევა აჩვენებს, რომ არანაკლებ მნიშვნელოვანია კომერციული საიტის სამომხმარებლო ტრაფიკისა და მისი ფუნქციონის შეფასება საიტის დაპროექტების ეტაპზე, რაც საშუალებას იძლევა სწორად შეირჩეს საიტის აპარატურული და პროგრამული უზრუნველყოფა, გაკეთდეს სამომავლო პროგნოზი, შეფასდეს ინტერნეტ-რესურსში ინვესტიციების ჩადების სარგებლიანობა. ამ ამოცანის გადაწყვეტის არსებული ანალიზური მეთოდები და მოდელები, რომლებიც აღწერენ „მომხმარებელი-საიტი“ დისკრეტული სისტემის ქცევას, მოითხოვს ალბათურ მახასიათებელთა ზუსტ შეფასებებს და მნიშვნელოვან გამოთვლით პროცედურებთანაა დაკავშირებული, რაც ართულებს მათ პრაქტიკულ გამოყენებას. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ელექტრონული კომერციის აქტუალური ამოცანაა საიტის სამომხმარებლო ტრაფიკისა და ფუნქციონის შეფასების პრაქტიკული გამოყენებისათვის მოსახერხებელი და ეფექტიანი მოდელების შემუშავება, რაც საშუალებას მოგვცემს, ჯერ კიდევ დაპროექტების სტადიაში, გავაკეთოთ სამომავლო პროგნოზი, შევაფასოთ კომერციულ საიტში ინვესტიციების ჩადების სარგებლიანობა.

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

–შემუშავდეს კომერციული საიტის პროგრამული უზრუნველყოფის სრულყოფის მეთოდიკა და შესაბამისი პროგრამული პროდუქტი, რომელიც არსებულთაგან განსხვავებული ლოგიკით ამუშავებს საიტის სერვერს და მაღალი სამომხმარებლო ტრაფიკის შემთხვევაშიც კი, საგრძნობლად ამცირებს მისი აპარატურული რესურსების დატვირთვას;

–შემუშავდეს ახალი კომერციული საიტის სამომხმარებლო ტრაფიკის შეფასების ანალიზური და სტატისტიკური მოდელები, რომელთა მეშვეობით საიტის დაპროექტების ეტაპზე შეიძლება გაკეთდეს სამომავლო პროგნოზი,

შეფასდეს კომერციული დანიშნულების საიტში ინვესტიციების ჩადების სამომავლო ეფექტიანობა.

**კვლევის ობიექტი და საგანი.** კვლევის ობიექტს წარმოადგენს კომერციული დანიშნულების ვებ-საიტი; კვლევის საგანია მისი პროგრამული, ანალიტიკური და მეთოდოლოგიური უზრუნველყოფა.

**კვლევის მეთოდები.** ნაშრომში დასმულ ამოცანათა გადასაწყვეტად გამოყენებულია: ობიექტ-ორიენტებული და ვებ-დაპროგრამების თანამედროვე ტექნოლოგიები; რეგრესიული, სტატისტიკური და დისპერსიული ანალიზის მეთოდები; დროითი მწკრივებისა და შემთხვევითი პროცესების თეორიის ელემენტები; MAPLE და Analysis Toolpak პროგრამული პაკეტები.

**ნაშრომის მეცნიერული სიახლე და კვლევის ძირითადი შედეგები.**

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

–შემუშავებულია კომერციული პროგრამული უზრუნველყოფის სრულყოფის მეთოდოლოგია და პროგრამული პროდუქტი, რომელიც დაფუძნებულია დაპროგრამების სისტემა Python-ის გამოყენებაზე. Django და Flask ვებ-კარკასების ბაზაზე დაპროექტებულია საიტის კონტენტის მართვის ჰიბრიდული CMS სისტემა, შემუშავებულია მისი ფაილური სტრუქტურა და სამომხმარებლო ინტერფეისი. პროგრამულ უზრუნველყოფაში ჩაშენდა მთელი რიგი ახლად შედგენილი და მოდიფიცირებული პროგრამული მოდულებისა, რომლებიც მის ეფექტიან ფუნქციობას განაპირობებენ;

–შემუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფა აპრობირებულია მის საფუძველზე დაპროექტებული ინტერნეტ-მაღაზიის საიტისათვის. აპრობაციის შედეგები აჩვენებს, რომ ახალი პროგრამული სისტემა, არსებულთან განსხვავებული ლოგიკით ამუშავებს საიტის სერვერს და მაღალი სამომხმარებლო ტრაფიკის პირობებშიც კი მისი აპარატურული რესურსების უფრო ეფექტიანად გამოყენების საშუალებას იძლევა;

–შემუშავებულია ანალიზური გამოსახულებები ცვლადკოეფიციენტის დიფერენციალური განტოლებების სახით, რომლებიც ღწერენ კომერციული საიტის სამომხმარებლო ტრაფიკის დინამიკას ფუნქციობის საწყის ეტაპზე

და დამყარებულ რეჟიმში. მათ საფუძველზე მიღებულია საიტის ტრაფიკის შეფასებისა და პროგნოზირების ორი სტატისტიკური მოდელი, რომლებიც რაოდენობრივად და ხარისხობრივად აღწერენ ტრაფიკის დინამიკას. მოდელები, თავისუფალია საიტის ფუნქციობის შეფასების არსებული მოდელეებისათვის დამახასიათებელი სირთულეებისაგან და მოსახერხებელია პრაქტიკული გამოყენებისათვის; მოდელების გამოყენება საიტის დაპროექტების ეტაპზე საშუალებას იძლევა კომერციული სწორად შეირჩეს საიტის აპარატურული და პროგრამული უზრუნველყოფა, გაკეთდეს სამომავლო პროგნოზი, შეფასდეს კომერციულ საიტში ინვესტიციების ჩადების მოსალოდნელი ეფექტიანობა;

–მოდელების აპრობაცია ჩატარდა ნაშრომში შემუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფის ბაზაზე დაპროექტებული ინტერნეტ-მაღაზიის ტრაფიკის სტატისტიკური მონაცემებისათვის. რეგრესიული და სტატისტიკური ანალიზის მეთოდებით, შეფასდა მოდელების პარამეტრები, დადგენილ იქნა მათი ადეკვატურობა და სტატისტიკური სარწმუნოება;

–მიღებული მოდელების გამოყენება შესაძლებელია არაკომერციული დანიშნულების საიტების ტრაფიკის ანალიზისთვისაც;

–შემუშავებულია დამყარებულ რეჟიმში ინტერნეტ-მაღაზიის ტრაფიკის, როგორც შემთხვევითი პროცესის დროითი მწკრივის ალბათურ-სტატისტიკური მახასიათებლებისა და სტრუქტურის გამოკვლევის მეთოდოლოგია და შესაბამისი ინფორმაციული ტექნოლოგიები. მიღებული შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ტრაფიკის დროითი მწკრივის ავტორეგრესიული მოდელების შესამუშავებლად.

*კვლევის შედეგების გამოყენების სფერო.* სადისერტაციო ნაშრომში მიღებული და აპრობირებული შედეგების გამოყენება ახალი კომერციული დანიშნულების საიტის (მაგალითად, ინტერნეტ მაღაზიის) დაპროექტების ეტაპზე, საშუალებას მოგვცემს სწორად შეირჩეს საიტის აპარატურული და პროგრამული უზრუნველყოფა, გაკეთდეს სამომავლო პროგნოზი, შეფასდეს კომერციულ საიტში ინვესტიციების ჩადების სარგებლიანობა. აღნიშნული, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ელექტრონული კომერციის სფეროში თეო-

რიულად და ექსპერიმენტულად დასაბუთებული მენეჯერული გადაწყვეტილებების მისაღებად.

**დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა.** დისერტაციის მოცულობა შეადგენს 141 ნაბეჭდ გვერდს. იგი შეიცავს სატიტულო გვერდებს, რეზიუმეს ქართულ და ინგლისურ ენებზე, შინაარსს, 11 დასახელების ცხრილების ნუსხას, 36 დასახელების ნახაზების ნუსხას, შესავალ ნაწილს, სამ თავს, რომლებშიც დისერტაციის ძირითადი შინაარსია ასახული, დასკვნას, 74 დასახელების გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას, 2 დანართს.

**ნაშრომის აპრობაცია.** დისერტაციის ძირითადი შინაარსი მოხსენებულა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ინტერდისციპლინური ინფორმატიკის დეპარტამენტის სამეცნიერო კოლოკვიუმებზე, სამეცნიერო კონფერენციებზე, ასახულია სამეცნიერო სტატიებში. სულ დისერტაციის თემატიკით გამოქვეყნებულია 6 პუბლიკაცია, რომელთა ჩამონათვალი ავტორეფერატის ბოლოშია მოყვანილი.

### დისერტაციის ძირითადი შინაარსი

**შესავალში** მოყვანილია სადისერტაციო ნაშრომის ზოგადი დახასიათება. განხილულია კომერციული დანიშნულების ვებ-საიტების სპეციფიკა და მათ წინაშე მდგომი პრობლემები. ნაჩვენებია თემატიკის აქტუალობა, ფორმულირებულია მიზნები და ამოცანები, რომელთა გადაწყვეტასაც ეძვნება სადისერტაციო ნაშრომი, გამოკვეთილია მისი სამეცნიერო და პრაქტიკული ღირებულება.

**პირველ თავში** მოყვანილია კომერციული დანიშნულების საიტების აგების ინსტრუმენტებისა და კვლევის მეთოდების ანალიზი, რომელიც შესაბამის ლიტერატურულ წყაროებზეა დაფუძნებული. ანალიზმა აჩვენა, რომ ამ სფეროს მთავარი ამოცანა მაღალი სამომხმარებლო ტრაფიკის უზრუნველყოფა და შენარჩუნებაა. ამ ამოცანის გადაწყვეტა მოითხოვს ერთის მხრივ, კომერციული დანიშნულების საიტის ახალი აპარატურული და პროგრამული სისტემების შემუშავებას, არსებულთა სრულყოფასა და განვითარებას,

ხოლო მეორე მხრივ, საიტის ტრაფიკისა და ფუნქციობის კვლევის ეფექტიანი მეთოდებისა და მოდელების შემუშავებას.

თავში განხილულია კომერციული საიტების აგების კონცეპტუალური საფუძვლები და მოდელები, მოყვანილია საიტის არქიტექტურის აღწერა, დაწვრილებითაა გაანალიზებული პროგრამული პლატფორმები და კარკასები რომელთა ბაზაზეც აიგება საიტი. გამოკვეთილია, საიტის კონტენტის მართვის სისტემის (CMS), როგორც კომერციული საიტის ბირთვის, როლი და აღწერილია მისი ფუნქციობის მექანიზმი. ნაჩვენებია, რომ მიუხედავად კომერციული საიტების პროგრამული სისტემებისა და პლატფორმების დიდი მრავალფეროვნებისა მათი გამოყენება მოითხოვს სერვერის მნიშვნელოვან რესურსებს და ყოველთვის ვერ უზრუნველყოფს საიტის ნორმალურ ფუნქციობას მაღალი სამომხმარებლო ტრაფიკის პირობებში, რაც აქტუალურს ხდის არსებული პროგრამული სისტემების დახვეწას.

თავში გაანალიზებულია საიტის ტრაფიკისა და ფუნქციობის შეფასების ძირითადი მახასიათებლები და განხილულია ვებ-სტატისტიკის ინსტრუმენტები, რომლებიც საიტის ექსპლუატაციის პროცესში მათ რაოდენობრივ მაჩვენებლებს განსაზღვრავენ. ხაზგასმულია მათი როლი მოქმედი კომერციული საიტის სტრუქტურისა და მასში ნავიგაციის პროცესის ოპტიმიზაციისათვის. ამავე დროს, გამოკვეთილია მეორე მნიშვნელოვანი ამოცანა: საიტის ტრაფიკისა და ფუნქციობის შეფასების ახალი მეთოდებისა და მოდელების შემუშავება, რაც ჯერ კიდევ დაპროექტების სტადიაში, საშუალებას მოგვცემს სწორად შეირჩეს საიტის აპარატურული და პროგრამული უზრუნველყოფა, გაკეთდეს სამომავლო პროგნოზი, შეფასდეს ინტერნეტ-რესურსში ინვესტიციების ჩადების სარგებლიანობა. ნაჩვენებია, რომ ამ ამოცანის გადაწყვეტის არსებული მეთოდები, ძირითადად დაფუძნებულია მარკოვის პროცესებისა და მასობრივი მომსახურების სისტემათა მოდელების გამოყენებაზე, რომლებიც აღწერენ „მომხმარებელი-საიტი“ ტიპის დისკრეტული სისტემის ქცევას. აღნიშნული მოდელები მართალია ითვალისწინებენ საიტის ფუნქციობის შემთხვევით ხასიათს, მაგრამ მოითხოვენ ალბათურ მახასიათებელთა ზუსტ შეფასებებს და მნიშვნელოვან გამოთვლით პროცედურებს, რაც ართულებს მათ პრაქტიკულ გამოყენებას და აქტუალ-



ურს ხდის საიტის ტრაფიკისა და ფუნქციობის შეფასების მარტივი და ეფექტიანი მოდელების შემუშავებას.

*მეორე თავში* გამხილულია კომერციული საიტის პროგრამული უზრუნველყოფის სრულყოფის მეთოდისა, რომელიც დაფუძნებულია დაპროგრამების სისტემა Python-ის გამოყენებაზე.

ამჟამად კომერციული საიტების პროგრამული უზრუნველყოფის, კერძოდ კი მათი ვებ-კარკასებისა და CMS ბირთვების დაპროექტება, ძირითადად დაპროგრამების PHP ტექნოლოგიის ბაზაზე ხდება. მაგრამ, როგორც ექსპერიმენტული გამოკვლევის შედეგებმა აჩვენა, მათი გამართული ფუნქციობა ვიზიტორთა მაღალი ტრაფიკის პირობებში, საიტის სერვერისგან საკმაოდ მნიშვნელოვან აპარატურულ რესურსებს მოითხოვს და მოიხმარს.

აღნიშნული პრობლემის გადასაწყვეტად, დაპროგრამების Python ტექნოლოგიის გამოყენება, მისმა რიგმა შესაძლებლობებმა განაპირობა. ერთ-ერთი მათგანია მისი უნარი, ვებ-გვერდზე ერთხელ შესრულებული მოქმედება ავტომატურად გარდაქმნას ე.წ. ბაიტ-კოდებად (bytecode) და შეინახოს პროცესორის Cache მეხსიერებაში. თუ მომხმარებელი იგივე მოქმედების გამეორებას მოინდომებს, მისი შესრულება Cache მეხსიერებიდან ხდება და ოპერატიული მეხსიერების გამოყენებას აღარ საჭიროებს. აღმოჩნდა, რომ ამ შემთხვევაში პროცესორი ბევრად სწრაფად მუშაობს და მისი მეშვეობით შესაძლებელია საიტზე მეტი მოქმედებების შესრულება, რაც ბევრად უფრო მომგებიანია სერვერის რესურსების ეფექტიანი გამოყენების კუთხით. მართალია PHP-ს აგრეთვე შეუძლია ინფორმაციის შენახვა პროცესორის Cache მეხსიერებაში, მაგრამ იგი ზემოაღნიშნული პროცესისათვის საჭიროებს C++ კომპილატორის გამოყენებას, რომელიც გარდაქმნის შესასრულებელ მოქმედებას მანქანურ კოდებად და მხოლოდ ამის შემდეგ ათავსებს პროცესორის Cache მეხსიერებაში, რაც სერვერის დამატებით დატვირთვას იწვევს.

პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავებისას აგრეთვე იქნა გათვალისწინებული Python-ის საინტერესო შესაძლებლობა გადაანაწილოს ოპერატიული მეხსიერების დატვირთვა მყარ დისკოზე შექმნილ ვირტუალურ ოპერატიულ მეხსიერებაში. ეს გარემოება, რომელიც Python სისტემაში ვირტ-

უალიზაციის swapper ფუნქციითაა უზრუნველყოფილი, განსაკუთრებულ შესაძლებლობას გვაძლევს ოპერატიული მეხსიერების ოპტიმალური დატვირთვის მხრივ. საიტის დიდი ტრაფიკის პირობებში, როდესაც ოპერატიული მეხსიერება სრულადაა დატვირთული და დამატებით რესურსებს საჭიროებს, მას დახმარებას უწევს მყარი დისკო. კერძოდ, swapper ფუნქცია მყარი დისკოს გარკვეულ ნაწილს გარდაქმნის ვირტუალურ ოპერატიულ მეხსიერებად, რაც ზრდის სერვერის მუშაობის სისწრაფეს. გარდა ამისა, დატვირთვის მყარ დისკოზე გადატანით საგრძნობლად მცირდება ოპერატიული მეხსიერების დატვირთვა. პროცედურულად აღნიშნული გარემოება ასე მიიღწევა: Python ყოფს ოპერატიულ მეხსიერებას ცალკეულ გვერდებად. რის შემდეგაც ხდება მათი გადატანა მყარ დისკოზე წინასწარ გამოყოფილ არეში (Swap Space).

📁 .iDARK Darwin iOS	6/29/2018 1:49 PM	File folder	
📁 artwork	6/29/2018 1:49 PM	File folder	
📁 docs	6/29/2018 1:49 PM	File folder	
📁 examples	6/29/2018 1:49 PM	File folder	
📁 fedora	6/29/2018 1:49 PM	File folder	
📁 scripts	6/29/2018 1:49 PM	File folder	
📁 tests	6/29/2018 1:49 PM	File folder	
📄 .appveyor.yml	6/29/2018 1:49 PM	YML File	1 KB
📄 .gitattributes	6/29/2018 1:49 PM	GITATTRIBUTES File	1 KB
📄 .gitignore	6/29/2018 1:49 PM	GITIGNORE File	1 KB
📄 .travis.yml	6/29/2018 1:49 PM	YML File	2 KB
📄 AUTHORS	6/29/2018 1:49 PM	File	1 KB
📄 CHANGES.rst	6/29/2018 1:49 PM	RST File	43 KB
📄 CONTRIBUTING.rst	6/29/2018 1:49 PM	RST File	6 KB
📄 LICENSE	6/29/2018 1:49 PM	File	2 KB
📄 Makefile	6/29/2018 1:49 PM	File	1 KB
📄 MANIFEST.in	6/29/2018 1:49 PM	IN File	1 KB
📄 README.rst	6/29/2018 1:49 PM	RST File	3 KB
📄 setup.cfg	6/29/2018 1:49 PM	CFG File	1 KB
📄 setup	6/29/2018 1:49 PM	Python File	3 KB
📄 tox	6/29/2018 1:49 PM	Configuration sett...	2 KB

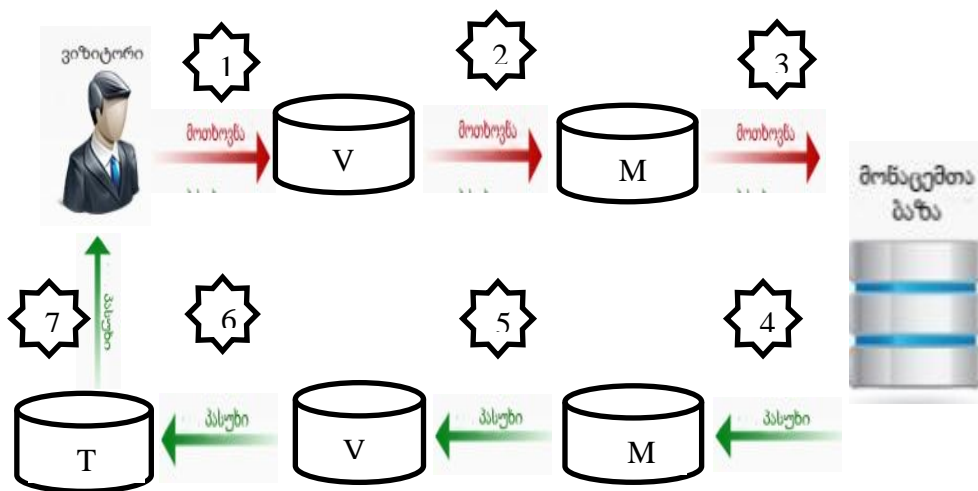
ნახ. 1.

დაპროგრამების სისტემის შერჩევამ განაპირობა კომერციული საიტის პროგრამული უზრუნველყოფის ბირთვის კერძოდ, კონტენტის მართვის

CMS სისტემის დაპროექტება. მართალია არსებობს Python ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული CMS სისტემები, მაგრამ ისინი სრულად ვერ იყენებენ ამ ტექნოლოგიის იმ შესაძლებლობებს, რაც სერვერის აპარატურული რესურსების მნიშვნელოვან ეკონომიას გვაძლევს. ნაშრომში დაპროექტებული CMS სისტემა დაფუძნებულია ჰიბრიდული ვებ-კარკასის გამოყენებაზე, რომელიც ერთმანეთს უხამებს Django და Flask კარკასების იმ თავისებურებებს, რომლებიც საინტერესოა კომერციული დანიშნულების საიტებში გამოყენების კუთხით. თავში მოყვანილია სისტემის ფაილური სტრუქტურა (ნახ. 1) და აღწერილია მისი ძირითადი კომპონენტები.

შემუშავებული ჰიბრიდული CMS სისტემის ბაზაზე დაპროექტდა ინტერნეტ-მაღაზია, რომლის მუშაობის ლოგიკა ეფუძნება MVT(Model View Template) მოდელს, რომელიც MVC (Model View Controller) მოდელის გარკვეულ მოდიფიკაციას წარმოადგენს. საიტი შემდეგი წესით ფუნქციობს (ნახ. 2):

–ვიზიტორი URL მოთხოვნას აგზავნის საიტის ვიზუალური მხარის მისაღებად (კომპონენტი View);



ნახ. 2.

–მოთხოვნაზე პასუხის მისაღებად Model კომპონენტი აკითხავს საიტზე მიბმულ მონაცემთა ბაზას, რის შემდეგაც Python-ის კოდი უზრუნველყოფს მონაცემთა ბაზიდან მოთხოვნით გათვალისწინებული მონაცემების ამორჩევას და მათ დამუშავებას;

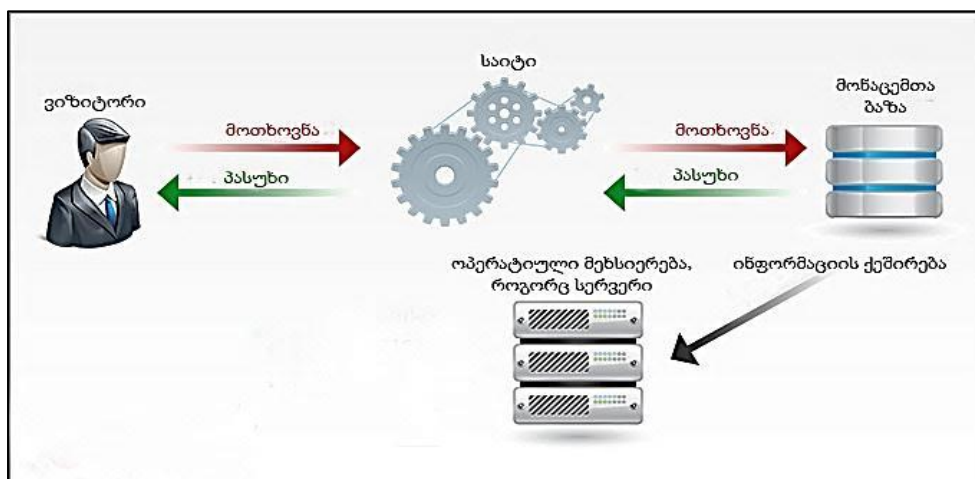
–Template კომპონენტი, რომელიც წარმოადგენს HTML კოდებით შექმნილ საიტის ვიზუალურ მხარეს, ამუშავებს მონაცემთა ბაზიდან წამოსულ „პას–

უხს“ და აწვდის მომხმარებელს.

ინტერნეტ-მაღაზიის საიტის პროგრამულ უზრუნველყოფაში ჩაშენდა ახლად შემუშავებული ან მოდიფიცირებული 35 პროგრამული მოდული, რომლებიც ემსახურებიან საიტის ფუნქციობის ანალიზს და საშუალებას აძლევენ მენეჯმენტს იზრუნოს მის შემდგომ დახვეწასა და განვითარებაზე. მოდულები შემუშავებულია საერთო პროგრამული ყალიბის საფუძველზე რაც უზრუნველყოფს მათ ჰარმონიულ ფუნქციობას და გამორიცხავს ერთმანეთში შესაძლო კონფლიქტებს. საიტის გვერდებზე მომხმარებელთა ნავიგაციის პროცესში, მოდულთა შესაბამის ბმულებზე „დაჭერათა“ ანალიზმა აჩვენა, რომ მათი ფუნქციობა სისტემისაგან დიდ რესურსებს არ მოითხოვს. კერძოდ, თითოეული მომხმარებელი საშუალოდ 4.76 წამი ელოდება მოდულის შესაბამისი გვერდის ასახვას, რაც საკმაოდ კარგი მაჩვენებელია დღევანდელი ინტერნეტ-სივრცის სტანდარტების მიხედვით. თავში მოყვანილია ძირითადი პროგრამული მოდულების აღწერა.

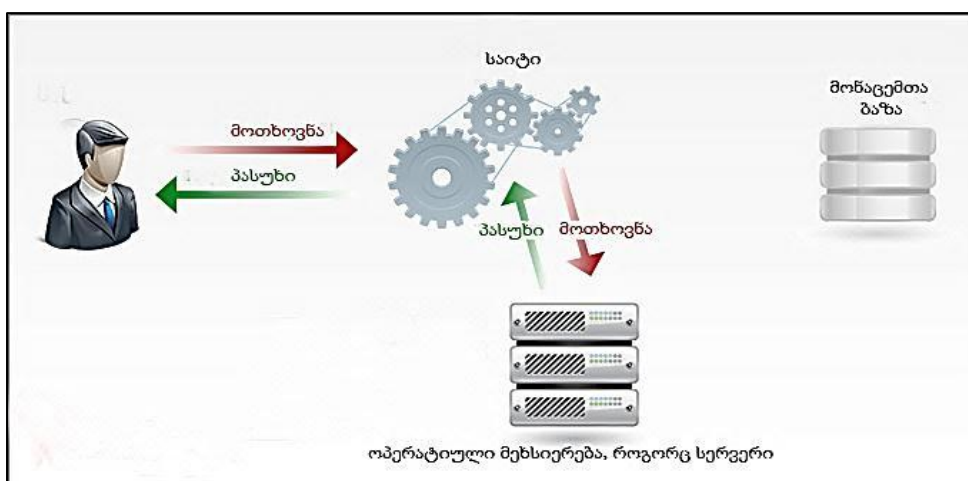
პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავებისას განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო მონაცემთა ბაზასთან მის ურთიერთქმედებას. მაღალი ტრაფიკის პირობებში, ვიზიტორების ზრდასთან ერთად, მატულობს პროგრამული მოდულების გამოყენების ინტენსივობა და შესაბამისად იზრდება მონაცემთა ბაზაში მომხმარებელთა მოთხოვნების გაგზავნის სესიათა რაოდენობა. ასეთ პირობებში, თავიდან რომ აგვეცილებინა მონაცემთა ბაზის ადრეული გადატვირთვა, შემუშავდა სპეციალური, მონაცემთა ქეშირების პროგრამული მოდული, რომელიც უზრუნველყოფს მონაცემთა ბაზის მიერ პროცესორის დატვირთვის ოპერატიული მეხსიერებისთვის გადანაწილებას. მოდულის ფუნქციობის სქემა ასეთია: ვიზიტორი, რომელმაც პირველად გახსნა საიტი, აგზავნის მოთხოვნას მონაცემთა ბაზის სერვერზე. ამასობაში ეს მოთხოვნა, რომელშიც იგულისხმება კლიენტის IP მისამართი და მის მიერ გახსნილი საიტის გვერდის ბმული, შესანახი ინფორმაციის სახით გადადის მოდულისათვის სპეციალურად გამოყოფილ ოპერატიული მეხსიერების არეში ნახ. 3) და შემდეგი მოთხოვნისას მომხმარებელს შესაბამისი ინფორმაცია გადაეგზავნება არა მონაცემთა ბაზიდან, არამედ ოპერატიული

მეხსიერებიდან (ნახ. 4).



ნახ.3.

ამგვარი მოდულის შემუშავება შესაძლებელი გახდა იმის გამო, რომ Python არ მოითხოვს სერვერის რესურსს ინფორმაციის მანქანურ კოდებში კომპილაციაზე და პირადად გადაჰყავს ის bytecode-ში. ამდენად, რესურსი, რომელიც უნდა მოხმარებოდა კომპილაციას, გამოყენებულია ინფორმაციის უფრო სწრაფი დამუშავებისათვის და სერვერის დატვირთვის შესამსუბუქებლად.

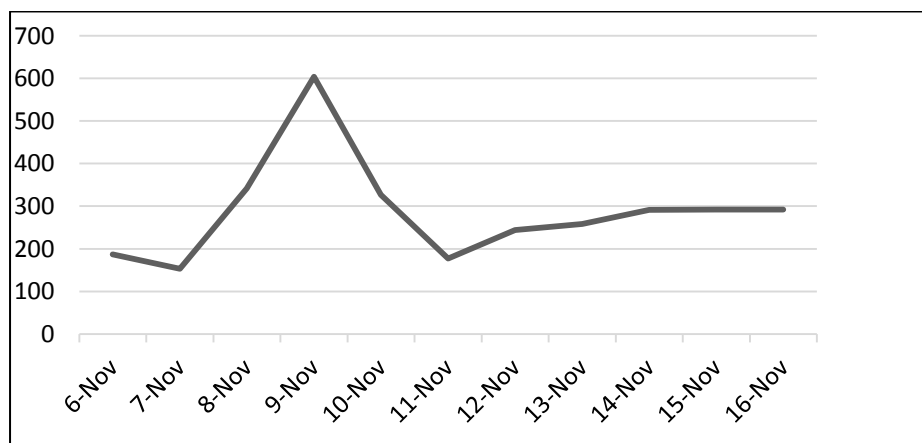


ნახ. 4.

ანალიზმა აჩვენა, რომ Python-ის კოდით დაპროექტებულ ჰიბრიდულ CMS-ზე მომუშავე კომერციულ საიტზე ვიზიტორის მიერ გახსნილი გვერდების ჩატვირთვის საშუალოდ 4 წამზე მეტი დრო არ ჭირდება, რაც ასევე კარგი მაჩვენებელია დღევანდელი სტანდარტების მიხედვით. ამის შესაძლებლობა მოგვცა სწორედ ზემოთ აღწერილმა მექანიზმმა, რომელიც კომე-

რციული საიტის კონტენტის წარმოდგენისას ნაკლებ დატვირთვას ახორციელებს მონაცემთა ბაზაზე.

შემუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფის ეფექტიანობის ანალიზი ჩატარდა მის საფუძველზე დაპროექტებული ინტერნეტ-მაღაზიის საიტის ფუნქციონის სხვადასხვა პერიოდებისათვის. ანალიზისას განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო მაღალი სამომხმარებლო ტრაფიკის პირობებში საიტის გამართული მუშაობისა და სერვერის აპარატურული რესურსების ეფექტიანი გამოყენების საკითხებს. შესაფასებელ პარამეტრებად მიღებულ იქნა ვიზიტორებისა და გვერდებზე ვიზიტების რაოდენობა დროის გარკვეული პერიოდების მანძილზე (დღე, კვირა, თვე), აგრეთვე ვიზიტორების საიტზე დაყოვნების დრო. შეფასდა, თუ სხვადასხვა დაშორების გეოგრაფიული რეგიონებიდან შემოსული ვიზიტორების რაოდენობა რა გავლენას ახდენს ქსელის დატვირთვაზე. ანალიზისათვის აპარატურულ ბაზად შეირჩა შემდეგი მონაცემების სერვერი: პროცესორი: Intel Core2 Duo CPU 2.9Ghz, 2MB cache Processor; ოპერატიული მეხსიერება: DIMM 4GB. აღნიშნულ სერვერზე, რომელიც დღევანდელი სტანდარტების მიხედვით არ ითვლება მძლავრ მოწყობილობად, განვათავსეთ ჩვენს მიერ შემუშავებული ჰიბრიდული CMS სისტემის ბაზაზე აგებული ინტერნეტ-მაღაზია.

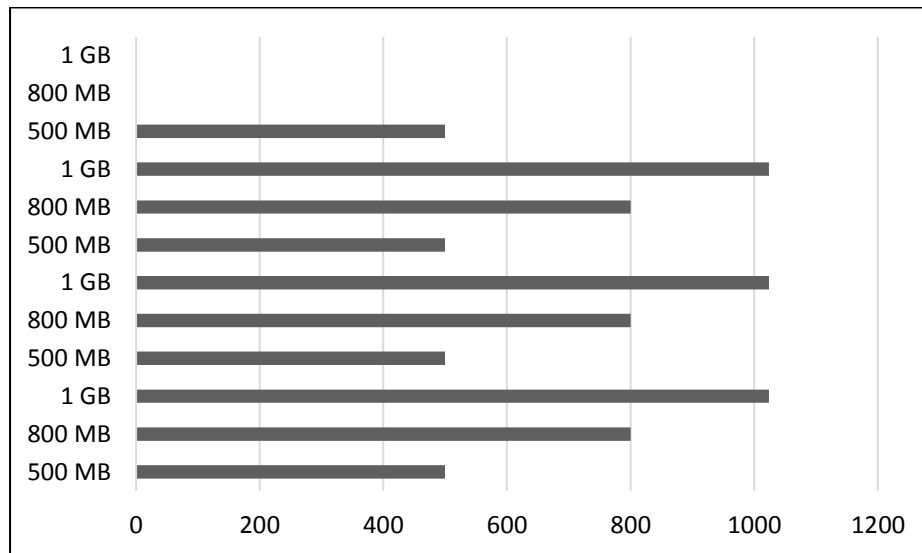


ნახ. 5.

საიტის ამუშავებიდან რამოდენიმე თვეში, მას შემდეგ, რაც სტატისტიკის მიხედვით ვიზიტორთა პიკური ტრაფიკი (ნახ. 5) დაფიქსირდა (10 დღეში 3167 ვიზიტორი, რომელთაც 29 143 ვიზიტი განხორციელეს), ოპერატიული მეხსიერების დატვირთვა, პროცესორისგან განსხვავებით, შესამჩნევად გაი-

ზარდა, მაგრამ სისტემა არ გათიშულა და საიტმა სამუშაო პროცესი ჩვეულებრივ გააგრძელა.

ნახ. 6–ზე მოყვანილია განხილულ შემთხვევაში ტრაფიკის მოცულობისაგან ოპერატიული მეხსიერების დატვირთვის დამოკიდებულების დიაგრამა, რომელიც მიუთითებს ოპერატიული მეხსიერების 4 GB–ის სრულად გამოყენებაზე.



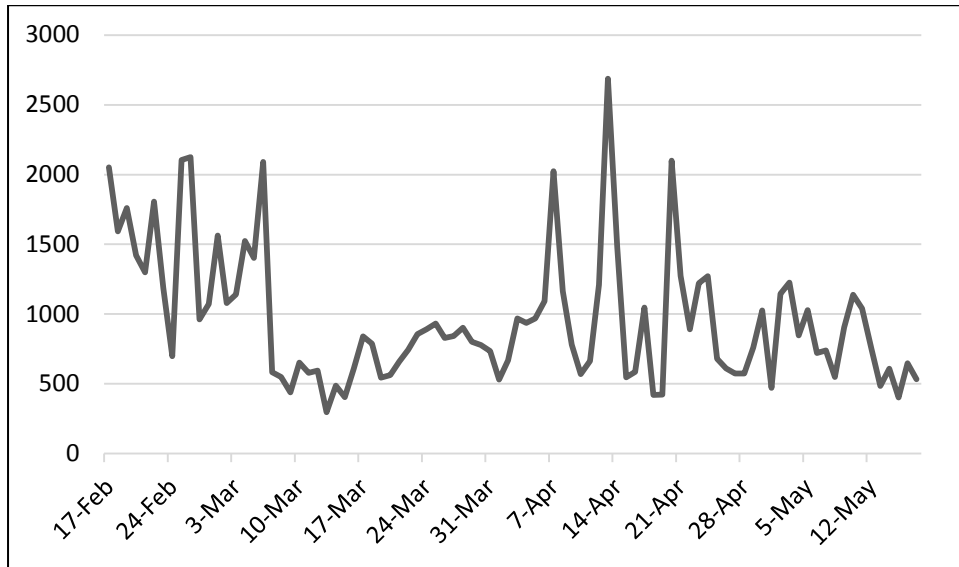
ნახ. 6.

პროცესორთან შედარებით ოპერატიული მეხსიერების მეტად დატვირთვა იმ გარემოებას გამოიწვია, რომ შემუშავებულ პროგრამულ უზრუნველყოფაში ოპერატიულ მეხსიერებას დაემატა სპეციალური სერვისი, რომელიც გულისხმობს პროცესორის cache მეხსიერებაში მოთავსებული ინფორმაციის ოპერატიულ მეხსიერებაში გადატანას და ვიზიტორის განმეორებითი სტუმრობისას მისთვის ინფორმაციის cache–დან მიწოდებას.

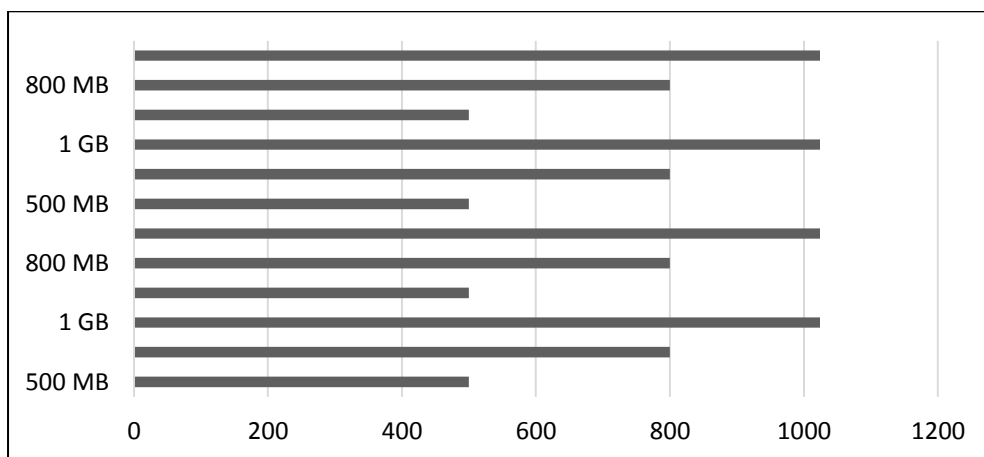
ჩატარებულმა ანალიზმა დაადასტურა ის ვარაუდი რომ კომერციული საიტის ასაგებად ჩვენს მიერ შემუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენების შემთხვევაში არცთუ ამძლავრი სერვერითაც შესაძლებელია დიდი რაოდენობის ვიზიტორების მიღება.

შემდგომი 3 თვის მანძილზე, საიტს ინტერნეტ–მაღაზიის საიტს 88517 ვიზიტორი ჰყავდა, რომელთა მიერ განხორციელდა 510147 ვიზიტი. დღეში საშუალოდ, ეს დაახლოებით 984 ვიზიტორს უდრის, რაც ფაქტიურად საიტისათვის პიკური რაოდენობა გახლდათ (ნახ. 7).

აქ უნდა გავითვალისწინოთ ის ფაქტი, რომ სტატისტიკით, ყოველი ვიზიტორი, საშუალოდ საიტის 3 გვერდზე ანხორციელებს ვიზიტს და თუ მათი რაოდენობა დღეში 1000 აღწევს, ოპერატიული მეხსიერებაში გამოყოფილი უნდა იყოს 3 GB ზომის ადგილი, სერვერის მიერ ასეთი მოცულობის ტრაფიკის მისაღებად. ასეთმა მაღალმა ტრაფიკმა სერვერის ოპერატიული



ნახ. 7. საიტისა ვიზიტორთა დინამიკა 3 თვის მანძილზე მეხსიერება სრულად დაიკავა (ნახ. 8) და იმისთვის, რომ ინტერნეტ-მაღაზიის სერვერს გაეგრძელებინა მუშაობა და არ გათიშულიყო, საჭირო გახდა ოპერატიული მეხსიერების ფიზიკურად გაზრდა, რადგან მხოლოდ



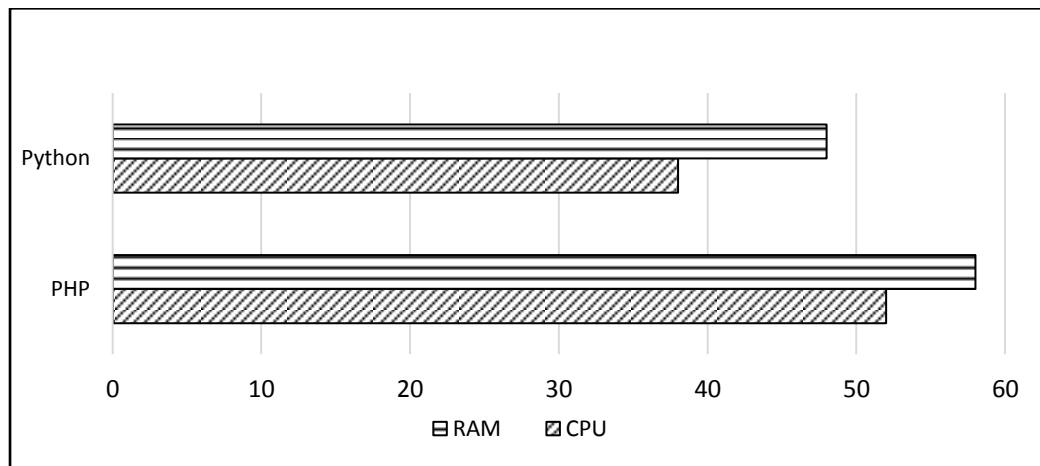
ნახ. 8.

პროგრამული კომპონენტი, ვეღარ უზრუნველყოფდა ინტერნეტ-მაღაზიის ფუნქციონის შენარჩუნებას. იმ მოსაზრებით და ვარაუდით რომ ტრაფიკი კიდევ უფრო მეტად მზარდი იქნებოდა ოპერატიული მეხსიერება გავზარ-



დეთ 12 GB-თი, რითაც საბოლოო ჯამში 16 GB-იანი სერვერი მივიღეთ. მომდევნო 6 თვის მანძილზე, საიტს 68 381 ვიზიტორი ჰყავდა, რომელთა მიერ განხორციელდა 456920 ვიზიტი. როცა ერთ-ერთ დღეს საიტს 3780 ვიზიტორი ჰყავდა, პრაქტიკულად 16 GB-დან 12 GB ასეთი დიდი ტრაფიკის მიღების რესურსად იქნა გამოყენებული.

ნახ. 9-ზე ნაჩვენებია საიტის სერვერის აპარატურული რესურსების დატვირთვის შედარებითი დიაგრამა ჩვენს მიერ შემუშავებული და სტანდარტული (PHP კოდის ბაზაზე აგებული) პროგრამული უზრუნველყოფის პირობებში. ანალიზი ცხადყოფს, რომ ჰიბრიდული CMS სისტემის ბაზაზე დაპროექტებული საიტის სერვერი, მუშაობს რა განსხვავებული ლოგიკით, საგრძნობლად ნაკლებ აპარატურულ რესურსებს მოიხმარს. კერძოდ, სამომხმარებლო ტრაფიკის 60%-ით (კვირის მანძილზე საშუალოდ 47 000 მნახვევი) გაზრდისას, სერვერის პროცესორი, ჩვეულებრივზე მხოლოდ 6.54 %-ით მეტად დაიტვირთა.



ნახ. 9.

შედარებითმა ანალიზმა აჩვენა მაღალი სამომხმარებლო ტრაფიკის პირობებში ახალი პროგრამული უზრუნველყოფის საფუძველზე მომუშავე ინტერნეტ-მაღაზიის ფუნქციონის მეტი ეფექტიანობა PrestaShop, Joomla, Wordpress, Drupal ბირთვებზე მომუშავე საიტებთან შედარებით. ვებ-სტატისტიკამ გვიჩვენა, რომ ჰიბრიდული CMS ბირთვის მქონე ინტერნეტ-მაღაზიის საიტმა შეძლო თვეში 23305 უნიკალური მომხმარებლის მომსახურება ისე, რომ სერვერი ერთხელაც არ გათიშულა.

*მესამე თავი* ეძღვნება ახალი კომერციული საიტის სამომხმარებლო ტრაფიკის შეფასების სტატისტიკური მოდელების შემუშავებას, რომელთა მეშვეობით შეიძლება ავლწეროთ მომხმარებელთა მიერ საიტზე ვიზიტების დინამიკა, გავაკეთოთ სამომავლო პროგნოზი და შევაფასოთ კომერციულ საიტში ინვესტირების სარგებლიანობა.

კვლევის ობიექტს წარმოადგენს კომერციული დანიშნულების ახლად–დაპროექტებული ვებ–საიტი. მივიჩნევთ, რომ ინტერნეტის ქსელში მსგავსი ინტერესების მქონე მომხმარებელთა რაოდენობა მუდმივია და თანაბრადაა განაწილებული კომერციულ საიტზე წვდომის შესაძლებლობის მიხედვით.

ვთქვათ  $F$  არის იმ მომხმარებელთა სიმრავლე, რომელიც დაინტერესდა მოცემული კომერციული საიტით და აქვს სურვილი კვლავ ეწვიოს მას. საიტის ვიზიტორთა რიცხვის ცვლილება დროის ინტერვალში შეიძლება ასე გამოვსახოთ:

$$F(t+\Delta t)=F(t)+A(t), \quad (1)$$

სადაც

$F(t)$ – დროის  $t$  მომენტისათვის საიტის ვიზიტორთა რაოდენობაა;

$F(t+\Delta t)$ –საიტის კლიენტთა რაოდენობაა დროის  $t+\Delta t$  მომენტში;

$A(t)$ –ახალი კლიენტების რაოდენობაა, რომელიც გამოჩნდა დროის  $\Delta t$  შუალედში.

რადგან ვაგებთ ახალი კომერციული საიტის სამომხმარებლო ტრაფიკის მოდელს, შეიძლება ჩავთვლოთ, რომ პოტენციური კლიენტები მისით ინტერესდებიან არსებობის შესახებ ინფორმაციის მიღებისთანავე ანუ ვიზიტამდე. ამ გარემოების გათვალისწინებით შეიძლება ჩაიწეროს:

$$A(t)=\mu \cdot D(t), \quad (2)$$

სადაც  $\mu \in [0;1]$ –კოეფიციენტი, რომელიც გვიჩვენებს, თუ ქსელის აუდიტორიის რა რაოდენობა გახდება საიტის კლიენტი მას შემდეგ, რაც მის თაობაზე ინფორმაციას მიიღებს;

$D(t)$ –იმ მომხმარებელთა რაოდენობაა, რომელთაც უკვე მიიღეს ინფორმაცია საიტის არსებობის შესახებ. ქსელის აუდიტორიის თაობაზე ზემოთ აღნიშნული დაშვებიდან გამომდინარე აგრეთვე მივიღებთ:

$$N(t)=\varphi \cdot F(t), \quad (3)$$

სადაც  $N(t)$ – დროის  $t$  მომენტში საიტზე შემოსულ მომხმარებელთა რაოდენობაა;  $\varphi \in [0;1]$ –კოეფიციენტი, რომელიც გვიჩვენებს საიტის კლიენტთა მიერ მისი დათვალიერების სიხშირეს.

მოყვანილ გამოსახულებებში,  $\mu$  და  $\varphi$  კოეფიციენტებს, დროის სხვადასხვა ინტერვალებში, სხვადასხვა მნიშვნელობები შეიძლება ჰქონდეს.  $\mu$  პარამეტრს მუდმივი მნიშვნელობა ექნება მხოლოდ ქსელის აუდიტორიის მოთხოვნილებებისა და კომერციულ საიტზე მოქმედი შიგა და გარე ფაქტორების უცვლელობის პირობებში. ამ ფაქტორების ახალი კომბინაცია იწვევს მხოლოდ კოეფიციენტების რაოდენობრივ ცვლილებას.

საიტის ვიზიტორთა რაოდენობა დროის  $t+\Delta t$  მომენტში განისაზღვრება ფორმულით:

$$N(t + \Delta t) = \varphi \cdot F(t + \Delta t). \quad (4)$$

(3), (4) ფორმულებიდან  $F(t)$  და  $F(t + \Delta t)$  სიდიდეების განსაზღვრით, მივიღებთ ვიზიტორთა რაოდენობებს დროის  $t$  და  $t+\Delta t$  მომენტებისათვის::

$$F(t) = \frac{1}{\varphi} \cdot N(t) , \quad (5)$$

$$F(t+\Delta t) = \frac{1}{\varphi} \cdot N(t + \Delta t) . \quad (6)$$

(2), (5) და (6) გამოსახულებების (1) ფორმულაში ჩასმისა და მარტივი გარდაქმნის შემდეგ მივიღებთ განტოლებას, რომელიც აღწერს საიტის ტრაფიკის დროით დინამიკას:

$$N(t + \Delta t) = N(t) + \mu \cdot \varphi \cdot D(t). \quad (7)$$

მოდელის შემდგომი დაზუსტებისათვის განვიხილოთ ახალი საიტის თაობაზე ინფორმაციის გავრცელების *ინტენსივობა*, როგორც საიტის ახალ კლიენტთა რიცხვის ფარდობა დროის  $\Delta t$  პერიოდში მნახველთა საერთო რაოდენობასთან:

$$a(t) = \frac{1}{\Delta t} \cdot \frac{\mu \cdot D(t)}{F(t)} . \quad (8)$$

ეს სიდიდე დროში მცირდება, რაც იმითაა განპირობებული, რომ დროის მომდევნო პერიოდებში ინტერნეტის სულ უფრო მეტი მომხმარებლისათვის ინფორმაცია საიტის თაობაზე სიახლეს აღარ წარმოადგენს. შევარჩიოთ მისი გამოსახვის მარტივი ვარიანტი: (

$$a(t) = \frac{b}{t}, \quad b = \text{const} \quad (9)$$

სადაც  $b$ –მუდმივაა, რომელიც გვიჩვენებს თუ რამდენი ახალი მომხმარებელი იღებს ინფორმაციას საიტის თაობაზე დროის ნებისმიერ მომენტში.

თუ (8) ფორმულაში (5) ფორმულით განსაზღვრულ  $F(t)$  მნიშვნელობას შევიტანთ და (9) აღნიშვნას გავითვალისწინებთ, მივიღებთ საიტის მომხმარებელთა რაოდენობის განსაზღვრის ფორმულას:

$$D(t) = \frac{1}{\mu \cdot \varphi} \cdot \frac{b}{t} \cdot N(t) \cdot \Delta t \quad (10)$$

(10) ფორმულა ჩავსვათ (7)–ში და გავამარტივოთ მიღებული გამოსახულება:

$$N(t + \Delta t) = N(t) + b/t \cdot N(t) \cdot \Delta t. \quad (11)$$

უკანასკნელი გამოსახულება გარდავქმნათ შემდეგი სახით:

$$\frac{N(t + \Delta t) - N(t)}{\Delta t} = \frac{b}{t} \cdot N(t). \quad (12)$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ  $\Delta t$  მისწრაფის ნულისაკენ, (12) გამოსახულება ცვლადკოეფიციენტიანი დიფერენციალური განტოლების სახეს მიიღებს, რომელიც აღწერს საიტის სამომხმარებლო ტრაფიკის დინამიკას:

$$\frac{dN(t)}{dt} = \left(\frac{b}{t}\right) \cdot N(t). \quad (13)$$

ამ განტოლების მარჯვენა ნაწილში  $N(t)$  სიდიდის წინ მდგომი გამოსახულება წარმოადგენს საიტის ტრაფიკის ზრდის ფუნქციას:

$$r(t) = \left(\frac{b}{t}\right). \quad (14)$$

(13) დიფერენციალური განტოლების ამოხსნა ჩატარდა *Maple* პაკეტის *desolve* პროცედურის გამოყენებით, რამაც შედეგის სახით შემდეგი ფუნქციური დამოკიდებულება მოგვცა:

$$N(t) = N_0 \cdot t^b \quad (15)$$

სადაც  $N_0$ –საიტის მნახველთა რაოდენობაა დროის საწყის  $t = t_0$  მომენტში.

(15) წარმოადგენს ფუნქციურ მოდელს, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ახალი კომერციული საიტის სამომხმარებლო ტრაფიკის პროგნოზირებისათვის.

მივიღეთ რეგრესიული ანალიზის ამოცანა, როდესაც საკვლევი დამოკიდებულება მოცემულია (21) არაწრფივი ფუნქციის სახით. მისი გადაწყვეტა მდგომარეობს  $N_0$  და  $b$  რეგრესიის პარამეტრების შეფასებაში.

მოდელის ადეკვატურობის შესაფასებლად გაანალიზებულ იქნა ახლად-შექმნილი ინტერნეტ-მაღაზიის საიტზე ვიზიტების დინამიკა დროის გარკვეული პერიოდის მანძილზე. საიტის ტრაფიკის რაოდენობრივი მაჩვენებლები წარმოდგენილია ვექტორული სახით (ცხრილი 1).

<i>მოდელის სტატისტიკური და დისპერსიული ანალიზი ცხრილი 1.</i>							
$V_t$	$V_n$	$\ln(V_t)$	$\ln(V_n)$	$\ln(N(t))$	$N(t)$	$(V_i - V_{საშ})^2$	$(V_i - N(t))^2$
1	6	0	1.792	2.209	9.104	232516.840	9.633
2	32	0.693	3.466	3.258	25.996	36.049	36.049
3	65	1.099	4.174	3.872	48.025	288.155	288.155
4	78	1.386	4.357	4.307	74.232	14.195	14.195
5	95	1.609	4.554	4.645	104.062	82.121	82.121
6	120	1.792	4.787	4.921	137.137	293.671	293.671
7	188	1.946	5.236	5.154	173.179	219.657	219.657
8	239	2.079	5.476	5.356	211.974	730.428	730.428
9	278	2.197	5.628	5.535	253.346	607.807	607.807
10	315	2.303	5.753	5.694	297.153	318.506	318.506
11	380	2.398	5.940	5.839	343.273	1348.899	1348.899
12	421	2.485	6.043	5.970	391.599	864.391	864.391
13	454	2.565	6.118	6.091	442.042	142.990	142.990
14	482	2.639	6.178	6.204	494.520	156.745	156.745
15	505	2.708	6.225	6.308	548.960	1932.500	1932.500
16	601	2.773	6.399	6.406	605.299	18.478	18.478
17	624	2.833	6.436	6.497	663.476	1558.385	1558.385
18	723	2.890	6.583	6.584	723.440	0.194	0.194
19	769	2.944	6.645	6.666	785.140	260.511	260.511
20	810	2.996	6.697	6.744	848.532	1484.752	1484.752
21	872	3.045	6.771	6.817	913.575	1728.451	1728.451
22	932	3.091	6.837	6.888	980.228	2325.955	2325.955
23	991	3.135	6.899	6.955	1048.457	3301.299	3301.299
24	1068	3.178	6.974	7.019	1118.227	2522.780	2522.780
25	1157	3.219	7.054	7.081	1189.508	1056.746	1056.746
	$V_n$ საშ.	$\sigma$	$c_0$	$c_1$	$R^2$	$TSS$	$RSS$
	488.20	1.2533	2.20868	1.51376	0.916066	253810.50	21303.3
			$N_0$	$b$	$F$ -კრიტ.	$\sigma$	
			9.10370	1.51376	251.0253	372.15	

$V_n$  ვექტორი შეიცავს მონაცემებს საიტის უნიკალურ დამთვალიერებელთა შესახებ, ხოლო  $V_t$  ვექტორი-დროის შესაბამის პერიოდებს დღეებში.

ვითვალისწინებთ რა (15) ფუნქციური დამოკიდებულების არაწრფივ ხასიათს, რათა უზრუნველყოთ მოხერხებული აპროქსიმაცია და მოდელის ადეკვატურობის შეფასებისათვის საჭირო სტატისტიკური მახასიათებლები-

ბის მიღება და ანალიზი, გამოვიყენოთ ფუნქციის გაწრფივების პროცედურა. გავალოგარითმოთ (15) გამოსახულების ორივე მხარე:

$$\ln(N(t)) = \ln(N_0) + b \cdot \ln(t), \quad (16)$$

შემდეგ კი შემოვიტანოთ აღნიშვნები:

$$y = \ln(N(t)); \quad x = \ln(t); \quad c_0 = \ln(N_0); \quad c_1 = b.$$

ამ აღნიშვნების (16) ფორმულაში შეტანის შემდეგ მივიღებთ რეგრესიის წრფივ განტოლებას:

$$y = c_0 + c_1 \cdot x. \quad (23)$$

ანალიზი ჩატარდა Analysis Toolpak პაკეტის ინსტრუმენტების გამოყენებით, რის შედეგადაც განისაზღვრა  $c_0$  და  $c_1$  პარამეტრების შემდეგი მნიშვნელობები:  $c_0 = 2.20868$ ;  $c_1 = 1.51376$ .

წრფივი მოდელის ადეკვატურობის შესაფასებლად, მიღებულ იქნა სტატისტიკური და დისპერსიული ანალიზის ძირითადი მაჩვენებლები:

რეგრესიული ანალიზის სტატისტიკა						ცხრილი 2	
Observations	df	R square ( $R^2$ )	Standard Error	x variable ( $c_0$ )	Intersept ( $c_1$ )	t-Stat ( $c_0$ )	t-Stat ( $c_1$ )
25	24	0.98	0.133	1.51376	2.20868	46.25	27.43

გაწრფივებული მოდელის დისპერსიული ანალიზი				ცხრილი 3
წყარო	df	SS	MS	F
რეგრესია (Regression)	1	38.277	37.603	213.76
ნაშთი (Residual)	23	0.411	0.01	
საერთო (Total)	24	43.918		

დეტერმინაციის კოეფიციენტის მაღალმა მნიშვნელობამ ( $R^2 = 0.98$ ) და ფიშერისა (F) და სტიუდენტის (t) კრიტერიუმების ფაქტობრივი მნიშვნელობების შედარებამ კრიტიკულ მნიშვნელობებთან ცხადყო წრფივი მოდელისა და მისი კოეფიციენტების სტატისტიკური სარწმუნოება.

გაწრფივებული მოდელის  $c_0$  და  $c_1$  კოეფიციენტებზე დაყრდნობითა და იმის გათვალისწინებით, რომ აღნიშვნის თანახმად  $c_0 = \ln(N_0)$ , ტრაფიკის (15) მოდელისათვის განისაზღვრა  $N_0$  და  $b$  პარამეტრების შეფასებები:

$$b = c_1 = 1.51376; \quad N_0 = \exp(c_0) = 9.10370.$$

ამ მნიშვნელობების (15) ფორმულაში შეტანის შემდეგ მივიღებთ საიტის

ტრაფიკის პროგნოზირების ფუნქციის კონკრეტულ სახეს:

$$N(t) = 9.1037 \cdot t^{0.151376} . \quad (18)$$

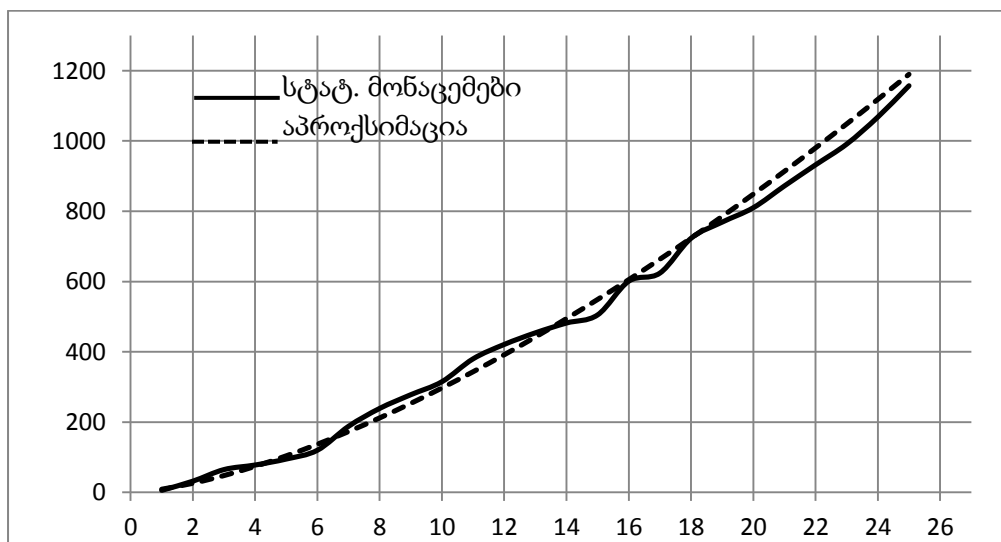
სტატისტიკური და დისპერსიული ანალიზის მეთოდების გამოყენებით შეფასდა მიღებული არაწრფივი მოდელის ადეკვატურობა. გაანგარიშებათა შედეგები მოყვანილია ცხრილ 1-ში. ცხრილიდან ჩანს, რომ დეტერმინაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობამ შეადგინა  $R^2=0.92$ , რაც მაღალ მაჩვენებლად უნდა ჩაითვალოს.

(18) მოდელის ადეკვატურობა აგრეთვე შეფასდა ფიშერის კრიტერიუმით. მისი ფაქტიური მნიშვნელობა გამოითვალა ფორმულით, რომელიც ამყარებს კავშირს დეტერმინაციის კოეფიციენტსა და F-კრიტერიუმს შორის:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} (n - 2). \quad (19)$$

F-კრიტერიუმის ფაქტიურმა მნიშვნელობამ შეადგინა  $F_{ფაქტ.}=251.02$ , რაც აღემატება მნიშვნელოვნების  $\alpha=0.05$  დონისათვის ფიშერის განაწილების კრიტიკული წერტილების ცხრილიდან აღებულ მნიშვნელობას  $F_{კრიტ.}=2.38$ . ეს ნიშნავს, რომ  $H_0$  ჰიპოთეზა მოდელის არაადეკვატურობის თაობაზე უკუიგდება და მიიღება ალტერნატიული  $H_1$  ჰიპოთეზა.

ნახ. 10-ზე მოყვანილია (18) მოდელის ფუნქციით ტრაფიკის მონაცემების აპროქსიმაციის გრაფიკი, რომელიც აგრეთვე ცხადყოფს მიღებული მოდელის ეფექტიანობას.



ნახ. 10.

განხილული მოდელი არ ითვალისწინებს საიტის ტრაფიკის შეზღუდულობას, რაც განპირობებულია მიზნობრივი აუდიტორიისა და ინტერნეტის ქსელის მომხმარებელთა სასრული რაოდენობით. ეს თავის მხრივ გავლენას ახდენს მოდელირების შედეგებზე. რთული არ არის ვივარაუდოთ, რომ ტრაფიკის ექსპონენციალური ზრდა, რასაც ადგილი აქვს ახლად შექმნილი საიტის ფუნქციონის საწყის პერიოდში, არ შეიძლება ხანგრძლივად შენარჩუნდეს და მოსალოდნელია მისი გარკვეული სტაბილიზაცია. იმისათვის, რომ შევძლოთ მოდელის გამოყენება ახალი კომერციული საიტის ტრაფიკის პროგნოზირებისათვის დროის უფრო დიდი პერიოდის მანძილზე, შევეცადოთ მის დაზუსტებას იმ ანალოგიაზე დაყრდნობით, რაც არსებობს სამომხმარებლო ტრაფიკისა და ბიოლოგიური პოპულაციის რიცხოვნების დინამიკის კანონზომიერებათა შორის.

განვიხილოთ დიფერენციალური განტოლება, რომელიც აღწერს პოპულაციის რიცხოვნების დინამიკას შეზღუდული საარსებო რესურსების პირობებში:

$$\frac{dx(t)}{dt} = x(t) \cdot \left( r - \frac{r}{K} \cdot x(t) \right), \quad (20)$$

სადაც  $r$ -პოპულაციის ზრდის ხვედრითი სისწრაფეა;  $K$ -პოპულაციის მაქსიმალურად შესაძლო რაოდენობაა;  $t$ -დროა;  $x(t)$ -პოპულაციის რაოდენობაა.

აღნიშნული განტოლების ზუსტ ამონახსნს, წარმოადგენს ფერხიულსტის ფუნქცია, რომლის გრაფიკს  $S$ -ის მსგავსი ფორმა აქვს და ლოგისტიკური მრუდის სახელითაა ცნობილი.

გამოვიყენოთ ფერხიულსტის განტოლება ჩვენი შემთხვევისათვის, რის საფუძველსაც გვაძლევს როგორც ამოცანათა შინაარსობრივი მსგავსება, ასევე ის გარემოება, რომ (20) გამოსახულება, (13) სახის დიფერენციალური განტოლების კერძო შემთხვევას წარმოადგენს. ჩავთვალოთ, რომ:  $x(t)=N(t)$ -საიტის მომხმარებელთა რაოდენობაა დროის  $t$  მომენტში;  $K$ -საიტის მიზნობრივი აუდიტორიაა დღეღამის განმავლობაში, რომელიც განპირობებულია როგორც ინტერნეტის მომხმარებელთა სასრულობით, ასევე საიტის ტექნიკური შესაძლებლობით;  $r$ - მომხმარებელთა რიცხვის ზრდის ფუნქციაა.



აღნიშნულის გათვალისწინებით, (20) განტოლების მცირე გამარტივებისა და მასში ზრდის ფუნქციის (14) მნიშვნელობის შეტანის შემდეგ, მივიღებთ საიტის ტრაფიკის ზრდის მოდელს, რომელიც შემდეგი დიფერენციალური განტოლებით აღიწერება:

$$\frac{dN(t)}{dt} = \left(\frac{b}{t}\right) \cdot \left(1 - \frac{N(t)}{K}\right) \cdot N(t). \quad (21)$$

მიღებული განტოლების ამოხსნამ Maple სისტემაში მოგვცა საიტის ტრაფიკის დროზე დამოკიდებულების ფორმულა:

$$N(t) = \frac{K}{1+t^{-b} \cdot N_0 \cdot K}, \quad (22)$$

სადაც  $N_0$ -საიტის უნიკალურ ვიზიტორთა რაოდენობაა დროის საწყის  $t=t_0$  მომენტში;  $K$ -საიტის მიზნობრივი აუდიტორიაა დღე-ღამის განმავლობაში;

ამ შემთხვევაში, ამოცანა მდგომარეობს (22) არაწრფივი მოდელის  $b$  და  $N_0$  პარამეტრების შეფასებაში. ამ მიზნით გამოყენებულ იქნა ცხრილურ პროცესორ Excel-ის ოპტიმალური ამონახსნის ძიების Solver პროცედურა, რომელიც ძეხნის კრიტერიუმად უმცირეს კვადრატთა მეთოდს იყენებს.

მოდელიზირებული მოდელის ანალიზი ჩატარდა 2-დღიანი ინტერვალით აღებულ ინტერნეტ-მაღაზიის ტრაფიკის სტატისტიკური მონაცემებისა და  $K=1650$  მნიშვნელობებისათვის. მთლიანობაში ანალიზმა მოიცვა დროის 50 დღიანი პერიოდი. გაანგარიშებათა შედეგები მოყვანილია ცხრილი 4-ში.

ოპტიმალური ამონახსნის ძიების პროცედურამ (29) მოდელის პარამეტრების შემდეგი მნიშვნელობები მოგვცა:

$$b=3.279 \text{ და } N_0=9.0858.$$

ტრაფიკის სტატისტიკურ მონაცემებთან მოდელის ადეკვატურობის შესაფასებლად განისაზღვრა სტატისტიკური და დისპერსიული ანალიზის ძირითადი მახასიათებლები:

-დეტერმინაციის კოეფიციენტმა მნიშვნელობაა  $R^2=0.9765$ , რაც აღმატება წინა მოდელის ანალოგურ მაჩვენებელს;

-სტანდარტულმა შეცდომამ შეადგინა  $\varepsilon=0.1825$  იმ პირობებში, როცა მისი დამაკმაყოფილებელი მნიშვნელობაა  $\varepsilon \leq 0.5$ ;

-(25) ფორმულის მიხედვით გამოთვლილი F-კრიტერიუმის ფაქტიური

მნიშვნელობა შეადგენს  $F_{ფაქტ}=954.184$ , რაც საგრძნობლად აღემატება სანდო-ობის  $\alpha=0.05$  დონისათვის ფიშერის განაწილების მნიშვნელობას. ეს გარემო-ება აგრეთვე ადასტურებს მოდელის სტატისტიკურ სარწმუნოებას.

*ცხრილი 4. მოდიფ. მოდელის სტატისტიკური და დისპერსიული ანალიზი*

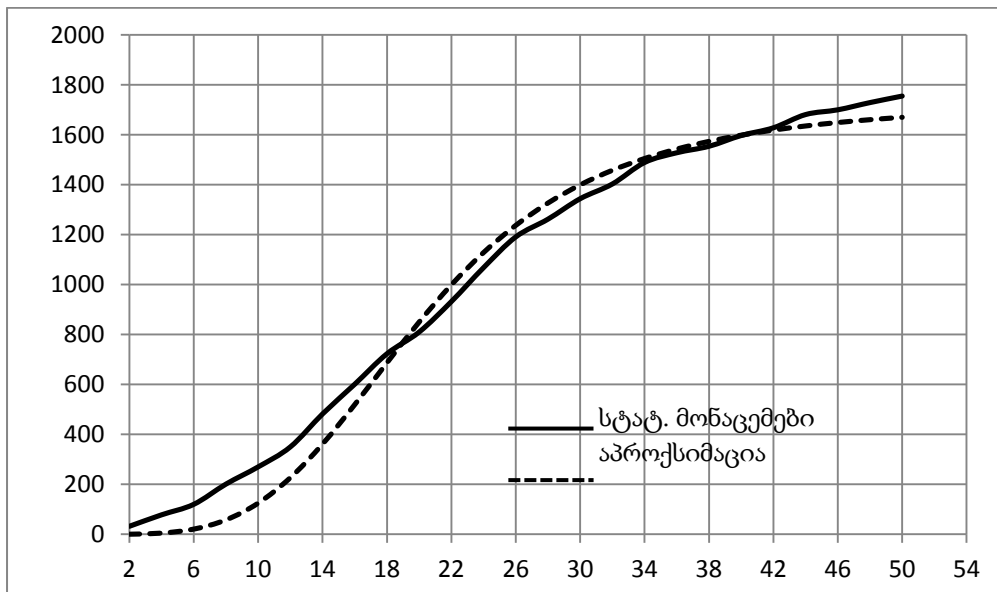
$V_t$	$V_n$	$N(t)$	$(Vi-V_{საშ})^2$	$(Vi-N(t))^2$
2	32	1.068	990582.278	956.778
4	78	10.315	901132.518	4581.228
6	120	38.328	823156.998	6670.284
8	239	95.002	621385.358	20735.540
10	315	185.948	507342.798	16654.426
12	421	309.575	367575.438	12415.424
14	482	456.857	297330.278	632.150
16	601	614.422	181714.638	180.138
18	723	769.092	92586.318	2124.444
20	810	911.229	47210.598	10247.256
22	932	1035.717	9078.278	10757.146
24	1068	1141.194	1658.118	5357.292
26	1191	1228.672	26804.238	1419.161
28	1262	1300.315	55093.478	1468.002
30	1344	1358.621	100311.558	213.783
32	1403	1405.986	141165.518	8.915
34	1489	1444.504	213185.358	1979.855
36	1528	1475.926	250720.518	2711.731
38	1554	1501.668	277433.958	2738.595
40	1597	1522.866	324580.878	5495.854
42	1628	1540.417	360864.518	7670.827
44	1681	1555.030	427349.838	15868.318
46	1700	1567.268	452552.198	17617.797
48	1729	1577.573	492410.958	22930.128
50	1755	1636.298	529576.398	28460.263
$N_0$	$b$	$k$	$TSS$	$RSS$
9.0858	3.2797	1650	8492803.040	199895.334
	$V_{საშ}$	$R^2$	$F-ფაქტ.$	$\sigma$
	1027.28	0.9765	954.184	91.2632

საბოლოოდ,  $b$  და  $N_0$  პარამეტრების შეტანის შემდეგ ახალი ინტერნეტ-მაღაზიის საიტის ტრაფიკის პროგნოზირების მოდიფიცირებული მოდელი მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$N(t) = \frac{1650}{1 + t^{-3.279} \cdot 9.0858 \cdot 1650} \quad (23)$$

მიღებული მოდელის მრუდით საიტის ტრაფიკის აპროქსიმაციის გრაფიკი მოყვანილია ნახ. 11-ზე და ვიზუალურად ცხადყოფს მის ეფექტიანობას. გრაფიკიდან აგრეთვე ჩანს, რომ ახლად შექმნილი ინტერნეტ-მაღაზიის საიტის ტრაფიკი, ფუნქციობის საწყის ეტაპზე, ჯერ ექსპონენციალურად იზრ-

დება, შემდეგ კი აგრძელებს მონოტონურად მცირედ ზრდას მიზნობრივი აუდიტორიის ზრდასთან ერთად და მისი სახე უახლოვდება ლოგისტიკური მრუდის ფორმას.



ნახ. 11.

მესამე თავის ბოლო პარაგრაფში განხილულია ფუნქციობის დამყარებულ რეჟიმში ინტერნეტ-მაღაზიის სამომხმარებლო ტრაფიკის გამოკვლევის მეთოდოლოგია და შესაბამისი ინფორმაციული ტექნოლოგიების აღწერა. ანალიზისას, საიტის ყოველდღიური ტრაფიკი წარმოდგენილ იქნა შემთხვევითი პროცესის დროითი მწკრივის სახით. გამოკვლევა ჩატარდა ჩატარდა 6 თვის მანძილზე ინტერნეტ-მაღაზიის საიტის ვიზიტორთა ყოველდღიური რაოდენობის თაობაზე ვებ-ანალიტიკის ინსტრუმენტებით მიღებული სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე, რომლებიც ქმნიან დროით მწკრივს (ნახ. 12):

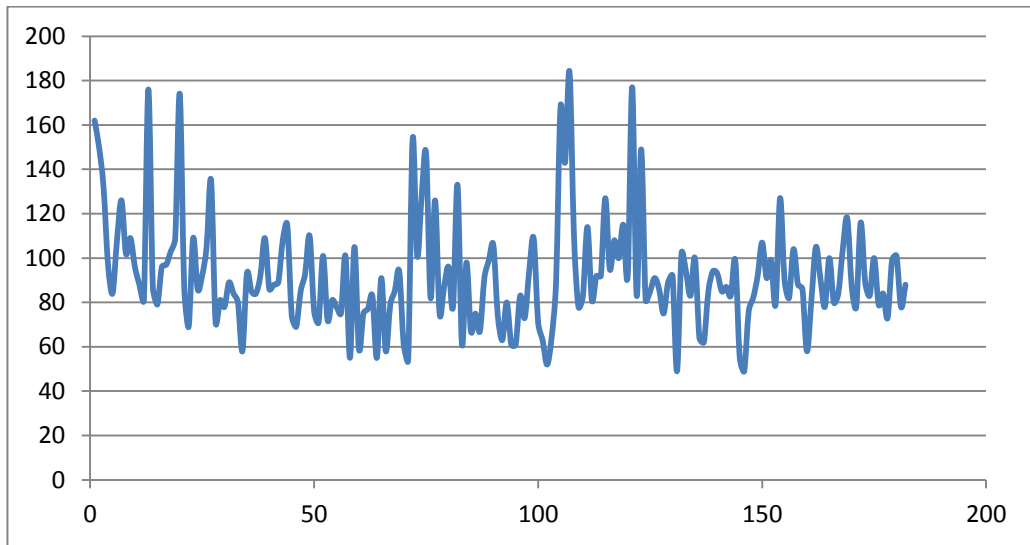
$$y(t) = \{y(t_1), y(t_2), y(t_3), \dots, y(t_{n-1}), y(t_n)\},$$

სადაც

$n$ -დაკვირვების მომენტების ანუ მწკრივში წევრების (დონეების) რაოდენობაა, რომელიც განსაზღვრავს დროითი მწკრივის სიგრძეს. განხილულ შემთხვევაში  $n=182$ , რაც შეადგენს 6 თვის მანძილზე დაკვირვების დღეთა რაოდენობას;

$t_1, t_2, \dots, t_n$ -დროის მომენტებია, რომლებშიც პროცესზე დაკვირვება ხდება;

$y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)$ –დაკვირვების შედეგად მიღებული მწკრივის დონეები ანუ სტატისტიკური მონაცემებია.



ნახ. 12.

სამომხმარებლო ტრაფიკის დროითი მწკრივი შემოწმდა განაწილების კანონსა და სტაციონარულობაზე, ჩატარდა აგრეთვე მისი ავტოკორელაციური ანალიზი. გამოკვლევისას გამოყენებულ იქნა სტატისტიკურ ჰიპოთეზათა შემოწმების პირსონის ( $\chi^2$ ), ფიშერის (F), ბოქს–პირსის (Q) და სტანდარტული შეცდომის კრიტერიუმები. შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ ფუნქციობის დამყარებულ რეჟიმში საიტის სამომხმარებლო ტრაფიკი წარმოადგენს სტაციონარულ შემთხვევით პროცესს მონაცემთა ნორმალური განაწილებით, რომელიც შეიცავს მხოლოდ შემთხვევით მდგენელს (არ შეიცავს ტრენდულ და ციკლურ კომპონენტებს) და მისი ელემენტები შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც გარკვეული საშუალო მნიშვნელობის ირგვლივ შემთხვევითი რხევები. ხაზგასმულია, რომ მიღებული შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მომავალ კვლევებში, სამომხმარებლო ტრაფიკის დროითი მწკრივის ავტორეგრესიული მოდელების ასაგებად.

**დანართებში** მოყვანილია შემუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფის ძირითადი მოდულების პროგრამული კოდები და მათი ფუნქციობის შედეგად მიღებული ეკრანული ფორმები, აგრეთვე საიტის ტრაფიკის დინამიკისა და სერვერის რესურსების დატვირთვის ამსახველი გრაფიკული დიაგრამები.

## დასკვნა

სადისერტაციო ნაშრომში მიღებულია შემდეგი სამეცნიერო და პრაქტიკული ღირებულების მქონე შედეგები:

–ჩატარებულია კომერციული დანიშნულების საიტების აგების ინსტრუმენტებისა და კვლევის მეთოდების ანალიზი, რომელმაც აჩვენა, რომ ამ სფეროს მთავარი ამოცანა მაღალი სამომხმარებლო ტრაფიკის უზრუნველყოფა და შენარჩუნებაა, რაც აქტუალურს ხდის როგორც კომერციული საიტის პროგრამული უზრუნველყოფის დახვეწას, ასევე მისი ტრაფიკისა და ფუნქციონის შეფასების ეფექტიანი მეთოდებისა და მოდელების შემუშავებას;

–შემუშავებულია კომერციული საიტის პროგრამული უზრუნველყოფის სრულყოფის მეთოდიკა და პროგრამული პროდუქტი, რომელიც დაფუძნებულია დაპროგრამების Python ტექნოლოგიის გამოყენებაზე. Django და Flask ვებ-კარკასების ბაზაზე დაპროექტებულია საიტის კონტენტის მართვის ჰიბრიდული CMS სისტემა. შემუშავებულია მისი ფაილური სტრუქტურა და სამომხმარებლო ინტერფეისი. პროგრამულ უზრუნველყოფაში ჩაშენდა 35 ახალი და მოდიფიცირებული პროგრამული მოდული, რომლებიც მის ეფექტიან ფუნქციობას განაპირობებენ;

–პროგრამული უზრუნველყოფა აპრობირებულია მის საფუძველზე დაპროექტებული ინტერნეტ-მაღაზიის საიტისათვის. აპრობაციის შედეგები აჩვენებს, რომ შემუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფა არსებულთაგან განსხვავებული ლოგიკით ამუშავებს სერვერს და საიტის მაღალი სამომხმარებლო ტრაფიკის შემთხვევაშიც კი, საგრძნობლად ამცირებს მისი აპარატურული რესურსების დატვირთვას;

–შემუშავებულია ახალი კომერციული საიტის სამომხმარებლო ტრაფიკის დინამიკის აღმწერი ორი ანალიზური მოდელი ცვლადკოეფიციენტიანი დიფერენციალური განტოლებების სახით. მათ საფუძველზე მიღებულია სამომხმარებლო ტრაფიკის პროგნოზირების სტატისტიკური მოდელები, რომლებიც თავისუფალია საიტის ფუნქციონის შეფასების არსებული მოდელებისათვის დამახასიათებელი სირთულეებისაგან და მოსახერხებელია პრაქტიკული გამოყენებისათვის;

– მოდელების აპრობაცია ჩატარდა ნაშრომში შემუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფის ბაზაზე დაპროექტებული ინტერნეტ-მაღაზიის ტრაფიკის სტატისტიკური მონაცემებისათვის. რეგრესიული და დისპერსიული ანალიზის მეთოდებით, შეფასდა მოდელების პარამეტრები, დადგინდა იქნა მათი ადეკვატურობა და სტატისტიკური სარწმუნოება;

– მოდელების პრაქტიკული გამოყენება საშუალებას იძლევა კომერციული საიტის დაპროექტების ეტაპზე გაკეთდეს საიტის ტრაფიკის სამომავლო პროგნოზი და შეფასდეს კომერციულ საიტში ინვესტიციების ჩადების სარგებლიანობა;

– შემუშავებული მოდელები, გარკვეული მოდიფიკაციით, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს არაკომერციული დანიშნულების ინტერნეტ-საიტის სამომხმარებლო ტრაფიკის ანალიზისათვისაც;

– შემუშავებულია დამყარებულ რეჟიმში ინტერნეტ-მაღაზიის ტრაფიკის, როგორც შემთხვევითი პროცესის დროითი მწკრივის ალბათურ-სტატისტიკური მახასიათებლებისა და სტრუქტურის გამოკვლევის მეთოდოლოგია და შესაბამისი ინფორმაციული ტექნოლოგიები. მიღებული შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მომავალ კვლევებში ტრაფიკის დროითი მწკრივის ავტორეგრესიული მოდელების ასაგებად.

### **დისერტაციის თემატიკით გამოქვეყნებული შრომები**

1. კუჭავა გ. კომერციული ვებ-საიტების კონტენტის მართვის სისტემის პროგრამული უზრუნველყოფა Python-ის ბაზაზე. „გლობალიზაცია და ბიზნესი“, სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი №3, თბილისი: ევროპის უნივერსიტეტი, 2017, გვ. 151–153.

2. კუჭავა გ. კომერციული ვებ-საიტების კონტენტის მართვის სისტემის პროგრამული უზრუნველყოფის სრულყოფა. სტუდენტთა 85-ე დია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. თეზისების კრებული. თბილისი: სტუ, 2018, გვ. 381.

3. კუჭავა გ. კომერციული საიტის პროგრამული უზრუნველყოფის სრულყოფა და ფუნქციონის გამოკვლევა. მართვის ავტომატიზებული სისტემები. შრომების კრებული. თბილისი: სტუ, 2018, №1(25), გვ. 90–94.

4. კუჭავა გ. ინტერნეტ-მაღაზიის პროგრამული უზრუნველყოფა და მაღალი ტრაფიკის პირობებში მისი ეფექტიანობის ანალიზი. სტუ-ს ა. ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომთა კრებული, №22. თბილისი: სტუ, 2018, გვ. 194-198

5. მაჭარაძე თ, კუჭავა გ. კომერციული საიტის სამომხმარებლო ტრაფიკის სტატისტიკური მოდელირება. სტუ-ს ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომთა კრებული, №22. თბილისი: სტუ, 2018, გვ. 188-193.

6. მაჭარაძე თ, კუჭავა გ. კომერციული საიტის ტრაფიკის შეფასების სტატისტიკური მოდელები. მართვის ავტომატიზებული სისტემები. შრომების კრებული №3(27). თბილისი: სტუ, 2018, გვ. 41-49.

### **Develop Software and Statistical Models for Evaluation of Traffic a Commercial site**

#### **Abstract**

Commercial websites are one of the most common types of Internet resources, tools and methods of design and analysis of which are actively developing. The analysis shows that this development takes place in two directions: 1) development of new and improvement of existing hardware and software of the commercial site; 2) development of new methods and models for the study of the functioning of the commercial site.

Ensuring and maintaining high consumer traffic is the main objective of a commercial website. Despite the variety of software systems and platforms, their use requires significant resources of the site server and does not ensure its normal operation in conditions of high traffic. This fact makes it relevant to improve existing and develop new software systems.

In this paper we developed a method of improving the software of a commercial site and the corresponding software product, which is based on the use of Python programming system. On the basis of web frameworks Django and Flask, designed hybrid CMS system for site content management, developed its file structure and user interface. A number of new and modified software modules have been built into the software to ensure its effective functioning. It is shown that the new software system provides work with the site server with different from the existing logic and allows more efficient use of its hardware resources. The developed software has been tested for the website of the online store, which is designed on the basis of the methodology proposed by the author. The results of testing show that even in the case of high user traffic significantly reduces the load on the hardware resources of the site server.

The second major problem of electronic Commerce is the problem of ensuring, assessing and forecasting user traffic website and also, Issledovanie effective functioning of the whole site. The analysis shows that this problem is solved in two main ways: 1) the use of web statistics tools located on the site, which make it possible to monitor the main performance indicators of the site during the operation; 2) the use of analytical methods and models that can be used to assess and predict the functioning of the site at the design stage.

Website performance indicators obtained by web statistics tools are statistical estimates of random variables used by management to optimize the structure and process

of site navigation. These data characterize certain aspects of the process of visiting the site by the user, but do not take into account the random nature and dynamics of the process and do not give a complete picture of the traffic and functioning of the commercial site.

Studies have shown that it is equally important to evaluate user traffic and the functioning of a commercial site at the stage of its design. This will give the opportunity to choose the right hardware and software site, make a forecast for the future, to assess the feasibility of investments and investment volumes. The solution to this problem are analytical and statistical models, which are based on the application of the theory of Queuing and Markov processes and investigate the behavior of a discrete system such as “user-Sait”. These models, although taking into account the random nature of traffic and the functioning of the site, but require reliable estimates of a large number of probabilistic indicators and significant computational procedures, which complicates their practical application.

The paper proposes two statistical models to evaluate the user traffic of a commercial site. The models allow quantitative description of traffic dynamics, are free from the shortcomings of existing methods and are convenient for practical use. Approximation of models is carried out for statistical data of the online store designed on the basis of the software developed in the dissertation. Methods of regression, statistical and variance analysis evaluated the parameters of the models, the adequacy and statistical reliability of the models. Practical application of models makes it possible to make a forecast for the future, to assess the feasibility of investing in a commercial site. Models, with a small modification, can also be used to analyze user traffic of non-commercial sites.

The paper also developed a methodology and appropriate information technology for the study of probabilistic and statistical characteristics and traffic structure of the online store in the established mode of operation. It is shown, that in this mode, user traffic is a time series of stationary random process, with normal data distribution law, which contains only a random component and its elements can be considered as random oscillations around a certain average value. The obtained results can be used in further studies to build autoregressive models for predicting the user traffic time series.