

ლოლაშვილი ნინო

კორპორაციული ქსელის ძირითადი პარამეტრების
ოპტიმალური შერჩევის პრინციპის დამუშავება
დასახელებული პარამეტრის მინიმიზაციის ბაზაზე

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
თბილისი, 0175, საქართველო
იანვარი, 2009წ.

საავტორო უფლება, 2009 © ნინო ლოლაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ლოლაშვილი ნინოს მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: “კორპორაციული ქსელის ძირითადი პარამეტრების ოპტიმალური შერჩევის პრინციპის დამუშავება დასახელებული პარამეტრის მინიმიზაციის ბაზაზე” და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი

ხელმძღვანელი: ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი
ალექსანდრე ჩადუნელი

რეცენზენტი: ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
აკადემიკოსი
მინდია სალუქვაძე

რეცენზენტი: ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი
გია სურგულაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2009

ავტორი: ლოლაშვილი ნინო

დასახელება: კორპორაციული ქსელის ძირითადი პარამეტრების
ოპტიმალური შერჩევის პრინციპის დამუშავება

დასახელებული პარამეტრის მინიმიზაციის ბაზაზე

ფაკულტეტი: ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების

აკადემიური ხარისხი: ასპირანტი

სხდომა ჩატარდა:

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემოთ მოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

თანამედროვე საზოგადოებაში, ნებისმიერ სფეროში წარმატებული საქმიანობისათვის, უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება კორპორაციულ ქსელებს. ისინი გამოიყენება, როგორც მცირე, ასევე მსხვილ საწარმოებში, იმისდამიუხედავად თუ რომელ სფეროში მოღვაწეობს კომპანია. კორპორაციული ქსელები საშუალებას იძლევა უფრო ეფექტურად მოხდეს კომპანიის თანამშრომლებს შორის ინფორმაციის ურთიერთგაცვლა, რაც მნიშვნელოვანია სწრაფი და სწორი გადაწყვეტილებების მისაღებად. კორპორაციული ქსელები, ასევე, ხელს უწყობს განხორციელებს საწარმოო პროცესის, გაყიდვებისა თუ მომსახურების ორგანიზებისა და მენეჯმენტის ოპტიმიზაციას, რაც, თავის მხრივ, წარმატებული საქმიანობის საწინდარია.

გამომდინარე ზემოაღნიშნულიდან, ცხადია, უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება თავად კორპორაციული ქსელების ფუნქციონირების ხარისხს, რადგანაც არა ეფექტური ქსელი კომპანიის საქმიანობის ხელის შეწყობის ნაცვლად მისთვის უფრო ზიანის მომტანი იქნება. შესაბამისად, მნიშვნელოვანია კორპორაციული ქსელის ოპტიმალური ვარიანტის დაპროექტება და რეალიზაცია.

ოპტიმალური კორპორაციული ქსელის შემუშავების მიზნით, პირველყოვლისა, საჭიროა ქსელის ფუნქციონირების დამახასიათებელი მაჩვენებლების განსაზღვრა. აღნიშნული მაჩვენებლები შეიძლება კლასიფიცირებულ იქნეს შემდეგ კატეგორიებად: 1. ტექნიკური მაჩვენებლები, რომელთაც განეკუთვნება დროითი, საიმედოობის პარამეტრები, ასევე მასშტაბუნარიანობა, გაფართოება და ა.შ. აღნიშნული მახასიათებლები აღწერს ქსელის ძირითად თვისებებს. 2. ღირებულებითი მაჩვენებლები მოიცავს ქსელის შემუშავების, რეალიზაციისა და ექსპლუატაციის ხარჯებს. ეს პარამეტრები ძალიან მნიშვნელოვანია, გამომდინარე იმ რეალობიდან, რომ ფინანსური რესურსების ოდენობა ყოველთვის შეზღუდულია. 3. ასევე ცალკე კლასად უნდა იქნეს გამოყოფილი ტოპოლოგიური მაჩვენებლები. აქ იგულისხმება ქსელის სტრუქტურის პარამეტრები, კვანძებისა და მათ შორის კავშირების რაოდენობა და ა.შ. 4. როგორც ცნობილია, ქსელში მუდმივად ხდება დიდი ოდენობით საინფორმაციო ნაკადების მოძრაობა. აქედან გამომდინარე, შეიძლება კომპიუტერული ქსელის მახასიათებლები განხილულ იქნას კიდევ ერთი კუთხით, ანუ მასში მიმდინარე ინფორმაციული პროცესების, კერძოდ, მონაცემთა ნაკადების გადაცემის შეფასების მხრივ, რომელთაც განეკუთვნება სტოქასტიური და დეტერმინირებული ნაკადების მახასიათებლები. 5. და ბოლოს, გამომდინარე ქსელის მდგომარეობიდან, შეიძლება განხილულ იქნას ქსელის სტატიკური და დინამიკური მაჩვენებლები.

როგორც ზემოაღნიშნულიდან ჩანს, ქსელის დახასიათება შესაძლებელია დიდი რაოდენობით მაჩვენებლებისა და პარამეტრების საშუალებით. ეს ფაქტორი გარკვეულ სირთულეს ქმნის ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანის დასმისა და გადაჭრის დროს. ეს განპირობებულია იმით, რომ არარეალურია ყველა ამ პარამეტრს

შორის რაოდენობრივი ურთიერთკავშირის დადგენა, რის გარეშეც შეუძლებელია ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანის რეალიზაცია.

ამრიგად, ქსელის ფუნქციონირების დამახასიათებელი პარამეტრების განსაზღვრის შემდეგ დგება აღნიშნულ მაჩვენებლებს შორის ძირითადი მახასიათებლების შერჩევის ეტაპი. ეს პროცესი ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგანაც შერჩეული მაჩვენებლები უნდა ნათლად და მკაფიოდ გამოხატავდნენ ქსელის ფუნქციონირების ხარისხს და ასევე მათ შორის უნდა არსებობდეს რაოდენობრივი ურთიერთ დამოკიდებულება, ანუ, ერთ-ერთი პარამეტრის ცვლილების შემთხვევაში შესაძლებელი უნდა იყოს სხვა პარამეტრების გაუმჯობესება.

შესაბამისად, ქსელის პარამეტრების განსაზღვრისა და კლასიფიკაციის შემდეგ აუცილებელია მათგან ძირითადი მაჩვენებლების შერჩევა და მათ შორის ურთიერთდამოკიდებულების დადგენა. აღნიშნული ურთიერთკავშირები შეიძლება ფორმულირებულ იქნეს შემდეგი სახით: 1. ტოპოლოგია – ღირებულება, 2. ტოპოლოგია – საიმედოობა, 3. ტოპოლოგია – დროითი მახასიათებლები, 4. ღირებულება – დროითი მახასიათებლები, 5. ღირებულება – საიმედოობა.

ამის შემდეგ უნდა განხორციელდეს ოპტიმიზაციის ძირითადი პრინციპების დადგენა, ანუ, მიზნობრივი ფუნქციის, შეზღუდვებისა და კრიტერიუმების შერჩევა. ასევე, აღსანიშნავია, რომ ოპტიმიზაციის ამოცანის დასმისას მნიშვნელოვანია გათვალისწინებულ იქნას შემდეგი პრინციპები: 1. ერთმნიშვნელოვნების პრინციპი, რომელიც მდგომარეობს იმაში, რომ ოპტიმიზაციის ერთი ამოცანის ფარგლებში უნდა განხორციელდეს ერთი და მხოლოდ ერთი მიზნობრივი ფუნქციის ოპტიმიზაცია. 2. თუ ოპტიმიზაციის პროცესში ერთი ფუნქცია p_1 უნდა იქნას მაქსიმიზირებული, ხოლო მეორე p_2 – მინიმიზირებული, მაშინ მიზანშეწონილია ერთ-ერთი მათგანი შეცვლილ იქნას შებრუნებულზე $\theta = 1/p_1$, იმისათვის, რომ ოპტიმიზაციის დროს ვეძებოთ საერთო მაქსიმუმი (მინიმუმი). 3. შესაბამისობის პრინციპი, რომელიც მდგომარეობს ისეთ შერჩევაში, როდესაც მიზნობრივი ფუნქციის ოპტიმიზაცია უზრუნველყოფს საუკეთესო შედეგებს, ანუ იგი მნიშვნელოვნად ახდენს გავლენას საბოლოო შედეგზე. 4. მოდიფიკაციის პრინციპი, რომელიც გულისხმობს, რომ მიზნობრივი ფუნქცია უნდა გამოსახულ იქნას ისეთი ცვლადებით, რომლებიც ექვემდებარება მიზანმიმართულ ზემოქმედებას და ცვლილებას. 5. შესაფერისი ფორმის პრინციპი, რომლის შესაბამისადაც ფუნქციები, რომლებსაც გააჩნია რღვევები, ლოკალური ექსტრემუმები და არაერთმნიშვნელობები არასასურველია მათ ასარჩევად მიზნობრივი ფუნქციების სახით.

ქსელის ტოპოლოგიურ პროექტირებასთან დაკავშირებული ოპტიმიზაციის ამოცანების კლასიფიკაცია შესაძლებელია შემდეგნაირად: 1. ოპტიმალური გამტარუნარიანობის არჩევა. 2. ნაკადის განაწილება. 3. ნაკადების ოპტიმალური განაწილება გამტარუნარიანობების შერჩევასთან ერთად. 4. ქსელის ოპტიმალური ტოპოლოგიის განსაზღვრა.

ყოველივე ზემოაღნიშნულის შემდეგ, ბოლო ეტაპს წარმოადგენს უკვე ოპტიმიზაციის კონკრეტული ამოცანის დასმა და რეალიზაცია.

მოცემული სადისერტაციო ნაშრომის ამოცანა მდგომარეობს კორპორაციული ქსელის პარამეტრების ოპტიმალური შერჩევის პრინციპის დამუშავება დასახელებული პარამეტრის მინიმიზაციის ბაზაზე.

აღნიშნული ამოცანის კონტექსტში, ნაშრომში განხილულია იერარქიული კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის პრობლემა მისი ჯამური ღირებულების მინიმიზაციის ბაზაზე.

იერარქიული სტრუქტურა შერჩეულია კორპორაციული ქსელების სპეციფიკიდან გამომდინარე. ცნობილია, რომ ნებისმიერი ორგანიზაცია, იმისდამოუხედავად, თუ რა ზომისაა იგი და რომელ სფეროში მოღვაწეობს, ილტვის განვითარებისა და გაფართოებისაკენ. აქედან გამომდინარე ცხადია, რომ ორგანიზაციის კორპორაციული ქსელი ასევე უნდა იყოს განვითარებადი და გაფართოებადი, რათა მასში ახალი ტერმინალებისა და მომხმარებლების დამატების აუცილებლობის შემთხვევაში არ იყოს საჭირო ქსელის სტრუქტურის მნიშვნელოვანი ცვლილება ან მისი თავიდან შემუშავება, რაც დამატებით ფინანსურ დანახარჯებთანაა დაკავშირებული. ზემოთ მითითებულ ფაქტორებს ყველაზე მეტად აკმაყოფილებს იერარქიული ტოპოლოგიური სტრუქტურა. იგი საშუალებას იძლევა საჭიროების შემთხვევაში, ქსელში მარტივად იქნეს დამატებული ახალი ტერმინალები და ახალი კავშირები. გარდა ამისა, აღნიშნული სტრუქტურის გამოყენება ასევე მიზანშეწონილია ქსელის საიმედოობის თვალსაზრისით. ეს განპირობებულია იმით, რომ იერარქიული ქსელის რომელიმე ერთი განშტოების მწყობრიდან გამოსვლა არ იწვევს მთელი ქსელის ფუნქციონირების შეწყვეტას.

დღესდღეობით არსებულ რეალობაში, ნებისმიერი ორგანიზაცია მიიღტვის მიიღოს მაქსიმალური შედეგი მინიმალური დანახარჯებით. გამომდინარე აღნიშნული პრაქტიკული აუცილებლობიდან, მინიმიზირებადი მიზნობრივი ფუნქციის სახით ჩემს მიერ შერჩეულ იქნა კორპორაციული ქსელის ჯამური ღირებულება. ეს პარამეტრი მოიცავს ქსელის პროექტირებისა და რეალიზაციისათვის გაწეულ კაპიტალურ დანახარჯებს და ასევე ექსპლუატაციის ხარჯებს.

შეზღუდვის სახით შემოთავაზებულია შეტყობინების მიწოდების საშუალო დრო ან დროული მიწოდების ალბათობა. ორივე პარამეტრი განეკუთვნება დროით მახასიათებლებს და აღწერს ქსელის სწრაფქმედებას.

ზემოთ მოცემული ამოცანის გადაჭრელად სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებულია დეკომპოზიციის გამოყენება, რომელშიც იგულისხმება ოპტიმიზაციის მთლიანი ამოცანის წარმოდგენა მრავალ ეტაპიანი სუბოპტიმიზაციების პროცედურის სახით. აღნიშნული მიდგომის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ იგი საშუალებას იძლევა განხორციელდეს მსხვილმასშტაბიანი კორპორაციული ქსელების ოპტიმიზაცია. როგორც ცნობილია დიდი ზომის ქსელის ოპტიმიზაცია ძალიან რთულ ამოცანას წარმოადგენს, რაც განპირობებულია როგორც მისი ზომების, ასევე მის პარამეტრებს შორის ურთიერთკავშირების დადგენის სირთულით.

შემოთავაზებული დეკომპოზიციის მეთოდი ნიშნავს, რომ ხდება ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანის დაშლა ქვეამოცანებად, რომლებიც შეიძლება ფორმულირებულ იქნას შემდეგნაირად: 1. ქსელის

აღბათობით-დროითი მახასიათებლების შეფასების მოდელი; 2. სტრუქტურული მოდელი; 3. ტექნიკური მომსახურების ეფექტურობის, ანუ საიმედოობის უზრუნველყოფის, შეფასების აღბათობითი მოდელი; 4. ეკონომიკური მოდელი.

აღბათობით-დროითი მახასიათებლების მოდელი გულისხმობს შეტყობინების მიწოდების საშუალო დროისა და დროული მიწოდების აღბათობის მაჩვენებლების შეფასებას. ქსელის სტრუქტურულ მოდელზე აუცილებელია იერარქიის დონეების რაოდენობის, თითოეულ დონეზე შეტყობინებების კომუტაციის ცენტრების რაოდენობის, მათი თანაბარი განთავსების პირობით, სტრუქტურის ტიპისა და ქსელის კავშირუნარიანობის განსაზღვრა. ტექნიკური ექსპლუატაციის მოდელი შეიძლება გამოყენებულ იქნას ორნაირად. თუ ქსელის ტექნიკურ საშუალებებზე შემუშავებულია დოკუმენტაცია, რომელშიც მოცემულია მათი ექსპლუატაციის წესები, რეგლამენტური სამუშაოსა და მიმდინარე და კაპიტალური რემონტის პერიოდულობა, ასევე, მითითებულია ის საშუალებები, რომლებიც აუცილებლად ტექნიკური ექსპლუატაციის და რემონტისათვის, მაშინ მოდელის დანიშნულება მდგომარეობს ტექნიკური ექსპლუატაციის ცენტრების იმ რაოდენობის განსაზღვრაში, რომელიც უზრუნველყოფს ტექნიკური ექსპლუატაციის მაჩვენებლის დადაგენილ მნიშვნელობას. ტექნიკური დოკუმენტაციის არ არსებობის შემთხვევაში, აღნიშნული მოდელის გამოყენება მიზანშეწონილია მომსახურე პერსონალის რაოდენობის განსაზღვრის მიზნით. და ბოლოს ეკონომიკური მოდელის დროს გამოიყენება არხებისა და კვანძების ფაქტიური (ლიმიტური) ან პირობით-გეგმიური ღირებულებები.

ასევე, სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებულია განვითარებადი იერარქიული კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის მოდელი. ქსელის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა ხდება მართვის ზემოქმედებით. შესაბამისად, იერარქიული განვითარებადი ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანა შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც ყოველ ეტაპზე შესაბამისი მართვის შერჩევის ამოცანა, რომელიც ასორციელებს ქსელის მდგომარეობის ეტაპობრივ ცვლილებას. ამიტომ, განვითარებადი ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანად ჩავთვალოთ ისეთი მართვის შერჩევა, რომელიც უზრუნველყოფს მარავალგანზომილებიან ფაზურ სივრცეში და დროში მოძრაობის საუკეთესო ტრაექტორიას

ამრიგად, სადისერტაციო ნაშრომში განხილული ამოცანები: იერარქიული სტრუქტურის მქონე კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის ამოცანა ქსელის ჯამური ღირებულების მინიმიზაციის ბაზაზე; და 2. განვითარებადი იერარქიული კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაცია; ასევე მათი გადაჭრის შემოთავაზებული მეთოდები საშაულებას იძლევა განხორციელებს თანამედროვე როგორც მცირე ასევე მსხვილმასშტაბიანი კორპორაციული ქსელების სტრუქტურის ოპტიმიზაცია მინიმალური ჯამური დანახარჯებით. აღსანიშნავია, რომ ჯამურ დანახარჯებში იგულისხმება არა მხოლოდ ქსელის შემუშავებისა და რეალიზაციის კაპიტალური დაბანდებები, არამედ მისი შემდგომი ექსპლოატაციის ხარჯებიც, რაც მნიშვნელოვანია ნებისმიერი საწარმოს ეფექტური ფუნქციონირებისათვის.

Abstract

In the modern society, for the successful activity in any sphere, there are very important corporation networks. They are used as in small as in big enterprises, no matter in which sphere they work. Corporation networks give possibility to exchange information between the staff of the company more effectively, what is very important for quick a correct decision making. Corporation networks also help to make optimization of production process, organization of sales and services, and management, what is the base of successful activity.

Coming from above mentioned, it is obvious, that it is very important the quality of functioning of the corporation networks, as ineffective network instead of supporting the company will bring to it the damage. So, it is important development and designing of optimal variant of corporation network.

With the goal of development of optimal corporation network, first of all, it is necessary to define the parameters that characterize functioning of the network. These parameters can be classified in the following categories: 1. Technical parameters that include time and reliability parameters, also scalability, expandability and etc. Given parameters characterize the main properties of network. 2. Cost parameters that include expenses for development, realization and exploitation of network. These parameters are very important as in reality the financial resources are always limited. 3. Also as a separate class must be outlined topological parameters. Here are meant the parameters of structure, quantity of nodes, connection between them and etc. 4. As it is known, in the network there occur movements of informational flows in big quantities, so, the parameters of computer networks can be discussed from another angle, in particular from the point of view of estimation of informational flows. Here can be mentioned parameters of stochastic and determinant flows. 5. And, at the end, coming from the state of the networks, there can be considered the static and dynamic parameters of the network.

As it seems from above mentioned the network can be characterized by a lot of parameters. This factor makes certain difficulties while setting and solution of the optimization task. This is caused with that it is un real to define the quantitative connections between all those parameters, without what it is impossible realization of optimization task.

So, after definition of parameters that characterizes functioning of network, there come the phase of chousing of the main characteristics from the mentioned parameters. This process is very important as, chosen parameters must clearly and precisely reflect the quality of functioning of the network. Also there must exist the quantitative relationship between them. This means that in the case of changing of one parameter there must be possibility the make anther parameters better.

Accordingly, after determining and classification of network parameters, it's necessary to choose the main ones and definition of interconnections between them. These interconnections can be formulated as the following: 1. Topology – cost, Topology – reliability, 3. Topology – time parameters, 4. Cost – time parameters, 5. Cost – reliability.

After this must be defined the main principles of optimization, chousing of goal function, limitations and criteria. Also must be mentioned, that for setting of the optimization task there must be considered there following principles: 1. principle of uniqueness that means that in the frame of one optimization task there must be carried out optimization of one and only one goal function. 2. If while optimization process

one function p_1 must be maximized and another p_2 minimized, that it is expedient to change one of the function on the vice versa $\theta = 1/p_1$, to search the common maximum (minimum). 3. Principle of correspondence, that means such choice that the optimization of goal function provides the best result, or it significantly influences on the final result. 4. Principle of modification, which means that goal function, must be expressed by such variables that can be affected by targeted changes. 5. Principle of appropriate form, according to which, functions that have breaks, local extremums and ambiguities, are unwanted from their choice as a goal function.

The optimization tasks connected to the topological designing of networks can be classified as following: 1. choice of an optimal throughput capacity; 2. distribution of a flow; 3. optimal distribution of flows with choice of a throughput capacity; 4. defining of an optimal topology of network.

After of all above mentioned, the last phase is setting and realization of a certain optimization task.

The task of given dissertation work is development of principle of choice of optimal parameters for corporation network on the base of minimization of named parameter.

In the context of this task, in the given work it is considered the problem of optimization of structure for the hierarchical corporation network on the base of minimization of the total cost.

The hierarchical structure is chosen because of the specificity of corporation networks. It is known, that any organization, not looking for its sizes and in what sphere it works, tend to development and expansion. The outcome from this, clearly, that a corporate network of the organization also due to be developing and expanded that in case of need additions of new terminals and consumers, were not necessarily significant change of structure of a network, that is connected with additional financial expenses. The above-stated factors are satisfied most of all by hierarchical topological structure. It enables in case of need to add in a network new terminals and connections. Besides use of the given structure also is expedient from the point of view of reliability of a network. It is caused by that the failure of one of the branches of a hierarchical network does not cause a stop of functioning of all network.

In a reality existing on today any organization to aspire to receive the maximal result by minimal expenses. Proceeding from the given practical necessity, as minimized criterion function I choose total cost of corporation networks. The given parameter includes capital expenses for designing and realization of a network and operational expenses.

As restriction are offered average time of delivery message and probability of duly delivery. Both of parameters concern to time characteristics and reflect speed of a network.

For the decision of the above-stated problem, in dissertation use of decomposition in which it is meant in representation of the general problem of optimization as multy-phase procedures suboptimizations is offered to work. Advantage of the given method is that it enables to carry out optimization of is large-scale corporate networks. As is known, optimization of a network of greater sizes is very difficult problem that is caused both its sizes and complexity of definition of interrelations between its parameters.

The offered method of decomposition means, that is carried out divisions of a problem optimization on time of subtasks which can be formulated as follows: 1. Model of an estimation of probabilistic-time characteristics of a network; 2. Structural

model of a network; 3. Likelihood model of an estimation of efficiency of maintenance service, i.e. maintenance of reliability; 4. Economic model.

The model of likelihood-time parameters means an estimation of corresponding parameters, in our case of average time of delivery of the message and probability of duly delivery of the message. At a stage of structural model definition of quantity of levels of hierarchy, also quantities of the centers комутации messages at each level, type of structure and connectivity of a network is necessary. The model technical эксплуатации can быть is used doubly. If the engineering specifications in which service regulations are certain is developed for means of a network, периодичность and means necessary for repair then purpose of the given model of model is definition of necessary quantity of those-services centers. In case of not existence of the engineering specifications, use of the given model is expedient for definition of quantity of technicians. And the last, for economic model actual (limit) or scheduled costs of channels and nodes are used.

Also in this dissertation work the model of optimization of structure of a developing hierarchical corporate network is considered. Transition of a network from one state in another occurs under influence of management. Hence, a problem of optimization of structure of a developing hierarchical network it is possible to consider as a problem of a choice of corresponding management at each stage which carries out stage-by-stage change state of networks. Therefore the hierarchical corporate network can consider as a problem of optimization of choice of such management which will provide the best trajectory of movement of a network in multivariate space and in time.

Accordingly, proceeding from the above-stated, the problems considered in given dissertation work: 1. Optimization of structure of a hierarchical corporate network on the basis of minimization of total cost of a network; 2. Optimization of structure of a developing hierarchical corporate network; also offered methods for their decision, enable to execute optimization of modern, as small as big-sized corporate networks at the minimal total expenses. It is necessary to note, that in total expenses the subsequent are meant not only capital investments on development and realization of a network, but also and operational expenses, that is very important for effective functioning of any enterprise

შინაარსი

შესავალი..	15
თავი 1. ამოცანის დასმა, პრობლემის განხილვა.	20
1.1. პრობლემის აღწერა.	22
1.2. ამოცანის დასმა და მისი გადაჭრის გზები.	24
თავი 2. კომპიუტერული ქსელის მახასიათებლები.	26
2.1. ტექნიკური მახასიათებლები.	26
2.1.1. დროითი მახასიათებლები.	26
2.1.2. საიმედოობა და უსაფრთხოება.	31
2.1.3. კავშირების მახასიათებლები – კავშირების საერთო რაოდენობა, გაფართოების შესაძლებლობა, მასშტაბუნარიანობა.	44
2.1.4. გამჭვირვალობა.	45
2.1.5. რესურსებთან მიმართვის შესაძლებლობა	46
2.1.6. სხვადასხვა სახის ტრაფიკის უზრუნველყოფა.	46
2.1.7. მართვადობა.	48
2.1.8. შეთავსებადობა	49
2.2. ეკონომიკური მახასიათებლები.	49
2.3. ტოპოლოგიური მახასიათებლები.	51
2.4. სტოქასტიური და დეტერმინირებული ნაკადები.	53
2.4.1. სტოქასტიური ნაკადები.	55
2.4.2. დეტერმინირებული ნაკადები	56
2.5. კომპიუტერული ქსელის სტატიკური და დინამიური მახასიათებლები.	57
2.6. შედეგების შეფასება.	60
თავი 3. კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონირების ეფექტურობის შეფასება, ეფექტურობის კრიტერიუმების განსაზღვრა.	61
3.1. ქსელის ეფექტურობის კრიტერიუმის არჩევის პრინციპი..	62
3.2. კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონირების ხარისხის მახასიათებლები	67
3.3. კომპიუტერული ქსელის ძირითად პარამეტრებს შორის ურთიერთდამოკიდებულების დადგენა და შეფასება	73
3.4. შედეგების შეფასება.	83
თავი 4. კომპიუტერული ქსელის ოპტიმიზაციის ძირითადი პრინციპები.	84
4.1. ოპტიმიზაციის მიზნობრივი ფუნქციები	86
4.2. შეზღუდვები განსაზღვრის პრინციპები	88
4.3. ოპტიმიზაციის ტიპური ამოცანები.	89
4.4. კრიტერიუმები და შეზღუდვები კომპიუტერული ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანებში.	92
4.5. კომპიუტერული ქსელების ოპტიმიზაციის ძირითადი ამოცანები.	95
4.6. კომპიუტერული ქსელების ოპტიმიზაციისა და შეფასების ძირითადი პრაქტიკული ამოცანები.	99
4.7. შედეგების შეფასება.	105
თავი 5. კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის მოდელი.	106
5.1. კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის ამოცანის დასმა	106
5.2. იერარქიული ქსელის ოპტიმიზაციის კერძო მოდელები	111

5.2.1. ოპტიმიზაციის ძირითადი ეტაპების გამოყოფა.	111
5.3. იერარქიული კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაცია	118
5.4. იერარქიული განვითარებადი კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაცია.	120
5.4.1. საერთო დებულებანი	120
5.4.2. ქსელის განვითარების ოპტიმალური ტრაექტორიის ძიების მათემატიკური მოდელი	121
დასკვნა.	123
გამოყენებული ლიტერატურა.	128

ნახაზების ნუსხა

- სურ. 2.1. ხარჯების ცვლილება კომპიუტერული ქსელის სასიცოცხლო ციკლის ძირითადი ეტაპების შესაბამისად
- სურ. 2.2. დატვირთვის ცვლილება დღის განმავლობაში
- სურ. 2.3. დეტერმინირებული ნაკადები Π_1 და Π_2 , მათი განაწილება დროში კავშირის ერთ ხაზში.
- სურ. 3.1. სრულკავშირიანი ტოპოლოგიური სტრუქტურა (ყველა - ყველასთან)
- სურ. 3.2. კომპიუტერული ქსელის ტოპოლოგიურ სტრუქტურაში ელემენტების შეერთების სქემა: ა) პარალელური
ბ) თანმიმდევრული
- სურ. 4.1. წრფივი პროგრამირება და სიპლექს-მეთოდი
- სურ. 4.2 კომპიუტერული ქსელის კავშირის არხების ღირებულებასა და გამტარუნარიანობას შორის ანალიტიკური ურთიერთ დამოკიდებულებების სახეობები: ა – წრფივი; ბ – შეღუნული
- სურ 5.1. იერქრქიული ქსელის ინტერპრეტაცია W პრავალპოლუსიანი სტრუქტურებით

მადლიერება

მადლიერება ჩემს ლექტორებს, პროფ. მელეა თევდორაძეს და
პროფ. ალექსანდრე ჩადუნელს

შესავალი

დღესდღეობით ადამიანების საქმიანობის ნებისმიერი სფერო წარმოდგენილია სხვადასხვა სახის ინფორმაციული სისტემების, მათ შორის, კომპიუტერული ქსელების გამოყენების გარეშე.

კომპიუტერული ქსელი წარმოადგენს კომპიუტერებისა და სხვა გამომთველელი ტექნიკის (ქსელური აპარატურა, პრინტერი, სკანერი და ა.შ.) ერთობლიობას, რომლებიც გაერთიანებულია ქსელური კაბელებითა და ადაპტერებით. ისინი, თავის მხრივ იმართება ქსელური ოპერაციული სისტემის საშუალებით. კომპიუტერული ქსელები იქმნება იმისათვის, რომ რომ მომხმარებელთა გარკვეულმა ჯგუფმა შეძლოს ერთდროულად გამოიყენოს ერთი და იგივე რესურსები: ფაილები, პრინტერები, პროცესორები და ა.შ.

ასევე, შეიძლება მოვიყვანოთ კომპიუტერული ქსელის შემდეგი განმარტება: კომპიუტერული ქსელი წარმოადგენს რთულ, სივრცეში განაწილებულ სისტემას, რომელიც შედგება მრავალი ქვესისტემისაგან (ინფორმაციული კვანძებისაგან). ქვესისტემებს გააჩნია ამა თუ იმ ინფორმაციული პროცესის რეალიზაციის პროგრამული და აპარატურული საშუალებები და ასევე საშუალებები, რომლებიც უზრუნველყოფს ამ ქვესისტემების კავშირსა და ურთიერთქმედებას ტერიტორიულად მოშორებით მდებარე მომხმარებლებისათვის ინფორმაციული სფეროს სხვადასხვა სახის მომსახურების უზრუნველყოფის მიზნით.

დღესდღეობით მსოფლიოში არსებული კომპიუტერების 80%-ზე მეტი გაერთიანებულია სხვადასხვა საინფორმაციო-გამომთველ ქსელებში, დაწყებული ლოკალური ქსელებიდან ოფისებში, დამთავრებული ინტერნეტის ტიპის გლობალური ქსელებით. კომპიუტერების ქსელებში გაერთიანების მსოფლიო ტენდენცია განპირობებულია რამდენიმე მნიშვნელოვანი მიზეზით, რომლებიც გარკვეულ უპირატესობას ანიჭებს აღნიშნული ქსელის მომხმარებლებს. ასეთ მიზეზებად შეიძლება მოვიყვანოთ შეტყობინებების უსწრაფესი გადაცემა ელექტრონული ფოსტის საშუალებით, მომხმარებლებს შორის

ინფორმაციის გაცვლის შესაძლებლობა მარტივად და სწრაფად, ინფორმაციის მიღების საშუალება მსოფლიოს ნებისმიერი წერტილიდან, და ყოველივე ეს ოფისიდან ან სახლიდან გაუსვლელად.

გარდა ამისა, აღსანიშნავია კომპიუტერული ქსლების მნიშვნელობა ეკონომიკასა და ინდუსტრიაში. ნებისმიერი საწარმოს ეფექტური მართვა წარმოდგენელია ინფორმაციული ტექნოლოგიების გარეშე. წარმოების პროცესის ოპტიმიზაცია, საბუღალტრო აღრიცხვის ავტომატიზაცია, მენეჯმენტის გაუმჯობესება, ყოველივე ეს შესაძლებელია კომპიუტერული ტექნოლოგიების, კერძოდ კორპორაციული კომპიუტერული ქსელების გამოყენებით.

გამომდინარე ზემოაღნიშნულიდან, უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება თავად კომპიუტერული ქსელების ფუნქციონირების ეფექტურობასა და მის ოპტიმიზაციას დასმული ამოცანების უკეთესად გადაჭრის მიზნით.

დღესდღეობით ხდება კომპიუტერული ქსლების ტექნოლოგიების სწრაფი განვითარება, როგორც მისი ტექნიკური მახასიათებლების მხრივ ასევე თავად ქსელის ორგანიზების მხრივ. მოხმარებაში შემოდის კავშირის ხაზების, გამომთვლელი ტექნიკის, ქსელური აპარატურის და ა.შ. სულ ახალი საშუალებები, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ქმედითუნარიანობით, საიმედოობითა და ღირებულებით. შესაბამისად დიდი მნიშვნელობა აქვს კომპიუტერული ქსელის შემუშავების პროცესში მაქსიმალურად მისაღები ვარიანტის შერჩევას და მის შემდგომ ოპტიმიზაციას.

კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის ოპტიმიზაციისათვის, პირველ რიგში, უნდა განისაზღვროს თუ რა ამოცანებისათვის და მიზნებისთვის ხდება მისი გამოყენება. ოპტიმიზაციის პროცესში უნდა მოხდეს სხვადასხვა შესაძლო ალტერნატივების შედარება ერთმანეთთან და მათგან უკეთესის რეალიზაცია. იმისათვის, რომ განხორციელდეს ასეთი შედარება უნდა განისაზღვროს, თუ რა იგულისხმება “უკეთეს ვარიანტში” და როგორ უნდა შეფასდეს თითოეული ვარიანტის ხარისხი. სხვა სიტყვებით, უნდა მოხდეს კომპიუტერული ქსელის ეფექტურობის მაჩვენებლების შერჩევა. აღნიშნული მაჩვენებლები უნდა ახასიათებდეს ქსელის ყველა ფუნქციის შესრულების ხარისხს, უნდა ითვალისწინებდეს ფუნქციონირებისათვის საჭირო რესურსების

დანახარჯებს, გააჩნდეს ნათელი და განსაზღვრული აზრი და რაოდენობრივი ხასიათი, მოიცავდეს როგორც ტექნიკურ ასევე საორგანიზაციო საკითხებს.

კომპიუტერული ქსელის ეფექტურობის მაჩვენებლების განსაზღვრის მიზნით ჯერ უნდა მოხდეს ქსელის ყველა პარამეტრის დახასიათება და მათგან ძირითადების შერჩევა.

კომპიუტერული ქსელის მახასიათებლები შეიძლება დაყოფილ იქნას ორ ძირითად ჯგუფად: ტექნიკური მაჩვენებლები და ეკონომიკური მაჩვენებლები.

კომპიუტერული ქსელის ტექნიკურ მახასიათებლებს განეკუთვნება: 1. დროითი მახასიათებლები; 2. საიმედოობა და უსაფრთხოება; 3. კავშირების საერთო რაოდენობა, გაფართოება და მაშტაბუნარიანობა; 4. გამჭვირვალობა; 5. რესურსებთან მიმართვის შესაძლებლობა; 6. სხვადასხვა სახის ტრაფიკის უზრუნველყოფა; 7. მართვადობა; 7. შეთავსებადობა.

ეკონომიკური მახასიათებლებს განეკუთვნება: 1. ფინანსური დანახარჯები კომპიუტერული ქსელის შემუშავებაზე; 2. დანახარჯები ქსელის შექმნაზე; 3. დანახარჯები ქსელის ექსპლოატაციაზე.

აქვე აღსანიშნავია, რომ ქსელის ფუნქციონირების შეფასების პროცესში აუცილებლად უნდა გათვალისწინებულ იქნას მისი კონფიგურაციის თავისებურებანი, რადგანაც ტოპოლოგიური სტრუქტურა დიდ გავლენას ახდენს როგორც ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე, ასევე საექსპლოატაციო მახასიათებლებზე.

ტოპოლოგიურ მახასიათებლებს განეკუთვნება: 1. სირთულე; 2. იერარქიულობა; 3. სტრუქტურის დიამეტრი; 4. კავშირუნარიანობა; 5. სიმკვრივე; 6. ტოპოლოგიის ცვალებადობა; 7. ადაპტაციის უნარი; 8. საიმედოობა; 9. სიცოცხლისუნარიანობა; 10. პარალელურობა; 11. წაზრდის უნარი; 12. ტოპოლოგიური სიჭარბე.

როგორც ცნობილია კომპიუტერულ ქსელში, მის სხვადასხვა კომპონენტებს შორის, ხდება ინფორმაციის გადაცემა. ეს საშუალებას იძლევა კომპიუტერული ქსელის მახასიათებლები განხილულ იქნას კიდევ ერთი კუთხით, ანუ მასში მიმდინარე ინფორმაციული პროცესების, მონაცემთა ნაკადების მოძრაობის შეფასების მხრივ.

კომპიუტერული ნაკადები არსებობს ორი სახის: 1. სტოქასტიური და 2. დეტერმინირებული. [24]

გარდა ამისა, აღსანიშნავია, რომ კომპიუტერული ქსელი, როგორც ნებისმიერი სხვა რთული სისტემა შეიძლება განხილულ იქნას როგორც ცვალებადი სისტემა, რომელშიც შესაძლებელია ახალი ელემენტების დართვა, ასევე არსებული კონფიგურაციის ცვლილება და ა.შ. შესაბამისად ქსელი შეიძლება განხილულ იქნეს ფუნქციონირების ორ რეჟიმში:

1. სტატიკური, როდესაც იგულისხმება, რომ კომპიუტერული ქსელის ტოპოლოგიური კონფიგურაცია, მისი ფიზიკური შემადგენლობა და ნაკადების საშუალო მნიშვნელობები უცვლელია.
2. დინამიური, როდესაც კომპიუტერული ქსელი განიხილება, როგორც ურთიერთ დაკავშირებული მასობრივი მომსახურების სისტემების სიმრავლე.

როგორც ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, კომპიუტერული ქსელი ხასითდება იმით, რომ მას შეიძლება დაემატოს ახალი ობიექტები, შეიძლება შეიცვალოს ტექნიკური საშუალებების კონფიგურაცია, მოხდეს ელემენტებსა და ქვესისტემებს შორის ფუნქციების გადანაცვლება, და ბოლოს, შეიძლება შეიცვალოს გარე ფაქტორები: დატვირთვა, ტრაფიკი და ა.შ. ყოველი მახასიათებლის მნიშვნელობის შეცვლა იწვევს სხვა პარამეტრების ცვლილებას. ყოველივე ეს შესაბამის გავლენას ახდენს ქსელის ფუნქციონირების ხარისხზე. ცხადია, შესაძლებელია მოხდეს კომპიუტერული ქსელის ზოგიერთი მახასიათებლის ცვლილების დაახლოებითი პროგნოზირება სხვა პარამეტრების ცვლილების შემთხვევაში, მაგრამ იმისათვის რომ ეს ცვლილებები განსაზღვრულ იქნას უფრო ზუსტად და მოხდეს მათი რაოდენობრივი შეფასება, უპირველეს ყოვლისა საჭიროა კომპიუტერული ქსელის პარამეტრებს შორის ძირითადების შერჩევა და შემდეგ მათ ურთიერთ კავშირისა და ურთიერთ დამოკიდებულების დადგენა. ეს, თავის მხრივ, მოგვცემს ქსელის შემოდგომი ოპტიმიზაციის განხორციელების საშუალებას დასახელებული პარამეტრის მინიმიზაციის ბაზაზე. ქსელის პარამეტრებს შორის ძირითადების

შერჩევა იმიტომ არის აუცილებელი, რომ პრაქტიკაში ფაქტიურად შეუძლებელია ქსელის ყველა არსებულ პარამეტრს შორის ურთიერთკავშირის დადგენა. გარდა ამისა მნიშვნელოვანია ისიც, რომ შერჩეული პარამეტრები მოიცავდნენ ქსელის ეფექტური ფუნქციონირების ყველა ასპექტს და ასევე ეს პარამეტრები გავლენას უნდა ახდენდნენ ერთმანეთზე. ანუ მათ შორის უნდა არსებობდეს რეალური რაოდენობრივი კავშირი. წინააღმდეგ შემთხვევაში ქსელის ოპტიმიზაციის განხორციელება შეუძლებელია. საერთო შემთხვევაში ასეთ პარამეტრებს წარმოადგენს: 1. ტოპოლოგია, 2. ღირებულება, 3. საიმედოობა და 4. დროითი მახასიათებლები. თუმცა აღსანიშნავია, რომ თითოეული ზემოთ ჩამოთვლილი პარამეტრი წარმოადგენს მანევრებლების გარკვეულ კლასს და მოიცავს სხვადასხვა მახასიათებლების ერთობლიობას.

ძირითადი პარამეტრების შერჩევის შემდეგ, როგორც უკვე ავლნიშნეთ აუცილებელია მათ შორის ურთიერთკავშირების დადგენა. შესაბამისად უნდა განხილულ იქნას შემდეგი ურთიერთდამოკიდებულებები: 1. ტოპოლოგია – ღირებულება, 2. ტოპოლოგია – საიმედოობა, 3. ტოპოლოგია – დროითი მახასიათებლები, 4. ღირებულება – დროითი მახასიათებლები, 5. ღირებულება – საიმედოობა.

მხოლოდ ამის შემდეგა ხდება თავად ოპტიმიზაციის ამოცანის დასმა. ამისათვის უნდა განისაზღვროს ოპტიმიზაციის მიზნობრივი ფუნქციის, კრიტერიუმებისა და შეზღუდვების ძირითადი პრინციპები, რაც გარკვეულ წილად ქსელის ოპტიმიზაციის მიზანზეა დამოკიდებული.

წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომის ამოცანას წარმოადგენს სწორედ კორპორაციული ქსელის პარამეტრების ოპტიმალური შერჩევის პრინციპის დამუშავება დასახელებული პარამეტრის მინიმიზაციის ბაზაზე. აღნიშნული ამოცანა მოიცავს კომპიუტერული ქსელის მახასიათებლების განსაზღვრას, მათგან იმ ძირითადი მანევრებლების შერჩევას, რომლებიც წარმოადგეს ქსელის ფუნქციონირების ეფექტურობის კრიტერიუმებს. შემდგომ, მათ შორის ურთიერთდამოკიდებულების დადგენასა და შესაბამისად, ქსელის ოპტიმიზაციას შერჩეული პარამეტრებიდან ერთ-ერთის მინიმიზაციის ბაზაზე.

თავი 1. ამოცანის დასმა, პრობლემის განხილვა

თანამედროვე საზოგადოებაში მონაცემთა ერთობლივი დამუშავების მოთხოვნის მკვეთრი ზრდის პირობებში უფრო და უფრო დიდ მნიშვნელობას იძენს სავადასხვა ორგანიზაციების დიდი კოლექტივების ეფექტური ურთიერთქმედებისა და მონაცემთა ურთიერთგაცვლის უზრუნველყოფის ამოცანა. ამ ამოცანის რეალიზაცია შესაძლებელია კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის საშუალებით.

კომპიუტერული ქსელის შექმნა თავისთავად დაკავშირებულია როგორც ფინანსური ასევე სხვა სახის რესურსების დიდ დანახარჯებთან. შესაბამისად დიდი მნიშვნელობა აქვს ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში ქსელის შესაქმნელად აუცილებელი ტექნიკური გადაწყვეტილებების დასაბუთებას. გარდა ამისა აუცილებელია კომპიუტერული ქსელისა და მისი კომპონენტების ანალიზისა და სინთეზის ფართო წრის ამოცანების გადაჭრა. აღნიშნული სახის ამოცანების გადაჭრა უმეტეს წილად ხდება მოდელირების გამოყენების საშუალებით. მოდელირების ერთ-ერთი გაგრძელებული და ფართოდ გამოყენებადი სახეა მათემატიკური მოდელირება. აღსანიშნავია, რომ რაიმე გამოთვლების წარმოება და შედეგების შეფასება შესაძლებელია მხოლოდ უკვე არსებული ქსელის ან მისი ანალოგის არსებობის შემთხვევაში, თუმცა პრაქტიკაში ხშირად ადგილი აქვს აბსოლიტურად ახალი კომპიუტერული ქსელის შექმნას. ამ დროს მოდელირება დასმული ამოცანის გადაჭრის ერთადერთი საშუალებაა. სწორედ ამიტომ პრაქტიკაში ძალიან აქტუალურია კომპიუტერული ქსელის მოდელირების პრობლემა და მისი ფუნქციონირების შეფასება. გარდა ამისა განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება და ქსელის პროექტირებისა და ექსპლუატაციის სხვადასხვა ეტაპებზე ოპტიმალური გადაწყვეტილებების ძიებას. [21]

აღსანიშნავია კორპორაციული კომპიუტერული ქსელების პროექტირებისა და ექსპლუატაციის რამდენიმე მნიშვნელოვანი ასპექტი:

1. ყოველ კონკრეტულ კორპორაციულ კომპიუტერულ ქსელს გააჩნია თავისი დანიშნულება და მისთვის განსაზღვრულია

ამოცანათა გარკვეული კატეგორია, რომელიც უნდა იქნას გადაჭრილი.

2. კორპორაციული ქსელის პროექტირების დროს მისი ტექნიკური გადაწყვეტა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული როგორც მის დანიშნულებაზე, ასევე არსებულ რესურსებზე.
3. პრაქტიკაში, როგორც წესი, კომპიუტერული ქსელის შესაქმნელად არსებული რესურსები არის შეზღუდული, შესაბამისად უდიდესი მნიშვნელობა აქვს კორპორაციული ქსელის ოპტიმალური ვარიანტის შემუშავებას.
4. კორპორაციული ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებულია მის დანიშნულებაზე და იმ პრიორიტეტებზე რომლებიც გააჩნია აღნიშნული ქსელის ფუნქციონირებას. [2]

გამომდინარე ზემოაღნიშნულიდან ცხადია, რომ კორპორაციული კომპიუტერული ქსელების ოპტიმიზაცია შეუძლებელია განხორციელდეს მარტივად. ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში აუცილებელია კომპიუტერული ქსელის ძირითადი მაჩვენებლების განსაზღვრა. შემდგომ კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონირების მიმართ ძირითადი მოთხოვნების დადგენა, რაც ქსელის შექმნის დანიშნულებაზეა დამოკიდებული. მხოლოდ ამის შემდეგაა შესაძლებელი ოპტიმიზაციის ამოცანის დასმა და მისი გადაჭრის გზების ძიება. ყოველივე ეს დამოკიდებულია კორპორაციული ქსელის ფუნქციონირების პარამეტრების ანალიზსა და შეფასებაზე. [1]

წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომის ამოცანაა კორპორაციული ქსელის ძირითადი პარამეტრების ოპტიმალური შერჩევის პრინციპის დამუშავება დასახელებული პარამეტრის მინიმიზაციის ბაზაზე. აღნიშნული ამოცანის გადაწყვეტა საშუალებას მოგვცემს შემუშავებულ იქნას გარკვეული ალგორითმი სხვადასხვა სახის კორპორაციული ქსელების ფუნქციონირების ოპტიმიზაციის განსახორციელებლად. დისერტაციის ძირითადი მიზანია ოპტიმიზაციის არა რომელიმე კონკრეტული ამოცანის გადაჭრა, არამედ მეთოდოლოგიის ანუ გარკვეული საერთო პრინციპების შემუშავება, რომელიც საშუალებას მისცემს ქსელის დამპროექტებლებს გადაჭრან სხვადასხვა სახის

ამოცანები დაკავშირებული თანამედროვე კორპორაციული კომპიუტერული ქსელების ოპტიმალური ტექნიკურ და ღირებულებით რეალიზაციასთან. [3]

1.1. პრობლემის აღწერა

როგორც უკვე აღვნიშნეთ ზემოთ მოცემული სადისერტაციო ნაშრომის ამოცანაა კორპორაციული ქსელის ძირითადი პარამეტრების ოპტიმალური შერჩევის პრინციპის დამუშავება დასახელებული პარამეტრის მინიმიზაციის ბაზაზე. აღნიშნული საკითხი წარმოიშვა იმ გარემოებიდან, რომ, როგორც ცნობილია ნებისმიერი კომპიუტერული ქსელი ხასიათდება სირთულის მაღალი ხარისხით. ასევე მას გააჩნია მთელი რიგი პარამეტრები და მაჩვენებლები, რომელთა რაოდენობაც საკმაოდ დიდია. სირთულეს წარმოადგენს ასევე ამ მაჩვენებლებს შორის ურთიერთკავშირის დადგენა, ხოლო უმეტეს შემთხვევაში ეს საერთოდ შეუძლებელია, რადგანაც ერთი მაჩვენებლის მნიშვნელობა დამოკიდებულია ძალიან ბევრ ფაქტორზე. გამომდინარე აღნიშნულიდან, ცხადია, რომ არარეალურია ოპტიმიზაციის ამოცანის ფორმულირება ყველა ამ პარამეტრის გათვალისწინებით. ასევე ხაზგასასმელია ის მომენტიც, რომ ნებისმიერი ტექნიკური გადაჭრა მოითხოვს გარკვეულ ფინანსურ რესურსებსაც რომელთა ოდენობაზეც არის დამოკიდებული სხვადასხვა ვარიანტებიდან რომელიმე ერთის შერჩევა. [4]

შესამაბისად პრაქტიკაში უდიდეს მნიშვნელობას იძენს კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონირების ხარისხის შეფასების პარამეტრების განსაზღვრის ამოცანა მისი შემდგომი ოპტიმიზაციის მიზნით.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ ყოველი კონკრეტული კორპორაციული კომპიუტერული ქსელი იქმნება გარკვეული დანიშნულებით, რაც მნიშვნელოვნად განაპირობებს მისი ფუნქციონირების ხარისხის შეფასების პრინციპების შერჩევასა და შესაბამისად ძირითადი პარამეტრების შერჩევას.

დანიშნულების მიხედვით კორპორაციული ქსელები შეიძლება დაყოფილ იქნას შემდეგ კატეგორიებად:

1. საინფორმაციო კომპიუტერული ქსელი – რომლის მიზანს წარმოადგენს დიდი ოდენობით ინფორმაციის მიღება, შენახვა და მომხმარებლებზე გაცემა მათი მოთხოვნების შესაბამისად.
2. გამომთვლელი – რაც გულისხმობს იმას, რომ კომპიუტერული ქსელი განკუთვნილია მსხვილი, სპეციალიზირებული ამოცანების გადასაჭრელად.
3. საინფორმაციო-გამომთვლელი – რომლის მიზანია როგორც დიდი ოდენობით ინფორმაციის შენახვა, ასევე სხვადასხვა სპეციალიზირებული ამოცანების გადაჭრა.

როგორც წესი, სპეციალიზირებული ამოცანების გადაჭრაში იგულისხმება ის, რომ კორპორაციული კომპიუტერული ქსელი განკუთვნილია სამუშაოთა მკაფიოდ შეზღუდული არეალის შესასრულებლად, ანუ განსაზღვრული კლასის ამოცანათა გადასაჭრელად და გააჩნია გარკვეული მიზნები. ამ დროს ქსელის ფუნქციონირების შეფასება ხდება ეფექტურობის მაჩვენებლების საშუალებით, ანუ იმ მახასიათებლების საშუალებით რომლებიც ყველაზე უფრო კარგად გამოხატავენ ქსელის ფუნქციონირების შედეგების შესაბამისობას მისთვის განკუთვნილ ამოცანებთან მიმართებაში. [2]

ეფექტურობის მაჩვენებელი უნდა ითვალისწინებდეს ქსელის ყველა მნიშვნელოვან შესაძლებლობასა და თვისებას, მისი ფუნქციონირების პირობებს, და შესაბამისად უნდა დამოკიდებული იყოს ქსელის ინფორმაციული ნაკადებისა და სტრუქტურის მაჩვენებლებზე, შესარულებადი ამოცანების სპეციფიკასა და გარე პირობების ზეგავლენის დამახასიათებელ ფაქტორებზე. [6]

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე ეფექტურობის მაჩვენებელი საერთო შემთხვევაში შეიძლება გამოსახულ იქნას შემდეგი სახის დამოკიდებულების სახით:

$$F = F(A, M, S, V)$$

სადაც:

A – არის საიმედოობის პარამეტრების სიმრავლე

M – არის დროითი პარამეტრების სიმრავლე

S – არის ტოპოლოგიური პარამეტრების სიმრავლე

V – არის ღირებულებითი პარამეტრების სიმრავლე ისეთი რთული სისტემების ეფექტურობის მაჩვენებლების შერჩევას, როგორცაა კორპორაციული კომპიუტერული ქსელი, რომელიც მუშაობს შემთხვევითი ფაქტორების ზეგავლენის პირობებში მიზანშეწონილია შესაბამისი ფუნქციონალების საშუალო მაჩვენებლების ან შემთხვევითი მოვლენების ალბათობების გამოყენება.

გარდა ამისა პრაქტიკაში ძალიან რთულია ქსელის ეფექტურობის მაჩვენებლის განსზღვრა, რადგანაც ქსელის ფუნქციონირებაზე ზემოქმედი მაჩვენებლების დიდი სიმრავლიდან ძირითადების შერჩევა საკმაოდ რთულ პროცესს წარმოადგენს. [6]

12. ამოცანის დასმა და მისი გადაჭრის გზები

წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომის ამოცანას სწორედ ზემოთ განხილული პრობლემის გადაწყვეტა, კერძოდ კორპორაციული ქსელის ოპტიმიზაციის დროს პარამეტრების ოპტიმალური შერჩევის პრინციპის დამუშავება წარმოადგენს. ამოცანის პირობაა ოპტიმიზაციის განხორციელება ერთ-ერთი პარამეტრის მინიმიზაციის ბაზაზე.

დასმული ამოცანის გადაჭრა შეიძლება შემდეგ რამდენიმე ეტაპად იქნას დაყოფილი:

I ეტაპი - უპირველეს ყოვლისა აუცილებელია კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის მაჩვენებლებისა და მახასიათებლების ანალიზი. კომპიუტერული ქსელის პარამეტრები უნდა განხილულ იქნას ყველა შესაძლო მხივ:

1. ტექნიკური პარამეტრები
2. ღირებულებითი პარამეტრები
3. ტოპოლოგიური პარამეტრები
4. ინფორმაციული ნაკადების პარამეტრები
5. სტატიკური და დინამიკური პარამეტრები

II ეტაპი – აუცილებელია I ეტაპზე მიღებულ პარამეტრებს შორის იმ ძირითადების შერჩევა რომლებიც ზოგად შემთხვევაში გავლენას ახდენს მთლიანად კორპორაციული ქსელის ფუნქციონირების ხარისხზე. მნიშვნელოვანია ამ პარამეტრებს შორის კავშირების

დადგენა, რადგანაც ოპტიმიზაცია შეუძლებელია ისეთი პარამეტრების გათვალისწინებით, რომელთა ცვლილება სხვა პარამეტრების მნიშვნელობაზე გავლენას არ ახდენს (ან ახდენს უმნიშვნელო გავლენას).

III ეტაპი –საჭიროა კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის ოპტიმიზაციის ძირითადი პრინციპების ანალიზი. ასევე ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებისა და შეზღუდვების განსაზღვრა ქსელის დანიშნულების, ანუ მის მიმართ არსებული მოთხოვნების შესაბამისად.

IV ეტაპი – ეს არის უკანასკნელი ეტაპი და იგი წინა ეტაპებზე განსაზღვრულ ძირითადი პარამეტრებიდან მათი ოპტიმალური შერჩევის პრინციპის შემუშავებას. ასევე მნიშვნელოვანია ისიც რომ უნდა შერჩეულ იქნას ის პარამეტრები რომელთა მინიმიზაციაც მიზანშეწონილია ქსელის ოპტიმიზაციის დროს. უნდა დადგინდეს თუ რა პარამეტრების ოპტიმიზაციაა შესაძლებელი დასახელებული მაჩვენებლის მინიმიზაციის ბაზაზე და აკმაყოფილებს თუ არა ეს ქსელის ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებსა და შეზღუდვებს. უნდა შემუშავდეს კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის პარამეტრების ოპტიმალური შერჩევის პრინციპის ალგორითმი დასახელებული პარამეტრის მინიმიზაციის ბაზაზე. [8]

თითოეული ეტაპი დეტალურად არის განხილული მოცემული სადისერტაციო ნაშრომის შემდეგ თავებში.

თავი 2. კომპიუტერული ქსელის მახასიათებლები

როგორც უკვე აღნიშნეთ ზემოთ, კომპიუტერული ქსელი ხასიათდება მთელი რიგი მახვენებლებითა და მახასიათებლებით. მათი დაჯგუფება შესაძლებელია სხვადასხვა ნიშნით, თუმცა, უმეტეს წილად, მათი დაყოფა ხდება შემდეგ 2 ძირითად ჯგუფად: [62]

1. ტექნიკური მახასიათებლები
 2. ეკონომიკური მახასიათებლები
- განვიხილოთ თითოეული ჯგუფი უფრო დაწვრილებით:

2.1. ტექნიკური მახასიათებლები:

კომპიუტერული ქსელის ტექნიკური მახასიათებლები მოიცავს მთელ რიგ მახვენებლებს, რომელთა დახმარებითაც შესაძლებელია კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონირების ხარისხის განსაზღვრა. ეს მახვენებლებია:

1. დროითი მახასიათებლები;
2. საიმედოობა და უსაფრთხოება;
3. კავშირების საერთო რაოდენობა, გაფართოება და მასშტაბუნარიანობა;
4. გამჭვირვალობა;
5. რესურსებთან მიმართვის შესაძლებლობა;
6. სხვადასხვა სახის ტრაფიკის უზრუნველყოფა;
7. მართვადობა;
8. შეთავსებადობა;

2.1.1. დროითი მახასიათებლები:

დროითი მახვენებლები გვიჩვენებენ, თუ რამდენად სწრაფად ხდება მომხმარებლების მომსახურება. მათ რიცხვს განეკუთვნება:

1. მიწოდების საშუალო დრო

2. რეაქციის დრო (მომსახურების დრო)

3. დაყოვნება

4. გამტარუნარიანობა

მიწოდების საშუალო დრო – დამოკიდებულია კომპიუტერული ქსელის ზომებზე, მომხმარებელთა დაშორებაზე, ქსელის დატვირთვაზე და მრავალ სხვა ფაქტორსა და მიზეზზე.

რეაქციის დრო (მომსახურების დრო) – სწორედ ეს მაჩვენებელი აქვს ნებისმიერ მომხმარებელს მხედველობაში, როდესაც იგი ამბობს, რომ “ქსელი მუშაობს ნელა”. ზოგადად, რეაქციის დრო განისაზღვრება, როგორც დროითი ინტერვალი ქსელის რომელიმე სამსახურის მიმართ მომხმარებლის მოთხოვნის წარმოქმნასა და ამ მოთხოვნაზე პასუხის მიღებას შორის. ცხადია, რომ ამ მახასიათებლის მნიშვნელობა დამოკიდებულია იმ სამსახურის ტიპზე, რომელსაც მიმართავს მომხმარებელი; იმაზე, თუ რომელი მომხმარებელი რომელ სერვერს მიმართავს; ასევე, ქსელის ელემენტების მიმდინარე მდგომარეობაზე, მათ შორის შეიძლება ჩამოვთვალოთ სეგმენტების, კომუტატორებისა და მარშრუტიზატორების დატვირთვა, რომელთა გავლითაც მოძრაობს ქსელში მოთხოვნა, სერვერის დატვირთვაზე და ა.შ. ყოველივე აქედან გამომდინარე, აზრი აქვს კომპიუტერული ქსელის რეაქციის დროის საშუალო მაჩვენებლის შეფასებას, როდესაც ხდება ამ მახასიათებლის გასაშუალოება მომხმარებლების, სერვერებისა და დღის მონაკვეთის (რომელზეც ბევრად არის დამოკიდებული ქსელის დატვირთვა) მიხედვით. [9]

კომპიუტერული ქსელის რეაქციის დრო ჩვეულებრივ შედგება რამდენიმე შემადგენლისაგან. მათ განეკუთვნება:

- მოთხოვნის ფორმირების დრო კლიენტის კომპიუტერზე;

- მოთხოვნის გადაცემის დრო კლიენტსა და სერვერს შორის ქსელის სეგმენტებისა და შუალედური საკომუნიკაციო მოწყობილობების გავლით;

- სერვერისგან მიღებული პასუხების დამუშავების დრო კლიენტის კომპიუტერზე.

ნათელია, რომ მომხმარებლისათვის არანაირ ინტერესს არ წარმოადგენს რეაქციის დროის დანაწილება შემადგენელ ნაწილებად,

მაგრამ ქსელის სპეციალისტებისათვის ძალიან მნიშვნელოვანია გამოიყოს რეაქციის მთლიანი დროიდან მისი შემადგენელი კომპონენტები, რომლებიც შეესაბამება მონაცემთა ქსელური დამუშავების ეტაპებს. [25]

რეაქციის დროის ქსელური შემადგენლების ცოდნა იძლევა საშუალებას შეფასდეს ქსელის ცალკეული ელემენტების წარმადობა, გამოვლენილ იქნას “ვიწრო” ადგილები და აუცილებლობის შემთხვევაში განხორციელდეს ქსელის ოპტიმიზაცია მისი მთლიანი მწარმოებლურობის გაზრდის მიზნით. [62]

დაყოვნება – კომპიუტერულ ქსელში წარმოადგენს შეყოვნებების ჯამს ქსელის ყველა ხაზზე, რომლებსაც გაივლის პაკეტი. თითოეული დაყოვნება ხაზზე, თავის მხრივ, შედგება 4 კომპონენტისაგან:

- დაყოვნება დამუშავებაზე – დაყოვნება პაკეტის საწყის კვანძში ფორმირების მომენტსა და იმ მომენტს შორის, როდესაც იგი დაყენებულ იქნა რიგში ხაზზე გადასაცემად;
- დაყოვნება რიგში – დაყოვნება პაკეტის ხაზზე გადაცემის მიზნით რიგში ჩაყენების მომენტიდან იმ მომენტამდე, როდესაც იწყება მისი გადაცემა;
- დაყოვნება გადაცემაზე – დაყოვნება იმ მომენტებს შორის, როდესაც ხდება პაკეტის პირველი და უკანასკნელი ბიტების გადაცემა;
- გავრცელების დრო – დროის მონაკვეთი იმ მომენტს, როდესაც უკანასკნელი ბიტი გადაიდა ხაზის საწყის კვანძში და იმ მომენტს შორის, როდესაც იგი მიღებულ იქნა იგივე ხაზის საბოლოო კვანძში. ეს დაყოვნება პირდაპირ პროპორციულია გადამცემსა და მიმღებს შორის ფიზიკური სიგრძის და ჩვეულებრივ, მცირეა, გარდა კავშირის სატელიტური ხაზის შემთხვევისა.

გამტარუნარიანობა – ასახავს მონაცემთა იმ მოცულობას, რომელიც გადაიცემა ქსელის ან მისი რომელიმე ნაწილის მიერ დროის ერთეულში. გამტარუნარიანობა არ არის სამომხმარებლო მახასიათებელი, რადგანაც იგი მიუთითებს ქსელის შიდა ოპერაციების, კერძოდ, სხვადასხვა საკომუნიკაციო მოწყობილობების გავლით ქსელის

პაკეტების გადაცემის, შესრულების სინქარეზე. სამაგიეროდ, იგი უშუალოდ ახასიათებს ქსელის ძირითადი ფუნქციის – მონაცემთა გადაცემის – შესრულების ხარისხს, ამიტომაც იგი უფრო ხშირად გამოიყენება ქსელის მწარმოებლურობის შესაფასებლად ვიდრე რეაქციის დრო.

გამტარუნარიანობა იზომება ან ბიტი/წმ-ში ან პაკეტი/წმ-ში. იგი შეიძლება იყოს მომენტალური, მაქსიმალური ან საშუალო.

- საშუალო გამტარუნარიანობა – გამოითვლება გადაცემული მონაცემების მთელი მოცულობის შეფარდებით მათი გადაცემის დროსთან. ამასთან, აღებულია როგორც წესი, საკმაოდ დიდი მონაკვეთი – 1 სთ, დღე ან კვირა.
- მომენტალური გამტარუნარიანობა განსხვავდება საშუალო გამტარუნარიანობისგან იმით, რომ ამ შემთხვევაში ირჩევა დროის ძალიან პატარა მონაკვეთი 10მწმ ან 1წმ.
- მაქსიმალური გამტარუნარიანობა – ეს არის დაკვირვების პერიოდში დაფიქსირებული მაქსიმალური მომენტალური გამტარუნარიანობა. [9]

ყველაზე ხშირად ქსელის პროექტირების, აწყობისა და ოპტიმიზაციის დროს გამოიყენება ისეთი მახასიათებლები, როგორიცაა საშუალო და მაქსიმალური გამტარუნარიანობები. ცალკეული ელემენტის ან მთელი ქსელის საშუალო გამტარუნარიანობა საშაულებას იძლევა შეფასდეს ქსელის მუშაობა დროის დიდ მონაკვეთზე, რომლის განმავლობაშიც, ტრაფიკის ინტენსიურობის პიკები და ვარდნები ერთმანეთს აკომპენსირებს. მაქსიმალური გამტარუნარიანობა საშუალებას იძლევა შეფასდეს ქსელის შესაძლებლობა მოერიოს პიკურ დატვირთვებს, რაც ახასიათებს ქსელის მუშაობის განსაკუთრებულ პერიოდებს, მაგალითად, დილის საათებში, როდესაც საწარმოს ბევრი თანამშრომელი თითქმის ერთდროულად ახორციელებს რეგისტრაციას და მიმართავს სხვადასხვა ფაილებსა და მონაცემთა ბაზებს.

გამტარუნარიანობა შეიძლება გაიზომოს ქსელის ნებისმიერ ორ კვანძს ან ნებისმიერ წერტილებს შორის, მაგალითად, სერვერსა და კლიენტის კომპიუტერს შორის, მარშრუტიზატორის შემავალ და

გამავალ პორტებს შორის. კომპიუტერული ქსელის ანალიზისა და აწყოების დროს ძალიან სასარგებლოა ქსელის ცალკეული ელემენტის გამტარუნარიანობების ცოდნას. მნიშვნელოვანია იმის აღნიშვნა, რომ ქსელის სხვადასხვა ელემენტების გავლით პაკეტის გადაცემის თანმიმდევრული ხასიათის გამო, გასავლელი მარშრუტის საერთო გამტარუნარიანობა იქნება მარშრუტის შემადგენელი ელემენტების გამტარუნარიანობებიდან მინიმალურის ტოლი. ამ გზის გამტარუნარიანობის ასამაღლებლად აუცილებელია ყურადღება მიექციოს ყველაზე ნელ ელემენტებს. აღსანიშნავია, რომ თუ გადასაცემ ტრაფიკს ექნება საშუალო ინტენსიურობა, რომელიც მაღალია მარშრუტის ყველაზე ნელი ელემენტის საშუალო გამტარუნარიანობაზე, მაშინ ამ ელემენტთან პაკეტების რიგი გაიზრდება თეორიულად უსასრულოდ, პრაქტიკულად კი – მანამდე, სანამ არ გადაივსება მისი ბუფერული მესიერება, ხოლო შემდეგ პაკეტები უბრალოდ იქნება უკუგდებული და დაიკარგება. ზოგჯერ უკეთესია კომპიუტერული ქსელის საერთო გამტარუნარიანობით ოპერირება, რომელიც განისაზღვრება, როგორც ინფორმაციის საშუალო რაოდენობა, გადაცემული ქსელის ორ კვანძს შორის დროის ერთეულში. ეს მანევრებელი ახასიათებს ქსელის ფუნქციონირების ხარისხს მთლიანობაში, არ ახდენს რა მის დიფერენცირებას ცალკეულ ელემენტებსა და მოწყობილობებზე. [59] [12]

ჩვეულებრივ, კომპიუტერული ქსელის რომელიმე სეგმენტის ან მოწყობილობის გამტარუნარიანობის განსაზღვრისას, გადაცემულ ინფორმაციაში არ ხდება კონკრეტული მომხმარებლისა თუ კომპიუტერის პაკეტების გამოყოფა, ითვლება გადაცემული ინფორმაციის მთლიანი მოცულობა. მიუხედავად ამისა, ქსელის ფუნქციონირების ხარისხის უფრო ზუსტი შეფასებისათვის ასეთი დეტალიზაცია სასურველია.

ასევე, აღსანიშნავია, რომ ზოგჯერ გამოიყენება თეორიული ანუ შენონის გამტარუნარიანობა და საექსპლოატაციო გამტარუნარიანობა.

თეორიული გამტარუნარიანობა განისაზღვრება როგორც მონაცემთა გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარე. [11]

საექსპლოატაციო გამტარუნარიანობა გამოითვლება შემდეგი გამოსახულებით:

$$C_j = k_j k_{jg} C \quad (2.1)$$

სადაც:

k_j - არის საექსპლოატაციო ეფექტურობის კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება როგორც კომპიუტერული ქსელის სასარგებლო გამოყენების დროის შეფარდება სრულ დროსთან.

k_{jg} - ქსელის გამოყენების ეფექტურობის კოეფიციენტი.

C - თეორიული ანუ შენონის გამტარუნარიანობა.

საექსპლოატაციო გამტარუნარიანობა, როგორც წესი, იზომება ბიტი/წმ-ში.

ელემენტების თანმიმდევრობით შეერთების შემთხვევაში მთელი ქსელის საექსპლოატაციო გამტარუნარიანობა ტოლია ქსელის ელემენტების გამტარუნარიანობებიდან მინიმალურისა:

$$C_{sij} = \min C_j, \quad S = \overline{1, n} \quad (2.2)$$

პარალელური შეერთების შემთხვევაში საექსპლოატაციო გამტარუნარიანობები ჯამდება:

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^S C_{si}, \quad i = \overline{1, S} \quad (2.3)$$

2.1.2. საიმედოობა და უსაფრთხოება

რეალურ მასშტაბში მუშაობისათვის საჭიროა, რომ დროის მოცემულ მომენტებში მართვის ობიექტზე მოდიოდეს ინფორმაცია და რომ ეს ინფორმაცია იყოს სწორი. ამ ორი მოთხოვნის დაკმაყოფილების შემთხვევაში ქსელი ფუნქციონირებს სწორედ. მათგან ერთ-ერთის (მოცემულ მომენტში ვერ ვიღებთ ინფორმაციას ან მიღებული ინფორმაცია არ არის სწორი) შეუსრულებლობა ქსელის ქმედითუნარიანობის დაკარგვას ნიშნავს. [30]

ქმედითუნარიანობის დაკარგვის მიზეზი შეიძლება იყოს შეცდომა პროგრამაში ან აპარატურის მტყუნება. პროგრამაში შეცდომის გამოვლენა და შესაბამისად მისი გამოსწორება მეტწილად ხდება

პროგრამული კომპლექსის გამართვის პროცესში. მტყუნება შეიძლება წარმოიშვას აპარატურის ექსპლოატაციის პროცესში. ამიტომ კომპიუტერულ ქსელში უნდა გათვალისწინებულ იქნას გამოსულ ინფორმაციაში შეცდომების გამოსავლენი საშუალებები, ამ ინფორმაციის გამოყენების არ დაშვების მიზნით და დამამახინჯებელი ფაქტორების გავლენის მიუხედავად ქსელიდან სწორი ინფორმაციის გაცემის უზრუნველსაყოფად. [33]

ეს ამოცანები შეიძლება გადაჭრილ იქნას სხვადასხვა საშუალებებით, სხვადასხვა ეფექტურობითა და სისტემური რესურსების სხვადასხვა დანახარჯებით. გარდა ამისა, აღსანიშნავია, რომ ეფექტურობის გაზრდით იზრდება რესურსების დანახარჯებიც. ამიტომ ზემოაღნიშნული ამოცანების გადასაწყვეტად რაციონალური საშუალებების არჩევა წარმოადგენს საკმაოდ მნიშვნელოვან და რთულ საკითხს. [62]

საიმედობის მახასიათებლებს წარმოადგენს:

1. მტყუნებათა შორისი ნამუშევარი
2. მტყუნების ალბათობა
3. მტყუნებათა ინტენსიურობა
4. მზადყოფნის კოეფიციენტი
5. მტყუნებათა მიმართ მედეგობა
6. პაკეტის მიწოდების ალბათობა
7. აღდგენის ინტენსიურობა
8. შეკეთების უნარი
9. კავშირებადობა

მნიშვნელოვანია საიმედობის რამდენიმე ასპექტის გარჩევა ერთმანეთისაგან. ტექნიკური მოწყობილობებისათვის გამოიყენება საიმედობის ისეთი მახასიათებლები, როგორცაა: მტყუნებათა შორისი ნამუშევარის საშუალო დრო, მტყუნების ალბათობა, მტყუნებათა ინტენსიურობა. თუმცა, ეს მაჩვენებლები გამოსადეგია მარტივი ელემენტებისა და მოწყობილობების საიმედობის შესაფასებლად, რომლებსაც შეუძლია არსებობა მხოლოდ ორ მდგომარეობაში – ქმედითუნარიან ან არაქმედითუნარიანი. რთულ სისტემებს, რომლებიც მრავალი ელემენტისაგან შედგება, ქმედითუნარიანი და

არაქმდითუნარიანი მდგომარეობების გარდა შეიძლება გააჩნდეს სხვა შუალედური მდგომარეობები, რომლებსაც ზემოაღნიშნული მახასიათებლები არ ითვალისწინებს. აქედან გამომდინარე, რთული სისტემების საიმედობის შესაფასებლად გამოიყენება სხვადასხვა მახასიათებლების კომბინაცია. [54]

განვიხილოთ საიმედობის მახასიათებლები უფრო დაწვრილებით:

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, რთული სისტემის საიმედობაში იგულისხმება მისი თვისება შეასრულოს ყველა დავალებული ფუნქცია ექსპლოატაციის განსაზღვრულ პირობებში, მოცემული დროის განმავლობაში, ძირითადი პარამეტრების მნიშვნელობების შენარჩუნებით წინასწარ განსაზღვრულ ფარგლებში.

მტყუნება – ეს არის მოვლენა, რომელიც ვლინდება სისტემის ქმდითუნარიანობის სრულ ან ნაწილობრივ დაკარგვაში. მტყუნება წარმოადგენს შემთხვევით მოვლენას და ყოველ ჯერზე ვლინდება მაშინ, როდესაც სისტემა არ ინარჩუნებს თავის პარამეტრებს განსაზღვრულ ფარგლებში. წარმოშობის ხასიათით მტყუნებები შეიძლება დაყოფილ იქნას უცაბედ და თანდათანობით მტყუნებებად. უცაბედი მტყუნება განისაზღვრება იმ პარამეტრების უცაბედი ცვლილებით, რომლებიც განსაზღვრავენ რთული სისტემის ფუნქციონირების ხარისხს. თანდათანობითი მტყუნებები წარმოიშვება სისტემის ხარისხის განმსაზღვრელი პარამეტრების მოცემული ფარგლებიდან ნელ-ნელა გამოსვლისას მათი დაძველების ან ცვეთის შედეგად. მტყუნებების უცაბედ და თანდათანობითზე დაყოფა გარკვეულ წილად პირობითია, მაგრამ იგი ხელსაყრელია სისტემის ანალიზის დროს.

საიმედობის ძირითად რაოდენობრივ მახასიათებელს წარმოადგენს $P(t)$ – კომპიუტერული ქსელის უმტყუნო მუშაობის ალბათობა, ანუ იმის ალბათობა, რომ მოცემულ რეჟიმში და ექსპლოატაციის განსაზღვრულ პირობებში, მოცემული დროის განმავლობაში ქსელის მუშაობისას მასში მტყუნება არ მოხდება.

$$P(t) = P \{T > t\} \tag{2.4}$$

სადაც:

T – არის ქსელის მტყუნებათა შორისი ნამუშევარი

t – მოცემული დრო

$P(A)$ – A მოვლენის ალბათობა

მოცემულ შემთხვევაში მოვლენა A მდგომარეობს იმაში, რომ $T > t$ საიმედოობის ფუნქციის ანალოგიურად ვიღებთ არასაიმედოობის ფუნქციას (მტყუნების ალბათობა):

$$Q(t) = P\{T \leq t\} \quad (2.5)$$

$P(t)$ და $Q(t)$ ფუნქციების განსაზღვრებებიდან გამომდინარეობს:

$$P(t) + Q(t) = 1 \quad (2.6)$$

ან

$$P(t) = 1 - Q(t) \quad (2.7)$$

თუ მოცემული t დრო არის ნებისმიერი, მაშინ $P=1-Q$. ამ უკანასკნელი ტოლობიდან გამომდინარეობს, რომ P -ს განმსაზღვრელ ფაქტორად შეიძლება მივიჩნიოთ Q . რაც უფრო მაღალია Q -ს მნიშვნელობა, მით უფრო ნაკლებად საიმედოა კომპიუტერული ქსელი.

ასევე შეიძლება აღინიშნოს, რომ რაოდენობრივად ქსელის საიმედოობა განისაზღვრება მის კვანძებს შორის კავშირების დარღვევის ალბათობით, რომელიც შეიძლება გამოთვლილ იქნას თუ ცნობილია კავშირის ხაზებისა და კომუტაციის კვანძების მტყუნებების ალბათობები. კომპიუტერული ქსელის ტოპოლოგიური პროექტირებისას ჩვეულებრივია იმის დაშვება, რომ ნებისამიერი კვანძისა და წიბოს მტყუნებები წარმოადგენს დამოუკიდებელ შემთხვევით მოვლენებს, რომლებსაც ახასიათებს ყველა კვანძისათვის (q_1) და წიბოსათვის (q_2) წარმოშობის ერთნაირი ალბათობები. თუ ამ დაშვების გათვალისწინებით გამოვითვლით ქსელის კვანძებს შორის კავშირების მტყუნებების ალბათობებს Q_{ij} , $i, j=1, 2, n$, მაშინ ქსელის საიმედოობა შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი გამოსახულებით: [14]

$$Q = \max_{i,j} Q_{ij} \quad (2.8)$$

მზადყოფნა, ანუ მზადყოფნის კოეფიციენტი – ნიშნავს დროის მონაკვეთს, რომლის განმავლობაშიც სისტემა შეიძლება იყოს გამოყენებული. მზადყოფნა შეიძლება გაუმჯობესებულ იქნას სისტემის სტრუქტურაში სიჭარბის გამოყენების გზით: სისტემის ძირითადი ელემენტები უნდა არსებობდეს რამდენიმე ეგზემპლარში, იმისათვის,

რომ ერთ-ერთის მტყუნების შემთხვევაში სისტემის ფუნქციონირება უზრუნველყონ დანარჩენებმა.

იმისათვის, რომ კომპიუტერული ქსელი ჩაითვალოს საიმედოდ, მას, როგორც მინიმუმ, უნდა გააჩნდეს მაღალი მზადყოფნა, თუმცა მხოლოდ ეს საკმარისი, რა თქმა უნდა, არ არის. გამომდინარე იქიდან რომ კომპიუტერული ქსელი მუშაობს საბოლოო კვანძებს შორის პაკეტების გადაცემის მექანიზმის საფუძველზე, შესაბამისად საიმედობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს პაკეტის მიწოდების ალბათობა. [62]

მტყუნებათა მიმართ მედეგობა – კომპიუტერულ ქსელში მტყუნებათა მიმართ მედეგობაში იგულისხმება სისტემის შესაძლებლობა მომხმარებლისაგან დამალოს მისი ზოგიერთი ელემენტის მტყუნების ფაქტი. მაგალითად, თუ მონაცემთა ბაზების ცხრილების ასლები ერთდროულად ინახება რამდენიმე სხვადასხვა ფაილურ სერვერზე, მაშინ მომხმარებელმა შეიძლება უბრალოდ ვერ შეამჩნიოს მათგან ერთ-ერთის მტყუნება. მტყუნებათა მიმართ მედეგ სისტემაში მისი ერთ-ერთი ელემენტის მტყუნება გამოიწვევს მუშაობის ხარისხის გარკვეულ წილად შემცირებას, მაგრამ არა ფუნქციონირების მთლიანად შეწყვეტას. ამრიგად, ზემოთ მოცემულ მაგალითს თუ განვიხილავთ, ერთ-ერთი ფაილური სერვერის მწყობრიდან გამოსვლა გამოიწვევს მონაცემთა ბაზებთან მიმართვის დროის გაზრდას, მოთხოვნათა დაპარალელების ხარისხის შემცირების გამო, მაგრამ მთლიანობაში, სისტემა გააგრძელებს თავისი ფუნქციების შესრულებას.

აღდგენის ინტენსიურობა – ეს მაჩვენებელი გვიჩვენებს თუ როგორი სიხშირით ხდება კომპიუტერული ქსელის აღდგენა.

შეკეთების შესაძლებლობა – ეს არის სისტემის შესაძლებლობა მოძებნოს და გაასწოროს შეცდომები, ასევე მოახდინოს მტყუნებათა რაოდენობის მინიმიზაცია.

კავშირუნარიანობა – არის სისტემის შესაძლებლობა შეეწინააღმდეგოს ტოპოლოგიის დამოუკიდებელ ნაწილებად დაყოფასა და დაშლას. აღნიშნული მახასიათებელი იძლევა საშუალებას გამოავლინოს წყვეტები ტოპოლოგიაში.

კომპიუტერული ქსელი, როგორც ნებისმიერი სხვა ტექნიკურად რთული სისტემა შეიცავს თავის შემადგენლობაში ელემენტების დიდ რაოდენობას, რომლებიც შეერთებულია ერთმანეთთან სხვადასხვა საშუალებებით. გამომდინარე აღნიშნულიდან, კომპიუტერული ქსელის საიმედოობა ასევე შეიძლება განისაზღვროს როგორც ქსელის კვანძებს შორის კავშირების დარღვევის ალბათობით. [23]

ქსელებში ინფორმაციის დაცვა: საიმედოობის მეორე ასპექტს წარმოადგენს უსაფრთხოება. იგი გულისხმობს კომპიუტერულ ქსელში მონაცემების ხარისხისა და დაცულობის უზრუნველყოფას, ანუ მარტივად რომ ვთქვათ, ინფორმაციის დაცვას.

უსაფრთხოება – ეს არის სისტემის შესაძლებლობა დაიცვას მონაცემები არასანქციონირებული მიმართვისაგან. კომპიუტერულმა ქსელმა უნდა უზრუნველყოს ინფორმაციის დაცულობა და მთლიანობა. ინფორმაციის გადაცემის უტყუარობა, მისი დაცულობა და მთლიანობა განსაზღვრავს კომპიუტერულ ქსელში მონაცემთა გადაცემასთან და შენახვასთან დაკავშირებული შესაბამისი პროცედურების შესრულების ხარისხს. ყოველივე ეს დამოკიდებულია პროცესების მართვის ორგანიზების პრიციპებზე, ქსელურ პროტოკოლებზე, ასევე შესაბამისი ქსელური ქვესისტემებისა და მომხმარებლების ფუნქციონირების დადგენილ წესებსა და ნორმებზე. [40]

განაწილებულ კომპიუტერულ ქსელში მონაცემთა დაცვა არასანქციონირებული მიმართვისაგან ბევრად უფრო რთულია ვიდრე ცენტრალიზებულ სისტემაში.

ქსელებში შეტყობინებები გადაიცემა კავშირების ხაზებით, რომლებიც ხშირად გადის ყველასათვის ხელმისაწვდომ ადგილებში, სადაც შეიძლება დაყენებულ იქნას ხაზის მოსმენის საშუალებები. სხვა სუსტ წერტილს შეიძლება წარმოადგენდეს მეთვალყურეობის გარეშე დატოვებული პერსონალური კომპიუტერები. გარდა ამისა, ყოველთვის არსებობს პოტენციური საფრთხე იმისა, რომ შეიძლება მოხდეს ქსელის დაცვის გატეხვა არა ავტორიზირებული მომხმარებლების მიერ, თუ სისტემას გააჩნია მრავალი გასასვლელი საერთო მომხმარებლის გლობალურ ქსელში.

დაცვის საშუალებებმა უნდა უზრუნველყოფენ ინფორმაციის დაცულობა და ერთი პროგრამის მიერ მეორე პროგრამის მონაცემებთან მიმართვის ბლოკირება, თუ, რა თქმა უნდა, ეს არ არის გათვალისწინებული ალგორითმით და ხდება აპარატურის მტყუნების ან პროგრამაში შეცდომის გამო. გარდა ასეთი, წინასწარ განუზრახველი მიმართვისა მონაცემებთან, ასევე გასათვალისწინებელია განზრახ არასანქცონირებული მიმართვის შესაძლებლობა (ინფორმაციის მატარებლების ქურდობა, მონაცემთა დამახინჯება, კავშირის ხაზებთან მიერთება და ა.შ.). [15]

დაცვის საშუალებები უზრუნველყოფენ სხვადასხვა ეფექტურობასა და სისტემური რესურსების სხვადასხვა დანახარჯებს, რაც განსაზღვრავს მათი ამორჩევის ამოცანას.

კომპიუტერული ქსლების გამოყენების სფეროს გაფართოებამ, დამუშავებული და შენახული ინფორმაციის მოცულობის მკვეთრმა ზრდამ, გამომთვლელი სისტემების კომპლექსურმა და ცენტრალიზებულმა გამოყენებამ და მომხმარებელთა შორის ინფორმაციის ურთიერთ გაცვლის მიზნით მონაცემებთა გადაცემის სისტემების არსებობამ, დააყენა ინფორმაციის დაცვის საკითხი:

1. მისი დამახინჯებისა და განადგურებისაგან (ანუ ფიზიკური მთლიანობის დარღვევისაგან) და
2. არასანქცონირებული გამოყენებისაგან (ანუ შეზღუდული მოხმარების ინფორმაციის გაუონვისაგან).

პირველ შემთხვევას ადგილი აქვს, როდესაც ერთი ამოცანა ამახინჯებს ან ანადგურებს მეორე ამოცანის კუთვნილ მონაცემებს (აქვს მიმართვის უფლება სხვა ამოცანის მონაცემთა არეში); მეორე შემთხვევა ხდება, როდესაც ადგილი აქვს სხვა ამოცანის მონაცემთა არესთან მიმართვას მათი წაკითხვის მიზნით. მომხმარებლებისათვის ძალიან დიდ პრობლემას წარმოადგენს სწორედ ინფორმაციის გაუონვა.

ინფორმაციის გაუონვა უმეტესად ხდება ძირითად მატარებლებზე მდებარე ინფორმაციის დამახსოვრების ან კოპირებისას; აპარატურასთან და კავშირის ხაზებთან არასანქცონირებული მიერთებისას ან “კანონიერი” (ანუ რეგისტრირებული) აპარატურის არაკანონიერი გამოყენებისას. ასევე, არასანქცონირებული

მიმართვისას ინფორმაციასთან მათემატიკური ან პროგრამული უზრუნველყოფის სპეციალური მოწყობილობების საშუალებებით; ინფორმაციის დამუშავების პროცესში აპარატურის მიერ გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ტალღების დაჭერის საშუალებით; ინფორმაციის ელექტრონული მატარებლებისა და დოკუმენტების პირაპირი ძარცვით. [27]

ინფორმაციის დაცვისათვის დამუშავებულია მრავალნაირი საშუალებები, მეთოდები და ღონისძიებები. ისინი იყოფა შემდეგ კატეგორიებად:

1. ტექნიკური საშუალებები
2. ფიზიკური ზომები
3. ორგანიზაციული ღონისძიებები
4. საკანონმდებლო ზომები

განვიხილოთ აღნიშნული დაცვის საშუალებების ძირითადი პრინციპები.

ინფორმაციის დაცვის ტექნიკური საშუალებებს განეკუთვნება დაცვის აპარატურული, პროგრამული და კრიპტოგრაფიული საშუალებები. [16]

ყველაზე მეტად გავრცელებულია შემდეგი აპარატურული საშუალებები:

- სპეციალური რეგისტრები დაცვის რეკვიზიტების – პაროლების, საიდენტიფიკაციო კოდების, საიდუმლო გრიფებისა და ღონეების და ა.შ. – შესანახად.
- კოდების გენერატორები, რომლებიც გამიზნულია მოწყობილობების (მაგალითად ტერმინალის) იდენტიფიცირების კოდის ავტომატური ფორმირებისათვის მომხმარებლის ჩართვისას მუშაობაში და ქსელის რესურსებთან მიმართვისას.
- ტექნიკური საშაილებების სისტემაში ჩართვის კოდირებული საკეტები.
- ადამიანების ინდივიდუალური მახასიათებლების (მაგალითად, ხმის) გაზომვის მოწყობილობები მისი იდენტიფიკაციის მიზნით.

- მესხიერების მისამართების საზღვრების კონტროლის სქემები, მესხიერების მოცემულ არესთან მიმართვის კანონიერების განსაზღვრის მიზნით.
- კავშირის ხაზში ინფომაციის გადაცემის წყვეტების სქემები მონაცემთა გადაცემის მისამართების პერიოდული შემოწმების მიზნით.

კომპიუტერულ ქსლებში ყველაზე ფართო გავრცელება ჰპოვა ინფორმაციის დაცვის პროგრამულმა საშუალებებმა. ამას ხელს უწყობს მათი ისეთი თვისებები, როგორცაა: უნივერსალურობა, მოქნილობა, რეალიზაციის მოხერხებულობა, მოდერნიზაციის შესაძლებლობა. რა თქმა უნდა, ამასთან ერთად, გასათვალისწინებელია ის ფაქტორიც, რომ პროგრამული საშუალებები მოითხოვენ სისტემური რესურსების (მაგალითად, მესხიერების) დიდ დანახარჯებს. [19]

ფუნქციონალური მნიშვნელობით დაცვის პროგრამული საშუალებები შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად:

- ტექნიკური საშუალებების, ამოცანების, მომხმარებლებისა და მონაცემთა მასივების ამოცნობის პროგრამები;
- ტექნიკური საშუალებებისა (მუშაობის დრო, ამოცანის გამოყენების ნებართვა და ა.შ.) და მომხმარებლების უფლებების განსაზღვრის პროგრამები;
- ინფომაციის გამოყენების შემდეგ მესხიერებაში მისი განადგურების პროგრამები;
- არასანქციონირებული ქმედებების შემთხვევაში სიგნალიზაციის გააქტიურების პროგრამები;
- სხვადასხვა დანიშნულების დამხმარე პროგრამები: დაცვის მექანიზმის მუშაობის კონტროლის, გაცემულ დოკუმენტებზე საიდუმლოების გრიფის დადების და ა.შ.

ასევე ფართო გამოყენება ჰპოვა კომპიუტერულ ქსელებში დაცვის კრიპტოგრაფიულმა მეთოდებმა, რომლებიც უკვე დიდი ხანია გამოიყენება კავშირის ხაზების საშუალებით მონაცემთა გადაცემისას. ინფომაციის კრიპტოგრაფიული დახურვა (დაშიფვრა) მდგომარეობს დასაცავი მონაცემების ისეთ გარდაქმნაში, როდესაც მათი გარეგნული სახით და სპეციალური საშუალებების გამოყენების გარეშე

შეუძლებელია შინაარსის გაგება. კრიპტოგრაფიული დახურვა – არის კავშირების ხაზების საშუალებით გადაცემული ინფორმაციის ძარცვისაგან დაცვის ერთადერთი საშუალება.

ყველაზე ხშირად გამოიყენება დაშიფვრის შემდეგ ხერხები:

1. შეცვლა – რომლის დროსაც დასაშიფრი ტექსტის სიმბოლოები იცვლება იგივე ან სხვა ალფაბეტის სიმბოლოებით შეცვლის წინასწარ განსაზღვრული სქემით;
2. გადაადგილება – როდესაც ხდება დასაშიფრი ტექსტის სიმბოლოების გადანაცვლება განსაზღვრული წესის თანახმად, ამ ტექსტის რომელიმე ბლოკის ფარგლებში;
3. გამირება – როდესაც დასაშიფრი ტექსტის ბლოკები ერთიანდება გარკვეულ, შემთხვევითი თანმიმდევრობის კოდებთან (გამებთან);
4. ანალიტიკური გარდაქმნა – როდესაც დასაშიფრი ტექსტი გარდაიქმნება გარკვეული ფორმულის მიხედვით.

განსაკუთრებით ეფექტურია კომბინირებული შიფრები, როდესაც ტექსტი თანმიმდევრობით იშიფრება რამდენიმე ზემოთ მოყვანილი ხერხის გამოყენებით, ამასთან, ამ შემთხვევაში, დაშიფვრის სიმტკიცე აღემატება შემადგენელი შიფრების ჯამურ სიმტკიცეს.

ზემოთ განხილული დაშიფვრის ყველა სისტემის რეალიზაცია შესაძლებელია პროგრამული გზით, აპარატურული საშუალებებით, ან ამ ორის ხერხის ერთობლიობით. პროგრამული რეალიზაცია აპარატურულთან შედარებით უფრო მოქნილი და ადვილად მოდერნიზირებადია. სქემური მეთოდები უფრო მწარმოებლურია, ამიტომ ქსელში სადაც ინახება დიდი ოდენობით დახურული ინფორმაცია მათი გამოყენება ეკონომიკურად უფრო მიზანშეწონილია. [56]

ფიზიკური ზომები - მათ განეკუთვნება მოწყობილობებისა და ნაგებობების შექმნა, ასევე ისეთი ღონისძიებების ჩატარება, რომლებიც აძნელებენ ან შეუძლებელს ხდიან პოტენციური დამრღვევების მიერ ისეთ ადგილებში შეღწევას, სადაც მათ შეიძლება მიაღწიონ დაცულ ინფორმაციასთან. ყველაზე ხშირად ახორციელებენ:

- იმ ნაგებობების ფიზიკურ იზოლაციას სხვა ნაგებობებისაგან, სადაც განთავსებულია ქსელური აპარატურა;

- იმ ტერიტორიის შემოღობვას, სადაც განთავსებულია ქსელი ისეთ მანძილზე, რომელიც საკმარისია ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ეფექტური რეგისტრაციის შესაძლებლობის გამოსარიცხად, და ასევე აღნიშნული ტერიტორიის სისტემატიური კონტროლის ორგანიზებას;
- საკონტროლო-გამშვები პუნქტების ორგანიზებას ქსელის შენობის შესასვლელებთან ან სპეციალური საკეტების მქონე აპარატურის დაყენებას კარებებთან, რომლებიც დაწესებულებაში შეღწევის რეგულირების საშუალებას იძლევა;
- დამცავი სიგნალიზაციის სისტემის ორგანიზებას.

ორგანიზაციული ღონისძიებები – წარმოადგენს საორგანიზაციო-ტექნიკურ და საორგანიზაციო ზომების ერთობლიობას, რომლებიც ახდენს ქსელის ფუნქციონირების, რესურსების გამოყენების პროცესის რეგლამინტირებას, და ასევე, უზრუნველყოფს ინფორმაციასთან არასანქციონირებული შეღწევის აკრძალვას ან გართულებას. ორგანიზაციული ზომები გამოიყენება დაცვის ფიზიკურ ზომებთან ერთად. ყველაზე მეტად გავრცელებულია ღონისძიებები, რომლებიც ხორციელდება ქსელის განთავსების ადგილების პროექტირების, მშენებლობისა და მოწყობის დროს და გამორიცხავს სტიქიური უბედურებების ზეგავლენას, საიდუმლო შეღწევის შესაძლებლობას და ა.შ.; ასევე პერსონალის შერჩევისა და მომზადების ღონისძიებები (სამუშაოზე მისაღები ადამიანების შემოწმება, დახურულ ინფორმაციასთან მუშაობის წესების შესწავლა, პასუხისმგებლობის ზომების გაცნობა დაცვის წესების დარღვევის შემთხვევაში და ა.შ.); მომხმარებელთა მუშაობის მომზადებისა და კონტროლის ორგანიზება.

საკანონმდებლო ზომებს განეკუთვნება ქვეყანაში მოქმედი კანონები, ბრძანებულებები და დებულებები, რომლებიც ახდენენ შეზღუდული მოხმარების ინფორმაციასთან მოპყრობის წესებისა და მათი დარღვევის დროს პასუხისმგებლობის რეგლამინტირებას, რაც, თავის მხრივ, წინააღმდეგობას უწევს აღნიშნული ინფორმაციის არასანქციონირებულ გამოყენებას. [22]

დაცვის მაქსიმალური ეფექტურობა შეიძლება მიღწეულ იქნას მხოლოდ ყველა ზემოაღნიშნული საშუალებისა და ზომების

რაციონალური ურთიერთ შერწყმით. ისინი უნდა გაერთიანდეს დაცვის ერთ, მთლიან მექანიზმში, რომლის დაპროექტებაც უნდა ხდებოდეს ქსელის შექმნის პარალელურად. მხოლოდ ასეთ შემთხვევაში არის შესაძლებელი დაცული და ეფექტური სისტემის შექმნა. დაცვის მექანიზმის ფუნქციონირება უნდა დაგეგმილ და უზრუნველყოფილ იქნას ინფორმაციის დამუშავების ძირითადი პროცესების დაგეგმვასა და უზრუნველყოფასთან ერთად. თანაც, აუცილებელია დაცვის მუშაობის ხარისხის მუდმივი კონტროლი. [18]

დაცვის სისტემის პროექტირებისას უნდა ვიხედოდვანელოთ რიგი პრინციპებით, რომლებიც ხელს უწყობს რაციონალური და ეფექტური სისტემის შექმნას.

1. დაცვის საშუალებებმა უნდა შეამოწმოს მომხმარებლის უფლებამოსილებანი სისტემის რესურსებთან მისი ყოველი მიმართვის დროს. მომხმარებლის უფლებამოსილებების შეცვლის შემთხვევაში, წინა უფლებების შემოწმების შედეგები აღარ უნდა იქნას გათვალისწინებული, მაგრამ უნდა უზრუნველყოფილ იქნას იმის საშუალება, რომ მოხდეს მათი გადამოწმება.
2. თითოეულ მომხმარებელს, ტექნიკურ საშუალებასა თუ პროგრამას უნდა მიეცეს ის უფლებები, რომლებიც აუცილებელია მათ წინაშე დასმული ამოცანების გადასაჭრელად.
3. ქსელთან მუშაობისათვის დაცვის მექანიზმის გავლისას იგი უნდა ითხოვდეს ორი ან მეტი “გასაღების” არსებობას დაცვის სისტემის გასახსნელად. ეს “გასაღებები” (ნებართვები) შეიძლება რეალიზებულ იყოს სხვადასხვა საშუალებებითა და ხერხებით.
4. დაცვის მექანიზმი უნდა მოითხოვდეს კომპიუტერული ქსელის რესურსების მინიმალურ დანახარჯს; და ასევე, სასურველია სისტემაში სუსტი წერილების რაოდენობის შექმნისდაგვარად მინიმიზაცია.
5. დაცვის საშუალებებმა არ უნდა შეუქმნას პრობლემები მომხმარებელს სანქციონირებული მიმართვისას ქსელის

რესურსებთან; ურთიერთქმედება ადამიანსა და დაცვის სისტემას შორის უნდა იყოს მარტივი და მოხერხებული.

6. ყველა გადაწყვეტილება, რომელიც ეხება დაცვის სისტემის მოწყობას, მისი მუშაობის პრინციპებსა და სხვა სპეციალურ პირობებს წარმოადგენს მკაცრად შეზღუდული მოხმარების ინფორმაციას.

განვიხილოთ დაცვის სისტემის ძირითადი მახასიათებლები. მათ განეკუთვნება: დაცვის სირთულე და დაცვის კოეფიციენტი.

დაცვის სირთულის მახასიათებელი – განსაზღვრავს დამატებითი რესურსების დანახარჯს ძირითადი რესურსების დაცვის მიზნით. ეს დანახარჯები შეიძლება საკმაოდ მნიშვნელოვანიც იყოს. აღნიშნული მახასიათებელი გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$R' = \Delta R / R = [(R + \Delta R) - R] / R \quad (2.9)$$

სადაც:

R' – არის დაცვის სირთულე

ΔR – დამატებითი რესურსები

R – ძირითადი რესურსები

დაცვის კოეფიციენტი ერთი i არხისათვის შეიძლება განისაზღვროს, როგორც არხში დაცული n_{3i} ადგილების შეფარდება სუსტ n_{yi} წერტილებთან. შესამამისად:

$$k_{3i} = n_{3i} / n_{yi}$$

სადაც:

k_{3i} – არის დაცვის კოეფიციენტი

n_{3i} – დაცული ადგილების რაოდენობა

n_{yi} – სუსტი წერტილების რაოდენობა

თუ ქსელი მრავალარხიანია (N არხი), ხოლო დაცვა მოიცავს მათგან N_3 არხს, მაშინ სისტემის დაცვის კოეფიციენტი შეიძლება განისაზღვროს შემდეგნაირად:

$$k_3 = \sum_{i=1}^{N_3} k_{3i} / N \quad (2.10)$$

სადაც:

k_3 – არის მთელი სისტემის დაცვის კოეფიციენტი

k_{3i} – არის i არხის დაცვის კოეფიციენტი

N – არხების მთლიანი რაოდენობა

N_3 – დაცული არხების რაოდენობა

2.1.3. კავშირების მახასიათებლები – კავშირების საერთო რაოდენობა, გაფართოების შესაძლებლობა, მასშტაბუნარიანობა

კომპიუტერული ქსელის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს კავშირების საერთო რაოდენობა, რომელიც განსაზღვრავს ქსელის პოტენციურ შესაძლებლობას განახორციელოს ურთიერთქმედება მომხმარებლებსა და განაწილებულ რესურსებს შორის. რაც უფრო მეტია ამ მახასიათებლის მნიშვნელობა, მით მეტია იმ მომხმარებელთა რაოდენობა რომელთაც აქვთ ქსელთან მიერთებისა და მისი რესურსების გამოყენების შესაძლებლობა. ამასთან დაკავშირებით შეიძლება კიდევ განვიხილოთ შემდეგი ორი მახასიათებელი: გაფართოების შესაძლებლობა და მასშტაბუნარიანობა.

ტერმინები: გაფართოების შესაძლებლობა და მასშტაბუნარიანობა ზოგჯერ გამოიყენება როგორც სინონიმები, მაგრამ ეს არასწორია. თითოეულ მათგანს გააჩნია საკუთარი კონკრეტული მნიშვნელობა. [62]

გაფართოების შესაძლებლობა – გულისხმობს ქსელის ზოგიერთი ელემენტის (მომხმარებელი, კომპიუტერი, სამსახური და ა.შ.) შედარებით ადვილად დამატების, ქსელის სეგმენტების სიგრძის გაზრდის და არსებული აპარატურის უფრო მძლავრით შეცვლის შესაძლებლობას. ამასთან, პრინციპიალურად მნიშვნელოვანია, რომ სისტემის გაფართოების შესაძლებლობის სიმარტივე ხშირად შესაძლებელია უზრუნველყოფილ იქნას საკმაოდ შეზღუდულ ფარგლებში.

მაგალითად, ლოკალურ ქსელს Ethernet, რომელიც აგებულია სქელი კოაქსიალური კაბელის ერთი სეგმენტის საფუძველზე, გააჩნია გაფართოების კარგი შესაძლებლობა იმ გაგებით, რომ იგი შესაძლებლობას იძლევა ადვილად მიუერთდეს ახალი სადგურები. თუმცა, ასეთი ქსელი შეზღუდულია სადგურების რაოდენობაზე – მათი

რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს 30-40-ს. მიუხედავად იმისა, რომ ქსელში შესაძლებელია უფრო მეტი ოდენობის სადგურების მიერთება (100-მდე), ხშირად მნიშვნელოვნად მცირდება ქსელის წარმადობა. ასეთი შეზღუდვის არსებობა ნიშნავს ქსელის ცუდ მასშტაბუნარიანობას გაფართოების კარგი შესაძლებლობის მიუხედავად.

მასშტაბუნარიანობა – ნიშნავს, რომ კომპიუტერული ქსელი იძლევა კავშირების სიგრძისა და კვანძების რაოდენობის გაზრდის საშუალებას ძალიან ფართო ფარგლებში. ამასთან, ქსელის წარმადობა არ უარესდება. მასშტაბუნარიანობის უზრუნველსაყოფად საჭიროა დამატებითი საკომუნიკაციო აპარატურის გამოყენება და ქსელის სპეციალური სახით სტრუქტურირება. მაგალითად, კარგი მასშტაბუნარიანობა გააჩნია მრავალ სეგმენტის ქსელს, რომელიც აგებულია კომუტატორებისა და მარშრუტიზატორების გამოყენებით და რომელსაც აქვს კავშირების იერარქიული სტრუქტურა. ასეთ ქსელს შეუძლია ჩაიმატოს რამდენიმე ათასი კომპიუტერი და ამასთან თითოეული მომხმარებელი უზრუნველჰყოს საჭირო ხარისხის მომსახურებით. [29]

2.1.4. გამჭვირვალობა

კომპიუტერული ქსელის გამჭვირვალობა მიიღწევა იმ შემთხვევაში, როდესაც იგი წარუდგება მომხმარებლებს არა როგორც კაბელების რთული სისტემით დაკავშირებული ცალკეული კომპიუტერების სიმრავლე, არამედ როგორც ერთიანი ტრადიციული გამომთვლელი მანქანა დროის განაწილების სისტემით.

გამჭვირვალობა შეიძლება მიღწეულ იქნას ორ სხვადასხვა დონეზე – მომხმარებლის და პროგრამისტის. მომხმარებლის დონეზე გამჭვირვალობაში იგულისხმება რომ იგი მოშორებით მდებარე რესურსებთან სამუშაოდ იყენებს იგივე ბრძანებებსა და მისთვის ნაცნობ პროცედურებს, რასაც ლოკალურ რესურსებთან სამუშაოდ. პროგრამულ დონეზე გამჭვირვალობა მდგომარეობს იმაში, რომ დანართს მოშორებით მდებარე რესურსებთან მიმართვისათვის სჭირდება იგივე სახის გამოძახება, რაც ლოკალურ რესურსებთან

მიმართვისათვის. გამჭვირვალობა მომხმარებლის დონეზე მიიღწევა უფრო ადვილად, რადგანაც სისტემის განაწილებულ ხასიათთან დაკავშირებული პროცედურების თავისებურებანი ინიღბება მომხმარებლისაგან პროგრამისტის მიერ, რომელიც ქმნის დანართს. გამჭვირვალობა დანართის დონეზე მოითხოვს განაწილებულობის ყველა დეტალის დამალვას ქსელური ოპერაციული სისტემის საშუალებით. [17]

კომპიუტერულ ქსელში უნდა დამალულ იქნას ოპერაციული სისტემების ყველა თავისებურებანი და განსხვავებები კომპიუტერების ტიპებს შორის. [34]

გამჭვირვალობის კონცეფცია შეიძლება გამოყენებულ იქნას ქსელის სხვადასხვა ასპექტების მიმართ. მაგალითად, განლაგების გამჭვირვალობა გულისხმობს, რომ მომხმარებელს არ მოეთხოვება იცოდეს თუ სად არის განლაგებული ისეთი პროგრამული და აპარატურული რესურსები, როგორცაა პროცესორები, პრინტერები, ფაილები, მონაცემთა ბაზები და ა.შ.

დღესდღეობით არ შეიძლება ითქვას, რომ გამჭვირვალობის თვისება სრულად ახასიათებს არსებული ქსელების უმრავლესობას. ეს უფრო არის მიზანი, რომლისკენაც მისწრაფიან თანამედროვე კომპიუტერული ქსელების დამპროექტებლები. [29]

2.1.5. რესურსებთან მიმართვის შესაძლებლობა

ეს არის ქსელის მნიშვნელოვანი თვისება, რომლის რეალიზაციისათვის სააბონენტო სისტემებს უნდა გააჩნდეს მათემატიკური უზრუნველყოფის საშუალებები და პროტოკოლები, რომლებიც უზრუნველყოფს მოთხოვნილი რესურსების გამოძახებასა და აქტივირებას მომხმარებლის უფლებმოსილების გათვალისწინებით.

2.1.6. სხვადასხვა სახის ტრაფიკის უზრუნველყოფა

კომპიუტერული ქსელები, როგორც უკვე ავღნიშნეთ, გამიზნულია მომხმარებელთა მიერ კომპიუტერული რესურსების, ფაილების,

პრინტერების და ა.შ., ერთდროული გამოყენებისათვის. ტრაფიკს, რომელიც იქმნება კომპიუტერული ქსელების ამ ტრადიციული სამსახურების მიერ, გააჩნია თავისი თავისებურებანი და მნიშვნელოვნად განსხვავდება ტრაფიკისაგან სატელეფონო ქსელებში ან კაბელური ტელევიზიის ქსელებში. თუმცა, მე-20 საუკუნის 90-იანი წლებიდან კომპიუტერულ ქსელებში შემოდებულ იქნა მულტიმედიური მონაცემების ტრაფიკი, რომლებიც წარმოადგენს ვიდეო და აუდიო გამოსახულებას ციფრულ ფორმაში. მას შემდეგ კომპიუტერული ქსელები გამოიყენება ვიდეო კონფერენციების, ვიდეო ფილმების საფუძველზე სწავლებისა და გართობის ორგანიზებისათვის და ა.შ. ცხადია, მულტიმედიური ტრაფიკის დინამიური გადაცემისათვის საჭიროა სრულიად სხვა ალგორითმები და პროტოკოლები, და ასევე სხვადასხვა აპარატურა. აღნიშნული ტრაფიკის მთავარ თავისებურებას წარმოადგენს გადასაცემი შეტყობინებების სინქრონიზაციის მკაცრი მოთხოვნა. ისეთი უწყვეტი პროცესების ხარისხიანი აღწარმოებისათვის, როგორებიცაა ბგერითი რხევები ან სინათლის ინტენსიურობის ცვლილება ვიდეო გამოსახულებაში, აუცილებელია კოდირებული სიგნალების ისეთივე სიხშირით მიღება, როგორითაც იგი იყო გაზომილი გადამცემ მხარეზე. შეტყობინებების დაგვიანების შემთხვევაში მივიღებთ დამახინჯებებს გამოსახულებაში. [44] [51]

ამავე დროს, უნდა აღინიშნოს, რომ კომპიუტერული მონაცემების ტრაფიკი ხასიათდება ქსელში შეტყობინებათა მიწოდების საკმაოდ არათანაბარი ინტენსიურობით, მათი სინქრონიზაციის მკაცრი მოთხოვნის არ არსებობის გამო.

შესაბამისად, საჭიროა ერთ ქსელში კომპიუტერული და მულტიმედიური ტრაფიკების შეთავსება. რაც საკმაოდ რთულ ამოცანას წარმოადგენს, რადგანაც ამ შემთხვევაში იგულისხმება ქსელში ორი სხვადასხვა ტიპის ტრაფიკის არსებობა, რომელთაც ურთიერთ საწინააღმდეგო მოთხოვნები გააჩნია. [28]

დღესდღეობით პრაქტიკულად ყველა ახალი პროტოკოლები უზრუნველყოფენ კომპიუტერულ ტრაფიკთან ერთად მულტიმედიური ტრაფიკის გადაცემას ქსელში, თუმცა რიგ შემთხვევებში

მულტიმედია ტრაფიკის მომსახურების ხარისხი შედარებით დაბალია. [20]

2.1.7. მართვადობა

კომპიუტერული ქსელის მართვადობაში იგულისხმება მისი შესაძლებლობა განახორციელოს ქსელის ძირითადი ელემენტების მდგომარეობის ცენტრალიზებული კონტროლი; მოხდეს მწარმოებლურობის ანალიზი და ქსელის განვითარების დაგეგმვა. იდეალში, ქსელის მართვის საშუალებები წარმოადგენს სისტემას, რომელიც ახორციელებს ქსელის თითოეული ელემენტის, დაწყებული ყველაზე მარტივიდან და დასრულებული ყველაზე რთულით, დაკვირვებას, კონტროლსა და მართვას. ამასთანავე აღსანიშნავია, რომ ასეთი სისტემა ქსელს განიხილავს, როგორც ერთ მთლიანობას და არა სხვადასხვა მოწყობილობების ნაკრებს. [30]

მართვის კარგი სისტემა აკვირდება ქსელის მუშაობას და პრობლემის აღმოჩენის შემთხვევაში ააქტიურებს შესაბამის ქმედებებს სიტუაციის გამომსახვორებლად, შემდეგ ატყობინებს ადმინისტრატორს იმას თუ რა მოხდა და რა ზომები იქნა მიღებული. იმავედროულად, მართვის სისტემამ უნდა მოახდინოს მონაცემების დაგროვება, რომელთა საფუძველზეც შესაძლებელი იქნება ქსელის განვითარების დაგეგმვა. და ბოლოს, მართვის სისტემა უნდა იყოს დამოუკიდებელი მწარმოებლისაგან და გააჩნდეს მოხერხებული ინტერფეისი ყველა სახის ქმედების შესასრულებლად. [32]

მართვის სისტემის სარგებლიანობა განსახუთრებით აშკარად ვლინდება დიდ – კორპორაციულ და გლობალურ ქსელებში. მართვის სისტემის გარეშე ასეთი ქსელის ფუნქციონირებისათვის საჭიროა კვალიფიციური სპეციალისტების ყოლა ყველა ქალაქის ყველა შენობაში, სადაც დაყენებულია ქსელური აპარატურა. ეს ნიშნავს მომსახურე პერსონალის უზარმაზარი შტატის არსებობის აუცილებლობას, რაც, თავის მხრივ, გულისხმობს დიდ ფინანსურ დანახარჯებს. [37]

2.1.8. შეთავსებადობა

შეთავსებადობა, ანუ ინტეგრირების უნარი ნიშნავს, რომ ქსელს აქვს შესაძლებლობა დაიმატოს (ჩაირთოს) მრავალფეროვანი პროგრამული და აპარატურული უზრუნველყოფა. სხვა სიტყვებით, ქსელში შეიძლება არსებობდეს განსხვავებული ოპერაციული სისტემები, რომლებიც უზრუნველყოფენ საკომუნიკაციო პროტოკოლების სხვადასხვა სტეკებს და მუშაობენ სხვადასხვა წარმოების აპარატურულ საშუალებებთან და დანართებთან. ქსელს, რომელიც შედგება სხვადასხვა ტიპის ელემენტებისაგან, ეწოდება არაერთგვაროვანი ანუ ჰეტეროგენული, ხოლო, თუ არაერთგვაროვანი ქსელი მუშაობს პრობლემების გარეშე, მაშინ იგი არის შეთავსებადი. [45]

2.2. ეკონომიკური მახასიათებლები

კომპიუტერული ქსელის მახასიათებლებს შორის უმნიშვნელოვანესი ადგილი უკავია ეკონომიკურ მაჩვენებლებს. მათ განეკუთვნება: [42]

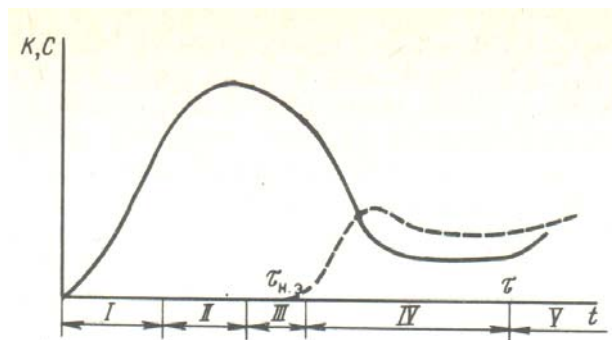
1. ფინანსური დანახარჯები შემუშავებაზე (პროექტირებაზე)
2. დანახარჯები შექმნაზე
3. დანახარჯები მომსახურებაზე.

ქსელის შემუშავებაზე და შექმნაზე გაწეული ხარჯები წარმოადგენს კაპიტალურ დაბანდებებს - K, ხოლო დანახარჯები ექსპლოატაციაზე, რომელიც შეიცავს: მომსახურე პერსონალის ხელფასს, გაფართოებას, ელ.ენერგიას, ამორტიზაციას და ა.შ., წარმოადგენს მიმდინარე ხარჯებს - C.

კაპიტალ დაბანდებებისა და მიმდინარე ხარჯების დინამიკას აქვს ხასიათი, რომელიც მოცემულია სურ.-ზე №2.1. უწვეტი ხაზით გამოსახულია კაპიტალდაბანდებების, ხოლო წყვეტილი ხაზით მიმდინარე ხარჯების დამოკიდებულება დროსთან მიმართებაში. პროექტირების ეტაპზე (I) კაპიტალ დაბანდებები დაბალია. თანდათანობით ისინი იზრდება და აღწევს მაქსიმუმს ქსელის დამზადებისა და გამართვის დროს (II). ეს დაკავშირებულია იმასთან,

რომ ამ პერიოდში მუშაობს უფრო დიდი ოდენობით პერსონალი, რომელიც ყიდულობს, აწყობს და მართავს აპარატურას. შემოწმებისა და ტესტირების პროცესში (III) კაპიტალ დაბანდებები კვლავ მცირდება. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ტესტირების პროცესში ქსელი ფაქტიურად იწყებს ფუნქციონირებას და შესაბამისად ადგილი აქვს მიმდინარე ხარჯებსაც. [42]

ექსპლოატაციის პერიოდში (IV) მიმდინარე ხარჯების გარდა შეიძლება იყოს კაპიტალური დაბანდებებიც, რომლებიც დაკავშირებულია გაცვეთილი ელემენტების შეცვლასთან (ტ.დ. – ექსპლუატაციის დაწყების დრო). რაც უფრო დიდ ხანს არსებობს ქსელი, მით უფრო ხშირია გაცვეთილი ელემენტების შეცვლის აუცილებლობა, და შესაბამისად ქსელის სასიცოცხლო ციკლის ბოლოსკენ τ პერიოდისათვის უფრო დიდი კაპიტალ დაბანდებებია საჭირო.



სურ. 2.1. ხარჯების ცვლილება კომპიუტერული ქსელის სასიცოცხლო ციკლის ძირითადი ეტაპების შესაბამისად

გარდა ზემოაღნიშნული მახასიათებლებისა, შეიძლება ასევე მოვიყვანოთ შემდეგი ეკონომიკური მაჩვენებლები: მოცემული დანახარჯები, ანუ ხარჯები დაკავშირებული დროის მონაკვეთთან, მაგალითად, საშუალო წლიური ხარჯები, საშუალო თვიური ხარჯები და ა.შ. ხშირად, ასევე გამოიყენება შემდეგი მაჩვენებლები:

1. დამატებითი კაპიტალ დაბანდებები
2. დამატებითი კაპიტალ დაბანდებების უკუგების კოეფიციენტი.

კომპიუტერული ქსელის პროექტის ამა თუ იმ ვარიანტის არჩევისას დიდ როლს თამაშობს სწორედ ეკონომიკური ეფექტურობის შეფასება,

რომელიც დაფუძნებულია ქსელის ფუნქციონირების ეკონომიის შეფასებაზე. იგი შედგება შემდეგი კომპონენტებისაგან:

1. ქსელის ტექნიკური რეალიზაციის რამდენიმე ვარიანტიდან ერთერთის შერჩევის ეფექტი დაფუძნებული ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე.
2. ქსელის ფუნქციონირების ხარისხის შეფასების მიზნით განხორციელებული მოდელირების შედეგად მიღებული ეფექტი.
3. ოპტიმიზაციის ეფექტი
4. გამოკლებული დანახარჯები ქსელის შექმნაზე.

2.3. ტოპოლოგიური მახასიათებლები

კომპიუტერული ქსელების ფუნქციონირების შეფასების პროცესში აუცილებელია მისი კონფიგურაციის თავისებურებების გათვალისწინება, რადგანაც ტოპოლოგიური სტრუქტურა დიდ გავლენას ახდენს ქსელის როგორც ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე, ასევე მის საექსპლოატაციო მახასიათებლებზე. აქედან გამომდინარე, მიზანშეწონილია ცალკე ტოპოლოგიური მაჩვენებლების განხილვა. [44]

კომპიუტერული ქსელის ტოპოლოგიური ხასიათი გულისხმობს რიგი მაჩვენებლების გამოყენებას, რომლებიც განსაზღვრავს ქსელის ტოპოლოგიის რაოდენობრივ ზომას. აღნიშნული მაჩვენებლების განსაზღვრა მიზანშეწონილია იმიტომ, რომ ქსელის პროექტირების ადრეული პერიოდიდანვე ხდება აუცილებელი მისი სტრუქტურისა და ელემენტების ხარისხის შეფასება საერთო სისტემური მიდგომის პოზიციიდან. ამ მახასიათებლებიდან უმეტესობის გამოთვლა ძალიან რთული, ზოგ შემთხვევაში შეუძლებელიც კი არის. უფრო მეტიც, გამომდინარე ქსელის თითოეული კონკრეტული მაგალითიდან, ანალიზის პროცესში ერთნაირმა ტოპოლოგიურმა მახასიათებლებმა შეიძლება მიიღოს განსხვავებული ფიზიკური ინტერპრეტაცია. ქვემოთ მოცემულია ტოპოლოგიური მაჩვენებლების კლასები, რომლებიც გამოიყენება ქსელის ფუნქციონირების შეფასების დროს:

1. სირთულე
2. იერარქიულობა

3. სტრუქტურის დიამეტრი
4. კავშირუნარიანობა
5. სიმკვრივე
6. ტოპოლოგიის ცვალებადობა
7. ადაპტაციის უნარი
8. საიმედოობა
9. სიცოცხლისუნარიანობა
10. პარალელურობა
11. წაზრდის უნარი
12. ტოპოლოგიური სიჭარბე

განვიხილოთ მახასიათებლების თითოეული კლასი ცალ-ცალკე:

სირთულე – განისაზღვრება, როგორც სტრუქტურის ტოპოლოგიის შემადგენელი ელემენტებისა და კავშირების რაოდენობა. აუცილებლობის შემთხვევაში გამოიყოფა ელემენტები, რომლებიც შეესაბამება გრაფის იზოლირებულ, ჩამოკიდებულ წვეროებს.

იერარქიულობა – ვლინდება ქსელის ელემენტების კავშირების სტრუქტურაში. აღნიშნული მახასიათებელი იძლევა საშუალებას ტოპოლოგიის ელემენტები განაწილდეს მათი მნიშვნელობის მიხედვით და მოხდეს ტოპოლოგიის კლასიფიკაცია.

სტრუქტურის დიამეტრი – შეესაბამება მეტრულ მახასიათებელს, რომელიც მიღებულია გრაფში ყველაზე მოშორებით მდებარე წვეროებს შორის უმოკლესი გზის განსასაზღვრავად.

კავშირუნარიანობა – არის ქსელის უნარი შეეწინააღმდეგოს ტოპოლოგიის დაშლასა და დაყოფას დამოუკიდებელ ნაწილებად. აღნიშნული რაოდენობრივი მახასიათებელი იძლევა საშუალებას გამოვლინდეს რღვევები ტოპოლოგიაში.

სიმკვრივე – არის წვეროების რაოდენობა სტრუქტურის ტოპოლოგიური ფრაგმენტში, რომელსაც გააჩნია მოცემული დიამეტრი და წვეროების ხარისხი. პრაქტიკაში ეს მაჩვენებელი გამოიყენება მხოლოდ ისეთ გრაფებთან მიმართებაში, რომელთა ყველა კვანძს გააჩნია ერთნაირი ხარისხი.

ტოპოლოგიის ცვალებადობა – არის ქსელის ელემენტებს შორის კავშირების ტოპოლოგიის ცვლილების შესაძლებლობა ქსელსა და მის

მიერ შესასრულებელ ფუნქციას შორის მაქსიმალური ადეკვატურობის მიღწევის მიზნით. ტოპოლოგიის ცვალებადობა წარმოადგენს რთულ მახასიათებელს, რომელიც შესაფასებელი ობიექტიდან გამომდინარე, შეიცავს ისეთ პარამეტრებს, როგორცაა: მისაწვდომობა, ბლოკირება, დაყოფადობა.

ადაპტაციის უნარი – არის ქსელის ტოპოლოგიის უნარი მიესადაგოს გარეშე პირობებს, რაც იძლევა საშუალებას ოპტიმალურად მიღწეულ იქნას ფუნქციონირების მიზნები.

საიმედოობა – არის ტოპოლოგიის უნარი დროის მოცემული მონაკვეთის განმავლობაში უზრუნველჰქოს ქსელის ფუნქციონირება. საიმედოობა არის სტრუქტურის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მრავალ პარამეტრიანი მახასიათებელი და განისაზღვრება, როგორც ელემენტებისა და მათი შეერთების სქემის საიმედოების ერთობლიობა.

სიცოცხლისუნარიანობა – აფასებს სტრუქტურის იმ ნაწილების ტოპოლოგიის შენარჩუნებას, რომლებიც უზრუნველჰყოფს დასმული ამოცანის შესრულებას. სიცოცხლისუნარიანობას გააჩნია მჭიდრო ფუნქციონალური კავშირი ტოპოლოგიის საიმედოობის მაჩვენებელთან.

პარალელურობა – იძლევა სტრუქტურის ელემენტების ერთდროული ფუნქციონირების საშუალებას ქსელის მწარმოებლურობის გაზრდის მიზნით.

წაზრდის უნარი – არის ტოპოლოგიის განვითარების უნარი, რომელიც მიიღწევა წვეროებისა და/ან წიბოების რაოდენობის ცვლილებით (ძირითადი ფუნქციების შესრულების პროცესის წყვეტის გარეშე).

ტოპოლოგიური სიჭარბე – ასახავს კავშირების საერთო რაოდენობის გადაჭარბებას მინიმალურად აუცილებელზე. აღნიშნული მახასიათებელი გამოიყენება ქსელის როგორც საიმედოობის, ასევე ეკონომიურობის შესაფასებლად.

2.4. სტოქასტიური და დეტერმინირებული ნაკადები

როგორც ცნობილია, კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონირების პროცესში ხდება ქსელის კვანძებსა და სხვა ელემენტებს შორის,

მაგალითად, მომხმარებელსა და გამომთვლელ საშუალებებს შორის, ინფორმაციის ურთიერთ გაცვლა. აღნიშნული ურთიერთქმედების განხორციელების აუცილებელ პირობას წარმოადგენს შესაბამისი შემაერთებელი არის (კავშირის ხაზის) არსებობა, რომელთა საშუალებითაც ხდება ინფორმაციული პროცესებით განპირობებული სიგნალების გავრცელება. [31]

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება კომპიუტერული ქსელის მახასიათებლები განხილულ იქნას კიდევ ერთი კუთხით, ანუ მასში მიმდინარე ინფორმაციული პროცესების, კერძოდ, მონაცემთა ნაკადების გადაცემის შეფასების მხრივ.

დღესდღეობით არსებობს თეორიული მეთოდები, რომლებიც საშუალებას იძლევა საკმაოდ ზუსტად და ადეკვატურად განისაზღვროს სიგნალების სხვადასხვა თვისებები და მახასიათებლები, და შესაბამისად, შეფასდეს არხის მიერ აღნიშნული სიგნალების გადაცემის შესაძლებლობა. კომპიუტერულ ქსელებში ნაკადების მნიშვნელობის შეფასებისათვის ზომის ერთეულად მოსახერხებელია აღებულ იქნას ისეთი მახასიათებლები, რომლებიც დაკავშირებულია თავად ქსელში მიწოდებული, მასში გადაცემული, თუ ქსელიდან მიღებული შეტყობინებების ინფორმაციულ მახასიათებლებთან.

ნაკადის მნიშვნელობის შეფასების მოცემული მიდგომის გამოყენების შემთხვევაში აუცილებელია განისაზღვროს, თუ რა ოდენობით ინფორმაციას წარმოქმნის წყარო, როგორია შეტყობინებათა სტატისტიკა, რამდენად ეფექტურად გადასცემს არხი ინფორმაციას, იღებს თუ არა სრულ ინფორმაციას მიმღები და ა.შ. ამასთან, ქსელის თითოეული ელემენტისათვის უნდა მითითებულ იქნას გარკვეული რიცხოვრივი მახასიათებელი. არხისათვის განისაზღვრება მისი გამტარუნარიანობა, იგი დამოკიდებულია სიგნალების სიხშირეზე, რომელიც შეიძლება გადაცემულ იქნას დანაკარგების გარეშე, ასევე “ხმაურის” დონეზე, სიგნალის წყაროს სიმძლავრეზე და ა.შ.

სიგნალებისათვის შეიძლება მითითებულ იქნეს ენერგეტიკული პარამეტრები: სიმძლავრე, სპექტრი, დროითი დამოკიდებულებები, დისპერსია, კორელაციის მახასიათებლები, სიგნალის მნიშვნელობების

აღბათობების გაგრძელების კანონი, სიგნალების მიერ გადაცემული შეტყობინებების სტატისტიკური მახასიათებლები. [35]

ინფორმაციის ოდენობა, რომელიც გამომუშავდება წყაროს მიერ შეიძლება მიღებულ იქნას როგორც მის მიერ შექმნილი ინფორმაციული ნაკადის ერთ-ერთი მახასიათებელი.

მთლიანობაში, კომპიუტერულ ქსელში შეტყობინებათა ინფორმაციული ნაკადის გადაცემის პროცესი წარმოადგენს ერთ, მარავალ განზომილებიან ფუნქციას, რომელიც მოიცავს ინფორმაციულ, დროით და სივრცით პარამეტრებსა და ცვლადებს.

ნაკადის დამდგენი ფუნქციების ტიპი და ხასიათი, ერთის მხრივ, უნდა შეესაბამებოდეს ქსელის არხებში ნაკადების გაგლის რეალურ პროცესებს, ხოლო მეორეს მხრივ, ისინი უნდა განსაზღვრულ იქნეს კომპიუტერული ქსელის მიზნებითა და ამოცანებით.

ზოგიერთ შემთხვევაში ნაკადების მოძრაობა შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს დეტერმინირებული ფუნქციების აპარატის საშუალებით, ამ დროს თავად ნაკადები იქნება დეტერმინირებული. სხვა შემთხვევებში – ნაკადების წარმოდგენა ხდება შემთხვევითი პროცესის (შემთხვევითი მოვლენების ნაკადის) სახით და შესაბამისად გამოიყენება შემთხვევითი მოვლენების თეორიის აპარატი.

2.4.1. სტოქასტიური ნაკადები

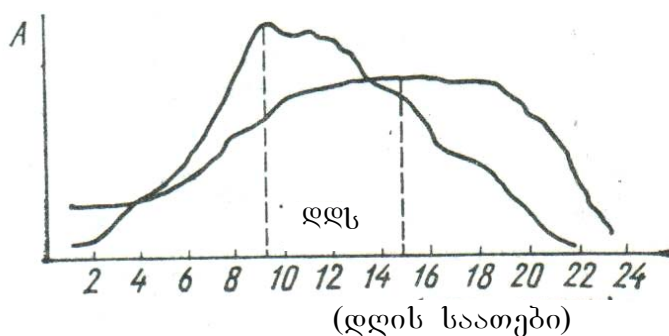
კომპიუტერული ქსელების უმეტეს შემთხვევაში ნაკადებს გააჩნია შემთხვევითი ხასიათი და გამოისახება რთული კომპლექსური მრავალ განზომილებიანი ფუნქციებით. ნაკადის განმსაზღვრელი ასეთი კომპლექსური მრავალ განზომილებიანი ფუნქცია-მატრიცის ანალიზი ყოველთვის არ არის შესაძლებელი, ამიტომ დროით ინფორმაციულ და სივრცით მახასიათებლებს ხშირად განიხილავენ ცალცალკე. გარდა ამისა, ნაკადების ანალიზის ამოცანის გამარტივების მიზნით, მისი გადაწყვეტა ხდება ერთი კონკრეტული არხის ან სხვა ელემენტისათვის. ამ შემთხვევაში, ნაკადი შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს ერთგანზომილებიანი ფუნქციის სახით, რომელიც გამოხატავს დროში გადაცემული ინფორმაციის მოცულობის ცვლილებების

დამოკიდებულებას. გადაცემული ინფორმაციის მოცულობისა და დროითი ინტერვალის ფარდობით შეიძლება მიღებულ იქნეს ისეთი მახასიათებელი, როგორცაა ინფორმაციის ნაკადის გადაცემის სიჩქარე.

ქსელში მიღებული მონაცემთა გადაცემის მუდმივი სიჩქარის შემთხვევაში (საკმაოდ გავრცელებული შემთხვევა), ნაკადი ხასიათდება ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მახასიათებლით – დატვირთვით. იგი წარმოადგენს დროში გადაცემული ცალკეული შეტყობინებების ჯამს და მისი ზომის ერთეულია დაკავების საათი, ანუ იგი დამოკიდებულია მხოლოდ სეანსების სიგრძის გავრცელებაზე.

დროის გარკვეულ მონაკვეთში განსაზღვრული დატვირთვის ფარდობას დროის ამ ინტერვალთან დატვირთვის ინტენსიურობა ეწოდება. დატვირთვის ინტენსიურობა იზომება ერლანგებში. 1 ერლანგი – არის ინტენსიურობა, რომელიც შეესაბამება თანაბარ დატვირთვას 1 დაკავების საათში, ერთი საათის განმავლობაში. [31]

დატვირთვის ინტენსიურობა პრაქტიკულად არასოდეს არ არის მუდმივი, თუმცა ამავე დროს არსებობს გარკვეული კანონზომიერებები მის განსაზღვრაში. ძირითადად მისი მნიშვნელობის შეფასება ხდება დამახასიათებელ საათებში, რომელთაც ყველაზე დიდი დატვირთვის საათები ეწოდება (იხ. სურ. 2.2)

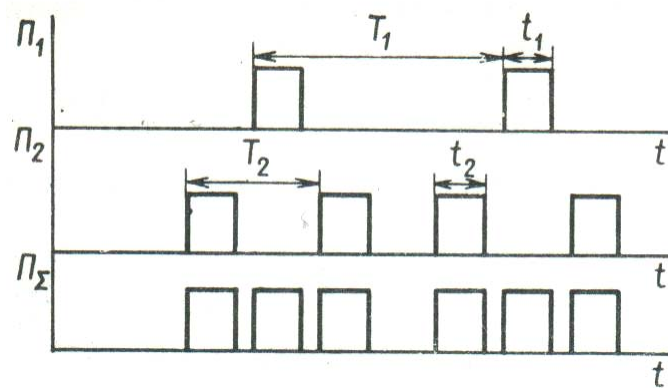


სურ. 2.2. დატვირთვის ცვლილება დღის განმავლობაში

2.4.2. დეტერმინირებული ნაკადები

დეტერმინირებული ნაკადების მახასიათებლებს წარმოადგენს გადაცემული ინფორმაციის მოცულობა შეფარდებული დროსთან, შეტყობინების გადაცემის დაწყების მომენტები, მისი ხარგრძლივობა და

ა.შ. დეტერმინირებული ანაკადების შემთხვევაში ხშირად დგება მისი დროითი მახასიათებლების შეთანხმების ტიპის ამოცანის გადაჭრა. საქმე იმაშია, რომ არა ნებისმიერო ორი ან მეტი დეტერმინირებული ნაკადი შეიძლება იყოს შეხამებული ერთ არხში ან ინფორმაციის გადამამუშავებელ მოწყობილობაში. შეხამებისათვის საჭიროა შესრულდეს პირობა $t_1 + t_2 \leq T_{12}$ (სურ. 1.3). T_{12} -ით აღნიშნულია ყველაზე დიდი საერთო გამყოფი ყოველი თითოეული T_1 ნაკადის პერიოდებისა, ხოლო t_1 და t_2 – არის იმ პირველი და მეორე შეტყობინების გადაცემის დრო, რომლებიც წარმოქმნიან განხილულ ნაკადს.



სურ. 2.3. დეტერმინირებული ნაკადები Π_1 და Π_2 , მათი განაწილება დროში კავშირის ერთ ხაზში.

2.5. კომპიუტერული ქსელის სტატიკური და დინამიური მახასიათებლები

როგორც ნებისმიერი სხვა რთული ტექნიკური სისტემა, კომპიუტერული ქსელიც ხასიათდება იმით, რომ მასში შეიძლება დამატებულ იქნას ახალი ობიექტები, შეიძლება შეიცვალოს მისი ტექნიკური და სხვა საშუალებების კონფიგურაცია, მოხდეს ფუნქციების გადაცემა ელემენტებსა და ქვესისტემებს შორის, გარდა ამისა, იცვლება გარე პირობები: დატვირთვა, ტრაფიკი და ა.შ. არსებული სამეცნიერო მეთოდები იძლევა საშუალებას მოხდეს ერთი პარამეტრებისა და მახასიათებლების ცვლილების პროგნოზირება სხვების შეცვლის შედეგად. თუმცა რაოდენობრივ თანაფარდობებს, რომლებიც განსაზღვრავს ცვლილებების დინამიკას, შეუძლია ისე გაართულოს ისედაც რთული დამოკიდებულებანი პარამეტრებს შორის, რომ მათი ანალიზი გახდება პრაქტიკულად შეუძლებელი. [31]

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ქსელის ფუნქციონირების შესწავლის დროს თავდაპირველად ხდება მახასიათებლების შეფასება იმ დაშვებით, რომ მისი არქიტექტურა უცვლელია. ასევე დაშვებას წარმოადგენს ისიც, რომ ხშირად ქსელის მუშაობა განიხილება ფუნქციონირების სტაციონალურ რეჟიმში, რომლის დროსაც ითვლება უცვლელად ქსელის ტოპოლოგიური სტრუქტურა, მისი ფიზიკური შემადგენლობა და ნაკადების საშუალო მნიშვნელობები. [61]

სტატიკური რეჟიმის ძირითად ამოცანებს წარმოადგენს: ტოპოლოგიური სტრუქტურების დეკომპოზიცია და გარდაქმნა, ნაკადების განაწილება მოცემულ ტოპოლოგიაში, ტოპოლოგიური სტრუქტურის მახასიათებლების შეფასება. [37]

კომპიუტერული ქსელის სტატიკურ ანუ სტრუქტურულ მახასიათებლებს წარმოადგენს:

1. ხაზების საერთო სიგრძე. აქ იგულისხმება ცალკეული ხაზების სიგრძეების ჯამი.
2. ქსელის კვანძებისა და არხების გამტარუნარიანობების მატრიცა. ამ მახასიათებლის ფიზიკური განზომილება დამოკიდებულია ინფორმაციის ოდენობის ზომის ერთეულების (ბიტი/წმ, ნიშანი/წთ.) ან ნაკადების, დატვირთვის ზომის ერთეულების (ერლანგი და ა.შ.) არჩევაზე.
3. კომპიუტერული ქსელის ელემენტების საიმედოობების მატრიცა. იგი დამოკიდებულია ქსელის არხების, საკვანძო აპარატურისა და სხვა კომპონენტების უმტყუნო მუშაობის ალბათობებზე.
4. არხების საერთო სიგრძე. აღნიშნული პარამეტრი იზომება არხოკილომეტრებში.
5. საკომუნიკაციო ქსელის ყველა კავშირის მანძილების ჯამი. იგი განსაზღვრავს კავშირის საშუალებების საერთო მოთხოვნილებას.
6. ყველა კავშირის რანგების ჯამი (უმოკლესი გზების ჯამი).

ქსელის დინამიური მახასიათებლების განსასაზღვრავად, აუცილებელია ქსელი წარმოდგენილ იქნეს, როგორც ურთიერთ დაკავშირებული მასობრივი მომსახურების სისტემების სიმრავლე. მასობრივი მომსახურების სისტემა ხასიათდება შემდეგი ელემენტებით:

1. განაცხადთა შემავალი ნაკადი. მასობრივი მომსახურების სისტემების თეორიაში განაცხადში იგულისხმება გარკვეული პროცესი, რომელიც უშუალოდ ეხება მომსახურების სისტემას. პროცესის ფიზიკური შინაარსი აბსოლიტურად სხვადასხვაა: პროცესორის მიმართვა წაკითხვის მოწყობილობებთან ოპერატიულ მეხსიერებაში და ა.შ.
2. მომსახურე ხელსაწყოები. ეს ხელსაწყოები ახდენენ განაცხადების ნაკადის მომსახურების სისტემის მიზნობრივი ფუნქციის რეალიზაციას, ახორციელებენ მიღებული განაცხადების დამუშავებას. როგორც წესი, დამუშავება ხდება მომსახურების რამდენიმე ფაზის გავლით. თითოეულ ფაზას, ცხადია, შეესაბამება მომსახურე ხელსაწყო ან მისი ნაწილი. თითოეული ფაზის შინაარსი განისაზღვრება განაცხადის ფიზიკური არსით, მომსახურების პროცესის რეალიზაციის პრინციპებით, ასევე თავად ხელსაწყოების ცალკეული თავისებურებებით.
3. მომსახურებული განაცხადების გამავალი ნაკადები. მათთვის, ისევე, როგორც შემავალი ნაკადებისათვის, განისაზღვრება ალბათური მახასითებლები, რომლებიც ითვალისწინებს მასთან დაკავშირებული პროცესების დინამიკასა და სტრუქტურას.

განიხილავენ მასობრივი მომსახურების სისტემების შემდეგ ნაირსახეობებს: სისტემა განაცხადების მომსახურების უარყოფაზე და სისტემა რიგებით. [31]

მასობრივი მომსახურების ნებისმიერი სისტემა ხასიათდება განაცხადების მომსახურების ე.წ. დისციპლინით:

1. არხების ციკლური რეგულარული გამოკითხვა, როდესაც დროის ფიქსირებული ინტერვალების შემდეგ მომსახურე სისტემა რიგრიგობით მიმართავს შემავალ არხებს და იღებს მოწოდებულ განაცხადებს მათი შემდგომი გარდაქმნის მიზნით;
2. პირველი მოვიდა - პირველად იქნა მომსახურებული - ეს არის მომსახურების დისციპლინა, როდესაც რიგიდან იღება ის განაცხადი, რომელიც სხვებზე ადრე შემოვიდა სისტემაში;

3. პირველი მოვიდა - უკანასკნელად იქნა მომსახურებული – მომსახურების ეს დისციპლინა მოსახერხებელია, როდესაც ადგილი აქვს მონაცემების დანაკარგს მოწყობილობების მტყუნების გამო;
4. მიმართვის შემთხვევითი პროცედურა, რომლის დროსაც მომსახურების პროცესი მიბმულია განაცხადის შემოსვლასთან, და რადგანაც ამ უკანასკნელების მიღება ხდება შემთხვევით, შესაბამისად, მომსახურებაც არ ემორჩილება არანაირ წესებს.

ყველა დინამიური მახასიათებელი შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად: საერთო მახასიათებლები, რომლებიც ეხება მთელ ქსელს და კერძო მახასიათებლები, რომლებიც ეხება ცალკეულ ელემენტებს.

საერთო მახასიათებლებს განეკუთვნება – თითოეული სახის განაცხადის მომსახურების საშუალო დროის მნიშვნელობების სიმრავლე, ქსელში მიღებული შეტყობინებების ჯამური რაოდენობა, ასევე მათი მიღების საშუალო სიჩქარე. ხოლო კერძო მახასიათებლებს შეიძლება მივაკუთვნოთ: ქსელის თითოეული ელემენტიდან მეორეში მიღებული შეტყობინებების რაოდენობა, თითოეულ არხში მიღებული შეტყობინებების რაოდენობა, ერთი ელემენტიდან მეორეში შეტყობინების გადაცემის საშუალო დაყოვნება, თითოეულ არხში შეტყობინების გადაცემის საშუალო დაყოვნება და ა.შ. [13]

2.6. შედეგების შეფასება

აღნიშნულ თავში კომპიუტერული ქსელის მაჩვენებლები განხილულია სხვადასხვა კუთხით: ტექნიკური პარამეტრები, ღირებულებითი პარამეტრები, ტოპოლოგიური პარამეტრები, ინფორმაციული ნაკადების განმსაზღვრელი მაჩვენებლები და სტოქასტიური და დეტერმინირებული მაჩვენებლები. ფორმულირებული და დახასიათებულია ყველა ის მაჩვენებელი და პარამეტრი, რომელიც შეიძლება ახასიათებდეს კონპიუტერული ქსელის ფუნქციონირების ხარისხს. სწორედ ამ მაჩვენებლებიდან უნდა იქნეს შერჩეული ძირითადი პარამეტრები ქსელის შემდგომი ოპტიმიზაციის ამოცანის დასმისა და გადაჭრის მიზნით.

თავი 3. კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონირების ეფექტურობა

მნიშვნელოვანი ადგილი კომპიუტერული ქსელის პროექტირებისა და ოპტიმიზაციის დროს უკავია გადაწყვეტილების მიღებას. პირველ რიგში საჭიროა ამ გადაწყვეტილების მიღების მომზადება, რომელიც მდგომარეობს რამდენიმე ალტერნატივის ურთიერთშედარებასა და მათ შორის საუკეთესოს არჩევაში. ამრიგად, ოპტიმიზაციის დაწყებამდე უნდა განხორციელდეს ქსელის ოპტიმიზაციის მიზანშეწონილობის დასაბუთება, ანუ უნდა მოხდეს არსებული ვარიანტის შედარება შესაძლო ვარიანტებთან, რომელთაგან შერჩეულ იქნება საუკეთესო.

ასეთი შედარების განსახორციელებლად, პირველ რიგში საჭიროა შეთანხმება იმაზე, თუ რა მნიშვნელობა იღება მცნებაში “საუკეთესო” ვარიანტი და როგორ უნდა მოხდეს რაოდენობრივად თითოეული ვარიანტის ხარისხის შეფასება. სხვა სიტყვებით, საჭიროა შერჩეულ იქნას კომპიუტერული ქსელის ეფექტურობის მაჩვენებელი. აღნიშნული ეფექტურობის მაჩვენებელი უნდა ახასიათებდეს კომპიუტერული ქსელის ყველა ფუნქციონალური ამოცანის შესრულების ხარისხს; უნდა ითვალისწინებდეს იმ რესურსების დანახარჯს, რომლებიც აუცილებელია ქსელის ფუნქციონალური დანიშნულების შესასრულებლად; უნდა გააჩნდეს ნათელი და ერთმნიშვნელოვანი ფიზიკური აზრი და ჰქონდეს რაოდენობრივი ხასიათი; ასევე უნდა იყოს დაკავშირებული ფუნქციონალური დამოკიდებულებებით ქსელის ტექნიკურ მახასიათებლებთან და მის სტრუქტურასთან; უნდა უშვებდეს მიახლოებით შეფასებას ექსპერიმენტალურ მონაცემებთან მიმართებაში და გააჩნდეს დაბალი დისპერსია. [39]

ქსელის ეფექტურობის მაჩვენებლის შერჩევასას უნდა გათვალისწინებულ იქნას ის მოთხოვნები, რომლებიც წაყენებულია ქსელის ფუნქციონირების მიმართ. იმ ვარიანტების ეფექტურობა, რომლებიც არ აკმაყოფილებს აღნიშნულ მოთხოვნებს, შეფასებას არ ექვემდებარება და ისინი არ შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც ალტერნატივები.

განვიხილოთ, თუ როგორ ხდება კომპიუტერული ქსელის ეფექტურობის მაჩვენებლის არჩევა, ასევე რომელი მახასიათებლების შერჩევაა მიზანშეწონილი ეფექტურობის მაჩვენებლის სახით და როგორ ხდება მათი გამოყენება ქსელის ოპტიმიზაციის დროს.

3.1. ქსელის ეფექტურობის კრიტერიუმის არჩევის პრინციპი

კომპიუტერული ქსელის ოპტიმიზაციის მიზანი არის, როგორც წესი, ფინანსური და სხვა რესურსების ეკონომია. რა თქმა უნდა თითოეულ კონკრეტულ კომპიუტერულ ქსელს გააჩნია თავისი ფუნქცია და მისთვის განსაზღვრულია ამოცანები, რომლებიც უნდა იქნეს გადაჭრილი, მაგრამ ამ ამოცანებთან ერთად ყოველთვის დგას ეკონომიის ამოცანა, რომელიც შეიძლება გულისხმობდეს თანხების, დროის ან ნებისმიერი სხვა რესურსის ეკონომიას. ამ ეკონომიის მიღების ხერხები სხვადასხვაა. მისი მიღება შესაძლებელია ქსელის, როგორც ფიზიკური სტრუქტურის, ასევე მისი პროგრამული უზრუნველყოფის გაუმჯობესებისა და მოდერნიზაციის გზით.

აღსანიშნავია, რომ თავად ქსელის ფუნქციონირების მიზნების გათვალისწინებით უნდა განხილულ იქნეს მხოლოდ ის შესაძლო ვარიანტები, რომლებიც უზრუნველყოფს აღნიშნული მიზნის შესრულებას. ვთქვათ თუ არსებული ქსელის ექსპლოატაციის დანახარჯები დროის ერთეულში შეადგენდა $S1$ ლარს, ხოლო ოპტიმიზაციის შედეგად შენარჩუნებულ იქნა ყველა აუცილებელი ფუნქციის შესრულება იგივე დონეზე, ხოლო საექპლოატაციო დანახარჯებმა შეადგინა $S2$ ლარი, ($S2 < S1$), მაშინ აღნიშნული ოპტიმიზაციის მიზანშეწონილობა შეიძლება განისაზღვროს $S1-S2$ სხვაობით. [40]

ეფექტურობის მაჩვენებლის გამოთვლა წარმოადგენს კომპიუტერული ქსელის ოპტიმიზაციის მიზანშეწონილობის ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების საფუძველს. იმისათვის, რომ შესრულდეს ეს გამოთვლა, აუცილებელია განხორციელდეს მომავალი ქსელის უმნიშვნელოვანესი ტექნიკური პარამეტრების დაახლოებითი შეფასება,

განისაზღვროს იმ ფუნქციონალურ ამოცანათა ერთობლიობა, რომელთა გადაჭრაც წარმოადგენს მოცემული ქსელის ფუნქციონირების მიზანს, ასევე, განისაზღვროს ექსპლუატაციის რეჟიმის პირობები, მისდამი მოთხოვნები და ა.შ. და ბოლოს, უნდა დადგენილ იქნეს ფუნქციონალური დამოკიდებულებანი, რომლებიც აკავშირებს ზემოაღნიშნული ძირითადი პარამეტრებს ერთმანეთთან და ასევე დანახარჯებთან ქსელის ოპტიმიზაციასა და შემდგომ ექსპლუატაციაზე. ამასთან, სირთულე მდგომარეობს იმაში, რომ დანახარჯების ტექნიკურ პარამეტრებთან დამოკიდებულების წარმოდგენა (ანუ მისი განხილვა n ცვლადების შემცველი ფუნქციის სახით) პრაქტიკულად შეუძლებელია. შეიძლება გამოყენებულ იქნას ორი მიდგომა:

1. გამომდინარე გამოცდილებიდან მიღებული ცოდნიდან ზოგიერთი ცვლადების მნიშვნელობებისათვის მოხდეს მათი ექსტრაპოლირება სხვა ცვლადების პროექტირებისა და ოპტიმიზაციის გამოცდილების გამოყენებით;
2. იქიდან გამომდინარე, რომ ცნობილია ფუნქციის მნიშვნელობა ზოგიერთ წერტილში, ჩაითვალოს, რომ მისი მატება ცვლადების ცვლილებისას არის ადიტიური.

ეს შეფასებები იძლევა საშუალებას დადგენილ იქნეს პარამეტრების მნიშვნელობების ის საზღვრები, რომელთა დროსაც ქსელი ასრულებს თავის ფუნქციონალურ ამოცანებს. ამიტომ ამ პარამეტრების ჩამონათვალი და მათი მისაღები (დასაშვები) ან მოთხოვნილი მნიშვნელობები იდება ტექნიკურ დავალებაში. ტექნიკური დავალების შეთანხმება და დამტკიცება ქსელის ოპტიმიზაციის დროს უმნიშვნელოვანესია. თავად ოპტიმიზაციის პროცესში აღნიშნულ დავალებაში მოცემული პარამეტრები შეიძლება მხოლოდ გაუმჯობესდეს, ნებისმიერი ვარიანტი, რომლის დროსაც ამ პარამეტრებიდან ნებისმიერი გაუარესდა გულისხმობს, რომ ქსელი არ ასრულებს თავის ფუნქციებს. [42]

დანახარჯების შეფასება, რომლებიც გაკეთებულია ტექნიკური-ეკონომიკური დასაბუთების დროს არ უნდა იქნეს გადამეტებული ქსელის პროექტირების, ოპტიმიზაციის და შემდგომი ექსპლუატაციის დროს. გასაგებია, რომ მათ შემცირებას მიყვევართ ქსელის

ეფექტურობის გაზრდამდე (ამასთან ტექნიკურ დაგაღებაში მოცემული მაჩვენებლების მნიშვნელობები არ უნდა გაუარესდეს), ამიტომ ხარჯების მინიმიზაციის ამოცანა აქტუალურია ქსელის შექმნის, ოპტიმიზაციისა და ექსპლოატაციის ნებისმიერ ეტაპზე.

შესაბამისად, მეორე დასკვნა: პირობები, რომლის დროსაც ქსელი აკმაყოფილებს თავის ფუნქციონალურ დანიშნულებას, განისაზღვრება ტექნიკურ დაგაღებაში ძირითადი პარამეტრების მნიშვნელობების ერთობლიობის სახით. მათი გამოსვლა დადგენილი ფარგლებიდან განიხილება, როგორც ქსელის ფუნქციონალური დანიშნულების არ შესრულება.

კომპიუტერული ქსელის პროექტირების (ოპტიმიზაციის) საწყის ეტაპზე, როგორც წესი, ხდება ქსელის რამდენიმე ვარიანტის შედარება. ყველა განხილულ ვარიანტში ტექნიკურ დაგაღებაში მოცემული პარამეტრების მნიშვნელობები არ უნდა იყოს დადგენილზე უარესი, ხოლო დანახარჯები ქსელის შექმნასა და ექსპლუატაციაზე უნდა იყოს გათვლილი მნიშვნელობების ფარგლებში იმ შეფასებების შესაბამისად, რომლებიც გაკეთებულ იქნა ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების ეტაპზე. შესაბამისად, განხილული ვარიანტები შეიძლება განსხვავდებოდეს:

1. ტექნიკურ დაგაღებაში მოცემული პარამეტრების გაუმჯობესების მხრივ;
2. იმ პარამეტრების მნიშვნელობების მხრივ, რომლებიც არ არის მოცემული ტექნიკურ დაგაღებაში;
3. ზემოთ მოცემული ფაქტორების ერთობლიობით.

პირველ შემთხვევაში, ტექნიკურ დაგაღებაში მოცემული პარამეტრების ცვლილების გავლენა დანახარჯებზე შეიძლება შეფასდეს, რადგანაც მათ შორის ფუნქციონალური დამოკიდებულებები უნდა დადგენილ იქნას ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების სტადიაზე. გამომდინარე აქედან, პირველ შემთხვევაში შედარებითი ანალიზისათვის დასაშვებია საერთო ეკონომიკური მაჩვენებლის გამოყენება. [41]

პარამეტრები, რომლებიც არ შედის ტექნიკურ დაგაღებაში, არ ახდენს უშუალო გავლენას ქსელის ფუნქციონალური დანიშნულების

შესრულებაზე. თუმცა, ხშირად, მათ ცვლილებას მიყვებართ დანახარჯების ცვლილებამდე შექმნასა და ექსლუატაციაზე. ამიტომ შედარებით ანალიზისათვის, მეორე შემთხვევაში გამოიყენება მხოლოდ ხარჯების შეფასება ხარჯებსა და შეცვლილ პარამეტრს შორის ერთგანზომილებიანი დამოკიდებულების გამოყენებით და იმ დაშვებით, რომ საერთო ცვლილება არის ცალკეული შემადგენლების ადიტიური ფუნქცია. რაც უფრო მეტი პარამეტრებია ჩამოთვლილი ტექნიკურ დავალებაში, მით უფრო ნაკლებად არის შესაძლებელი ვარიანტების შედარება.

მესამე შემთხვევა აერთიანებს პირველ ორს; შესაძლებელია ორივე მიდგომა.

პროექტირებისა და ოპტიმიზაციის პროცესში კომპიუტერული ქსელის შექმნის ამოცანა და საერთო მოთხოვნები, რომლებიც ჩამოთვლილია ტექნიკურ დავალებაში, გადამუშავდება, როგორც მოთხოვნები ცალკეული ქვესისტემების, კვანძებისა და ელემენტების პარამეტრების მიმართ. [44]

ქსელის შემადგენელი ნაწილების მიმართ მოთხოვნების გამომუშავების დროს გამოიყენება ეფექტურობის ის კრიტერიუმები, რომელთა საფუძველზეც განისაზღვრება ქსელის თითოეული ნაწილის პარამეტრების რაციონალური მნიშვნელობები.

მთელი ქსელის ტექნიკურ დავალებაში მოცემული პარამეტრებისა და თითოეული ქვესისტემისა და მოწყობილობის ტექნიკურ დავალებაში მოცემული პარამეტრების მნიშვნელობებს შორის შესაბამისობის დადგენა არის ქსელის პროექტირებისა და ოპტიმიზაციის ერთერთი ურთულესი და უმნიშვნელოვანესი პრობლემა.

მესამე დასკვნა: ქსელის ტექნიკური დავალების მოთხოვნების გადანაწილება სისტემის ცალკეულ ელემენტებზე არის არა მხოლოდ ტექნიკური, არამედ ეკონომიკური ამოცანაც.

დავუშვათ, რომ საერთო ტექნიკური დავალება მთელ ქსელზე ასახულია კერძო ტექნიკურ დავალებებში ცალკეულ ელემენტებზე და ქვესისტემებზე, და გადავიდეთ რომელიმე ელემენტის პროექტირების დონეზე კერძო ტექნიკური დავალების საფუძველზე. ამ დონეზე, ისევე როგორც მთელი სისტემის დონეზე, საჭირო ხდება სხვადასხვა

ვარიანტების შედარება. თუმცა, ახლა პარამეტრები ჩმოთვლილი ტექნიკურ დავალებასში, როგორც წესი, არ არის უშუალოდ დაკავშირებული სისტემურ მახასიათებლებთან. ამ ეტაპზე ასევე გამოიყენებენ საერთო ეკონომიკურ მახასიათებელს ან მის ცალკეულ შემადგენელ ნაწილებს უკეთესი გადაწყვეტილების მოსაძიებლად.

მოწყობილობის ნებისმიერი ტექნიკური პარამეტრის ცვლილება ყოველთვის დაკავშირებულია გარკვეულ ცვლილებებთან ტექნიკურ და პროგრამულ საშუალებებში. სხვა სიტყვებით, არსებობს კავშირი მოწყობილობის პარამეტრებსა და მასზე დახარჯულ ტექნიკურ და პროგრამულ რესურსებთან R , რომელიც შეიძლება გამოსახულ იქნას ხარჯების ეკონომიკური მაჩვენებლის საშუალებით: [41]

$$S = \delta SR, R = f^{-1}(S/\delta S)$$

სადაც:

δS – არის რესურსების ერთეულზე გაწეული ხარჯები.

თუმცა, თუ δS სიდიდე ერთიდაიგივეა ყველა ვარიანტისათვის, შედარება შეიძლება განხორციელდეს S სიდიდის მიხედვით

მეოთხე დასკვნა: იმისათვის რომ განხორციელდეს კომპიუტერული ქსელისა და მისი ელემენტების პროექტირება და ოპტიმიზაცია, აუცილებელია ტექნიკურ პარამეტრებსა და აპარატურულ და პროგრამულ რესურსებზე გაწეულ დანახარჯებს შორის არსებული დამოკიდებულებებისა და ასევე ამ რესურსების ერთეულზე გაწეული ფინანსური დანახარჯების ცოდნა.

ვარიანტის ასარჩევად დიდი მნიშვნელობა აქვს შემთხვევას, როდესაც ვარიანტები ერთმანეთისაგან განსხვავდება არა მხოლოდ R -ის სიდიდით, არამედ, როდესაც R -ის მნიშვნელობის გაუარესებასთან ერთად უმჯობესდება რომელიმე სხვა მახასიათებელი ან მახასიათებელთა ერთობლიობა. არაა გამორიცხული ის შესაძლებლობაც, რომ ეს ცვალებადი მახასიათებლები სხვადასხვა ვარიანტებში სხვადასხვაა. ამ პირობებში წარმოიშევა ისეთი ეფექტურობის მაჩვენებლის დადგენის ამოცანა, რომელიც დააკავშირებს დანახარჯებს ერთის მხრივ და ზოგიერთი მახასიათებლების გაუმჯობესებას, მეორეს მხრივ.

ასეთი არჩევანის არაერთმნიშვნელოვნებას და ამავე დროს მის დიდ მნიშვნელობას მივეყვართ შერჩეული მაჩვენებლის მკაცრი დასაბუთების აუცილებლობასთან მისი ტექნიკურ დაგალებასა და საერთო სისტემური ეკონომიკურ მახასიათებელთან კავშირის გათვალისწინებით.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, უპირველეს ყოვლისა საჭიროა კომპიუტერული ქსელის ძირითადი ფუნქციების განსაზღვრა და მისი ბაზური არქიტექტურის დამუშავება.

ტერმინი “ქსელური არქიტექტურა” გულისხმობს ბევრ რამეს იქიდან რისი მოძებნაც შეიძლება ლექსიკონში სიტყვაზე “არქიტექტურა”. ქსელური არქიტექტურა ეხება ქსელის პროექტირებისა და აგების, ასევე ქსელის ცალკეული კომპონენტების ურთიერთქმედების კონტრუქციის საკითხებს.

ქსელური არქიტექტურა შეიძლება გაგებულ იქნას, როგორც კონტრუქცია ან ინფრასტრუქტურა, რომელიც საფუძვლად უდევს ქსელის ფუნქციონირებას. აღნიშნული ინფრასტრუქტურა შედგება რამდენიმე ძირითადი შემადგენელისაგან, კერძოდ ქსელის ტოპოლოგია, კაბელური გაყვანილობა და მათი შემაერთებელი მოწყობილობები – ხიდები, მარშრუტიზატორები და კომუტატორები. ქსელის პროექტირებისა და ოპტიმიზაციის დროს აუცილებელია თითოეული აღნიშნული ქსელური რესურსის გათვალისწინება და იმის განსაზღვრა თუ კონკრეტულად რომელი რესურსები უნდა იქნეს გამოყენებული, და როგორ უნდა იქნეს ისინი განლაგებული ქსელში იმისათვის, რომ მოხდეს ქსელის მწარმოებლურობის ოპტიმიზაცია, უფრო გამარტივდეს მისი მართვა და დარჩეს ქსელის შემდგომი გაზრდის საშუალება. [43]

3.2. კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონირების ხარისხის მახასიათებლები

როგორც უკვე ავღნიშნეთ, კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონირების შეფასება ხდება შემდეგი ძირითადი მახასიათებლების საშუალებით: კავშირების საერთო რაოდენობა, დროითი მახასიათებლები, საიმედოობა, ინფორმაციის გადაცემის უტყუარობა,

ინფორმაციის დაცულობა და მთლიანობა, საინფორმაციო-გამომთვლელ რესურსებთან მიმართვის შესაძლებლობა და ა.შ.

განვიხილოთ თუ რამდენად არის მიზანშეწონილი აღნიშნული მახასიათებლების კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონირების ეფექტურობის კრიტერიუმებად შერჩევა.

ქსელის კავშირების საერთო რაოდენობა – განსაზღვრავს მის პოტენციალურ შესაძლებლობას დაამყაროს ურთიერთქმედება მომხმარებლებსა და განაწილებულ რესურსებს შორის. რაც უფრო მეტ მომხმარებელს შეუძლია ჩაერთოს ქსელში, მით უფრო სრულყოფილია ქსელი. [49]

ქსელის დროითი მახასიათებლები არის ძალიან მნიშვნელოვანი იმ მხრივ თუ რამდენად ჩქარა ხდება მომხმარებელთა მომსახურება. მომხმარებელთა მომსახურების სისწრაფის შესაფასებლად გამოიყენება შემდეგი მაჩვენებლები: მიღწევის საშუალო დრო, რომელიც მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ქსელის ზომებზე, მომხმარებელთა მოშორებულობაზე, ქსელის დატვირთვაზე და ბევრ სხვა ფაქტორზე; მომსახურების საშუალო დრო, რომელიც გვიჩვენებს, თუ რა დრო იხარჯება მომხმარებლის მოთხოვნის დამუშავებაზე მუშაობის ამა თუ იმ რეჟიმის დროს.

მომსახურების საიმედოობა – ახასიათებს ქსელის უმტყუნო მუშაობის ალბათობას, მოხმარებელთან ურთიერთქმედების დროს, რესურსებთან ხელსაყრელი მიმართვით, ასევე დიაგნოსტიკისა და რეზერვირების საშუალებების არსებობას, რომლებიც გამოიყენება მომსახურების ხარისხის გასაუმჯობესებლად და საიმედოობის ასამაღლებლად.

ინფორმაციის გადაცემის უტყუარობა, მისი დაცულობა და მთლიანობა – განსაზღვრავს იმ შესაბამისი პროცედურების შესრულების ხარისხს, რომლებიც დაკავშირებულია ქსელში მონაცემთა გადაცემას, შენახვასა და განაწილებასთან. აღნიშნული პროცედურები დამოკიდებულია მათი მართვის ორგანიზაციის პრინციპებზე, ასევე შესაბამისი ქსელური ქვესისტემებისა და მომხმარებლების ფუნქციონირების წესებისა და ნორმებზე.

საინფორმაციო-გამომთვლელ რესურსებთან მიმართვის შესაძლებლობა – არის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თვისება. აღნიშნული შესაძლებლობის რეალიზაციისათვის სააბონენტო სისტემებს უნდა გააჩნდეს მათემატიკური უზრუნველყოფის საშუალებები და პროტოკოლები, რომლებიც უზრუნველყოფს მოთხოვნილი რესურსების გამოძახებისა და აქტივაციის ფუნქციებს მომხმარებლის უფლებამოსილებების გათვალისწინებით.

ქსელური ტოპოლოგიური სტრუქტურების ანალიზს, მათი აღწერისა და წარმოდგენის მეთოდებს აქვს უშუალო კავშირი ქსელების გამოკველევისა და სხვადასხვა პარამეტრების შესაბამისად მათი ოპტიმალური ვარიანტის აგების მრავალრიცხოვანი ამოცანების გადაჭრასთან. ამ ამოცანებს შორის შეიძლება გამოყოფილ იქნას სამი დამახასიათებელი ჯგუფი:

1. ადეკვატური ტოპოლოგიური აღწერის შედგენა (ტოპოლოგიური მოდელირების ამოცანები);
2. ქსელის მოცემული სტრუქტური მახასიათებლების განსაზღვრა;
3. ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაცია ან/და თავად ქსელის ოპტიმიზაცია ამა თუ იმ ტოპოლოგიური სტრუქტურის ფარგლებში.

პირველი ჯგუფის ამოცანებს განეკუთვნება ისეთი ამოცანები, რომლებშიც საჭიროა ქსელის პირველადი კონცეპტუალური აღწერის თანახმად შედგენილ იქნეს მისი ტოპოლოგიური სტრუქტურა, ანუ განისაზღვროს საინფორმაციო კვანძებისა და მათ შორის კავშირების ქვესისტემები და ელემენტები. ამ ამოცანების გადაჭრის პროცესში წარმოიშვება აღნიშნული ელემენტებისა და მათი შეერთების სქემების კლასიფიკაციის საჭიროება მათი სახეობების, დანიშნულების და მდებარეობის მიხედვით; ასევე აუცილებელია მოცემულ იქნეს ინფორმაციული ნაკადების მიმართულებები, კლასიფიცირებულ იქნეს ქსელის ტოპოლოგიის ფორმირებადი მოდელი და მინიშნებულ იქნეს ძირითადი მახასიათებლები. [52]

მეორე ჯგუფის ამოცანების გადაჭრისას განისაზღვრება ქსელი ტოპოლოგიური სტრუქტურის პოტენციური შესაძლებლობები, კავშირებისა და ელემენტების ურთიერთქმედების სქემების მოცემულ

სტრუქტურაში გადანაწილების პირობები, ქსელის საწყისი ტოპოლოგიის გარდაქმნის ექვივალენტური პირობები. მოცემული მოთხოვნებისა და მახასიათებლების უზრუნველყოფა – არის აღნიშნული ჯგუფის ამოცანების ერთ-ერთი ძირითადი პირობა.

ქსელების თეორიის შეფასებისას ოპტიმალური ვარიანტების აგებასთან მიმართებაში, რომლებიც განეკუთვნება მესამე ჯგუფის ამოცანებს, უნდა აღინიშნოს, რომ ამ შემთხვევაში შეუძლებელია ამოცანების ზუსტი და მკაცრი ფორმალიზება და გადაწყვეტა. მესამე ჯგუფის ამოცანათა უმრავლესობა – არის მაღალი სირთულის ამოცანები. ამასთან ერთად ისინი არის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი, რადგანაც სწორი მიდგომისა და მათი გადაჭრის შემთხვევაში შეიძლება მიღებულ იქნას მნიშვნელოვანი სარგებელი ქსელების პროექტირებისა და შემდგომი ოპტიმიზაციის დროს.

კომპიუტერული ქსელების ოპტიმიზაციის ამოცანების გადაწყვეტის მეთოდულაში გამოიყოფა სამი ძირითადი მიდგომა: ანალიტიკური, ევრისტიკული და იმიტაციური. [26] [36]

ამ ამოცანების გადაჭრის თავისებურებას წარმოადგენს ის, რომ თითოეული მიდგომის დროს გამოიყენება მათემატიკური აპარატი, რომელიც წარმოადგენს მათემატიკის ერთ-ერთ დიდ დანაყოფს – გრაფების თეორიას. [38]

პრაქტიკული ამოცანების გადაჭრისას, რომლებიც დაკავშირებულია ქსელის ტოპოლოგიის ანალიზთან, ხშირად არ არის საკმარისი გრაფების სტრუქტურული მახასიათებლების შეფასების შესრულება, არამედ მოითხოვება გარკვეულ გრაფებს მიენიჭოს დამატებითი თვისებები. ამასთან, გრაფზე ისინი განისაზღვრება სპეციალური ფუნქციებით, ხოლო გრაფებს ასეთ შემთხვევაში ეწოდება აწონილი.

ფუნქციები შეიძლება მოცემულ იქნას მხოლოდ წვეროებზე ან წიბოებზე, ან ერთდროულად წვეროებზე და წიბოებზე. ფუნქციების ფიზიკური არსი პრინციპში განსხვავებულია. ეს არის კომპიუტერული ქსელის ზოგიერთი რეალური მახასიათებელი: არხების გამტარუნარიანობა, შეტყობინებათა ნაკადების ინტენსიურობა, აპარატურის ელემენტების საიმედოობა და სხვა. აწონილ გრაფებს

განიხილავენ ისეთ ამოცანებთან მიმართებაში, რომლებიც შეიძლება დახასიათებულ იყოს როგორც ტოპოლოგიური სტრუქტურის მინიმიზაციის ამოცანები. [47]

ტოპოლოგიური სტრუქტურის მატრიცული სახით წარმოადგენისას ხდება ქსელური რესურსებისა და მაჩვენებლების განაწილება კვანძების, არხებისა და ქსელის სხვა ძირითადი ელემენტების მიხედვით. გამოიყოფა სტრუქტურული მატრიცები და გრაფები, რომლებიც განსაზღვრავენ ქსელის ტოპოლოგიას: კვანძების ინციდენციის და მოსაზღვრეობის მატრიცები, ტევადობისა და კავშირუნარიანობის მატრიცები და ა.შ. თუ მათში ჩავდებთ გარკვეულ ფიზიკურ აზრს, მაშინ მივიღებთ მატრიცების რიგს, რომლებიც ახასიათებს საინფორმაციო ქსელს პრაქტიკულ მიმართებაში. ეს არის არხების საინფორმაციო ტევადობის, გამტარუნარიანობების, საიმედოობისა და ღირებულებების მატრიცები.

ტოპოლოგიის არჩევა ეფუძნება ამა თუ იმ საწყის მოთხოვნებს, რომელთა სახითაც შეიძლება გამოყენებულ იქნას, მაგალითად: ქსელის მოცემული კავშირუნარიანობა, საიმედოობა, ღირებულება და ა.შ. [43]

ყველა ამოცანა, რომელიც ეხება ტოპოლოგიის შეფასებასა და არჩევას, შეიძლება დაყოფილ იქნეს ორ კატეგორიად: ამოცანები ქსელის სტატიკურ მოდელზე და ამოცანები დაკავშირებული ქსელის ფუნქციონირების პროცესის დინამიკის ანალიზთან. მათი გადაჭრის მიზნით საჭიროა კომპიუტერულ ქსელებში ინფორმაციის ნაკადების თეორიის გარკვეული დონეზე ცოდნა.

როგორც ცნობილია, ქსელის ფუნქციონირების პროცესში ხდება ინფორმაციის ურთიერთგაცვლა ქსელურ კვანძებსა და მის სხვა ელემენტებს შორის, ანუ ადგილი აქვს ინფორმაციის ნაკადებს.

თეორიულ ასპექტში ქსელებში ნაკადები მოიცემა რიცხობრივი ფუნქციებით ან მნიშვნელობებით, რომლებიც მიეთითება ამა თუ იმ ქსელის ამსახველი გრაფების წიბოებზე. კომპიუტერული ქსელების არხები და სხვა ელემენტები ასევე ხასიათდება სხვადასხვა ინფორმაციული მახასიათებლებით, რომლებიც განისაზღვრება ქსელის სტრუქტურული მატრიცების წონითი კოეფიციენტების სახით. ქსელის ელემენტებისა და ნაკადების მახასიათებლებს შორის უნდა ადგილი

ჰქონდეს გარკვეულ შესაბამისობებს, რომლებიც უზრუნველყოფს ქსელის მუშაობის ნორმალურ რეჟიმს.

ქსელში ნაკადების განაწილების მახასიათებლების ანალიზი ხორციელდება უშუალო ლოგიკური კავშირით ქსელის ტოპოლოგიური სტრუქტურის შესაძლებლობებთან. მაგალითად, გრაფის სახით შეიძლება მოცემულ იქნას გარკვეული ქსელი. საჭიროა განისაზღვროს შეუძლია თუ არა ამ ქსელს კავშირუნარიანობის, მიღწევადობის მოცემული მახასიათებლებიდან გამომდინარე უზრუნველყოფის საინფორმაციო ნაკადების ურთიერთგაცვლის მოთხოვნილი დონე კვანძებს, მომხმარებლებსა და სააბონენტო სისტემებს შორის.

აღნიშნული სახის ამოცანების გადაჭრისას ასევე უნდა განსაზღვრულ იქნეს თუ როგორი მოდელებით (დეტერმინირებული თუ შემთხვევითი) შეიძლება იქნეს წარმოდგენილი ნაკადები ქსელში. ამაზე დამოკიდებულებით ხდება მათი მახასიათებლების შეფასების მეთოდების შერჩევა.

დეტერმინირებული ნაკადების მახასიათებლებია: გადაცემული ინფორმაციის ოდენობა დროსთან მიმართებაში, შეტყობინების გადაცემის დაწყების მომენტები, მისი ხანგრძლივობა და ა.შ.

შემთხვევითი ნაკადები ხასითდება მათი წარმოქმნილი მოვლენათა განაწილების ალბათობებით.

უნდა აღინიშნოს, რომ ნაკადებთან მიმართებაში ქსელებში შეიძლება გამოყოფილ იქნას ამოცანების ორი კლასი:

1. ნაკადების განაწილების ოპტიმიზაციის ამოცანები ქსელის წინასწარ განსაზღვრული ტოპოლოგიის მიხედვით;
2. ამოცანათა კლასი, რომელიც თავის თავში აერთიანებს ტელეტრაფიკის თეორიის ძირითად ამოცანებს, რომლებიც იძლევა არხებისა და კვანძების დატვირთვების შეფასებას და ქსელში სხვადასხვა საინფორმაციო პროცესების რეალიზაციისა და ინფორმაციის გადამუშავების მხრივ მისი პოტენციალური შესაძლებლობის განსაზღვრას.

პირველი კლასის ამოცანებს განეკუთვნება, მაგალითად, მოცემულ გრაფზე უმოკლესი გზების ძიება, ქსელის ცენტრალური კვანძის განლაგება, მაქსიმალური ნაკადის განსაზღვრა და ა.შ. მეორე კლასის

ამოცანებს განეკუთვნება ტელეტრაფიკის თეორიის ამოცანები, აქ შეიძლება გამოყოფილ იქნეს როგორც კომბინატორიკისა და მათემატიკური სტატისტიკის მარტივი ამოცანები (ნაკადების ალბათური მაჩვენებლების განსაზღვრის ამოცანები ექსპერიმენტალური დაკვირვებებისა და ცდების შედეგად), ასევე უფრო რთული ამოცანები (ნაკადების შედარება პუასონის განაწილებასთან).

როგორც უკვე ავღნიშნეთ, კომპიუტერული ქსელი ისევე, როგორც ნებისმიერი სხვა რთული ტექნიკური სისტემა, ხასითდება იმით, რომ მასში შეიძლება ჩართულ იქნეს ახალი სფეროები და ობიექტები, შეიძლება შეცვლილ იქნეს ტექნიკური და სხვა საშუალებების კონფიგურაცია, მოხდეს ელემენტებსა და ქვესისტემებს შორის ფუნქციების გადანაწილება. ასევე მოხდეს გარე ფაქტორების, კერძოდ, დატვირთვის, ტრაფიკის და ა.შ., ცვლილება. ყოველივე ეს ცხადია გავლენას ახდენს კომპიუტერული ქსელის მახასიათებლების მნიშვნელობებზე.

შესაბამისად, როგორც უკვე ავღნიშნეთ, კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონირების ხარისხის განსაზღვრისა და მისი ოპტიმიზაციისათვის უმნიშველოვანეს საკითხს წარმოადგენს მის ძირითად მახასიათებლებს შორის ურთიერთკავშირების შეფასება. ოპტიმალური კომპიუტერული ქსელის ასაგებად აუცილებელია იმის დადგენა, თუ რა გავლენას ახდენს ერთი მახასიათებლის ცვლილება სხვა მაჩვენებლებზე.

3.3. კომპიუტერული ქსელის ძირითად პარამეტრებს შორის ურთიერთდამოკიდებულების დადგენა და შეფასება

კომპიუტერული ქსელების მახასიათებლების შესწავლისა და მისი ფუნქციონირების ეფექტურობის განსაზღვრის შედეგად შეიძლება გამოვლენილ იქნეს შემდეგი ურთიერთკავშირები და ურთიერთდამოკიდებულებანი ძირითად პარამეტრებს შორის: [63]

1. ტოპოლოგია – ღირებულება,
2. ტოპოლოგია – საიმედოობა,
3. ტოპოლოგია – დროითი მახასიათებლები,
4. ღირებულება – დროითი მახასიათებლები,

5. ღირებულება – საიმედოობა,

განვიხილოთ აღნიშნული ურთიერთდამოკიდებულებანი უფრო დეტალურად:

1. ტოპოლოგია - ღირებულება

უნდა აღინიშნოს, რომ კომპიუტერული ქსელის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მახასიათებელი არის მისი ტოპოლოგია. თავად ტოპოლოგია ხასიათდება მთელი რიგი მაჩვენებლებით, რომლებსაც განეკუთვნება: სირთულე, იერარქიულობა, სტრუქტურის დიამეტრი, კავშირუნარიანობა, სიმკვრივე, ტოპოლოგიის ცვალებადობა, ადაპტაციის უნარი, საიმედოობა, სიცოცხლის უნარიანობა, პარალელურობა, ზრდის უნარი, ტოპოლოგიური სიჭარბე.

ტოპოლოგია ურთიერთდაკავშირებულია ყველა სხვა მახასიათებლებთან, იგი ახდენს მნიშვნელოვან გავლენას მათზე, თუმცა, მეორეს მხრივ, თავად ტოპოლოგიის შერჩევა დამოკიდებულია ქსელის ქმედითუნარიანობის, საიმედოობისა და ღირებულების მოთხოვნილ მნიშვნელობებზე.

კომპიუტერული ქსელის პროექტირებისა და ოპტიმიზაციის დროს ყოველთვის დგება აღნიშნული სამუშაოების ეფექტურობის შეფასება, რომელიც განისაზღვრება ამა თუ იმ ტოპოლოგიური სტრუქტურის შერჩევის ღირებულებითი მიზანშეწონილობით.

ტოპოლოგიის შეფასებისას დგება ამოცანა შერჩეული ტოპოლოგიური სტრუქტურის ღირებულების დაკავშირება მისი შემადგენელი ელემენტების ღირებულებასთან. ყველაზე ეფექტური ტოპოლოგიური სტრუქტურა არის ის, რომელიც არის ყველაზე ეფექტური მოცემული ღირებულების პირობებში, ან გააჩნია წინასწარ განსაზღვრული მახასიათებლები ყველაზე ნაკლები ღირებულების პირობებში. [41]

მთლიანი დანახარჯების საერთო გამოსახულებას, რომელიც შეიცავს დანახარჯებს ქსელის შექმნასა და ექსპლოატაციაზე, აქვს შემდეგი სახე:

$$W_{\Sigma}(T) = n_T (C_T + R_T T) + n_K (C_K + R_K T) + n_Y (C_Y + R_Y T) \quad (3.1)$$

სადაც:

$W_{\Sigma}(T)$ – არის ჯამური დანახარჯები კომპიუტერული ქსელის შექმნასა და მისი ფუნქციონირების მომსახურებაზე T დროის განმავლობაში;

n_T, n_K, n_Y – კომპიუტერულ ქსელში ტერმინალების, არხებისა და კვანძების რაოდენობა შესაბამისად;

C_T, C_K, C_Y – ერთ ტერმინალის, არხისა და კვანძის ღირებულება შესაბამისად;

R_T, R_K, R_Y – ფულადი სახსრების დანახარჯები დროის ერთეულში ერთ ტერმინალზე, არხზე და კვანძზე შესაბამისად;

T – კომპიუტერული ქსელის მუშაობის ვადა მისი ფუნქციონირების დაწყებიდან.

2. ტოპოლოგია – საიმედოობა

კომპიუტერული ქსელი თავის შემადგენლობაში შეიცავს დიდი ოდენობით ელემენტებს, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია სხვადასხვა საშუალებებით. ამასთან დაკავშირებით, უნდა აღინიშნოს, რომ ქსელის ტოპოლოგია პირდაპირ კავშირშია მის საიმედოობასთან. ქსელის სირთულე უარყოფითად მოქმედებს მის საიმედოობაზე, მიუხედავად იმისა, რომ შესასრულებელი ამოცანების ხასიათი, სწორედ მაღალ საიმედოობას მოითხოვს. უნდა გათვალისწინებულ იქნას, რომ ქსელის ტოპოლოგიური სტრუქტურის შემუშავების პროცესში, ანუ, ქსელური კვანძებისა და არხების კავშირების სქემების აგების დროს, დაშვებულმა შეცდომებმა შეიძლება გამოიწვიოს ქსელის დაბალი ეფექტურობა და შედეგად მივიღოთ როგორც ეკონომიკურად არა მიზანშეწონილი, ასევე არასაკმარისად საიმედო კომპიუტერული ქსელი.

როგორც უკვე ავლნიშნეთ, კომპიუტერული ქსელი წარმოადგენს რთულ სისტემას, ხოლო “რთული სისტემის საიმედოობაში” იგულისხმება მისი შესაძლებლობა შეასრულოს ყველა აუცილებელი ფუნქცია ექსპლოატაციის განსაზღვრული პირობებში და დროის მოცემული მონაკვეთის განმავლობაში, ყველა ძირითადი პარამეტრის მნიშვნელობების წინასწარ განსაზღვრულ ფარგლებში შენარჩუნებით.

რაოდენობრივად ქსელის საიმედოობა განისაზღვრება მის კვანძებს შორის კავშირების დარღვევის ალბათობით, რომელიც შეიძლება გამოთვლილ იქნეს თუ ცნობილია კავშირის ხაზებსა და კომუტაციის

კვანძების მტყუნებების ალბათობები. კომპიუტერული ქსელის ტოპოლოგიური პროექტირებისას ჩვეულებრივია იმის დაშვება, რომ ნებისმიერი კვანძისა და წიბოს მტყუნებები წარმოადგენს დამოუკიდებელ შემთხვევით მოვლენებს, რომლებსაც ახასიათებს ყველა კვანძისათვის (q_1) და წიბოსთვის (q_2) წარმოშობის ერთნაირი ალბათობები. თუ ამ დაშვების გათვალისწინებით გამოვითვლით ქსელის კვანძებს შორის კავშირების მტყუნებების ალბათობებს $i, j, i, j=1, 2, \dots, n$, მაშინ ქსელის საიმედოობა შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი გამოსახულებით:

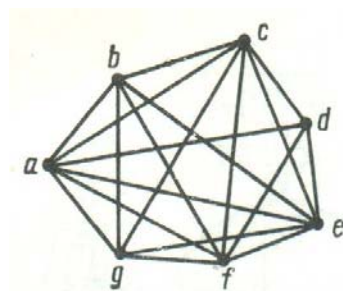
$$Q = \max_{i=j} Q_{ij} \quad (3.2)$$

პრაქტიკაში ხშირად უფრო მოსახერხებელია ცალ-ცალკე წიბური ($q_1 = 0$) და კვანძური ($q_2 = 0$) საიმედოობების განხილვა, რომლებიც განისაზღვრება წიბური Q_{2ij} და კვანძური Q_{1ij} მტყუნებების ალბათობებით ქსელის i, j კვანძებს შორის, როდესაც შესაბამისად მწყობრიდან გამოდის ან მხოლოდ წიბოები ან კვანძები.

განსაკუთრებულ გავლენას საიმედოობაზე ახდენს ტოპოლოგიის ერთ-ერთი მახასიათებელი – კავშირუნარიანობა. შესაბამისად, თუ არ არსებობს შეზღუდვა ქსელის ღირებულებაზე, მაშინ მიზანშეწონილია მრავალკავშირიანი ტოპოლოგიური სტრუქტურის რეალიზაცია. [48]

კომპიუტერულ ქსელს ეწოდება k -კავშირიანი, თუ ქსელის ნებისმიერი ორი კვანძი ურთიერთ დაკავშირებულია დამოუკიდებელი არხებით, რომელთა რაოდენობა არ არის k -ზე ნაკლები.

მრავალკავშირიანი ქსელების კლასის ერთ-ერთი კატეგორიაა სრულ კავშირიანი ქსლები, რომელიც გამოსახულია სურათზე №3.1.



სურ. 3.1. სრულკავშირიანი ტოპოლოგიური სტრუქტურა (ყველა - ყველასთან)

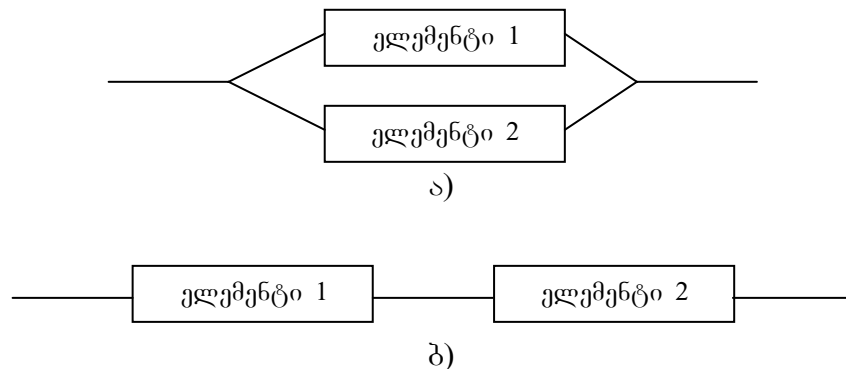
სრულკავშირიანი ეს არის კვანძების კავშირების ასეთი ტოპოლოგიური სტრუქტურა, როდესაც თითოეულ კვანძს გააჩნია შეერთების ხაზი ყველა სხვა კვანძთან. კავშირების რაოდენობა ასეთ სრულკავშირიან ქსელში, რომელიც შედგება N კვანძისაგან, უდრის:

$$k = N(N - 1) / 2 \quad (3.3)$$

მრავალკავშირიანი ტოპოლოგიური სტრუქტურა უზრუნველყოფს ინფორმაციის ნაკადების მოძრაობის მარშრუტების ვარიანტების შერჩევას კვანძების ბევრი წყვილისათვის ცალკეული არხების დატვირთულობის შემთხვევაში. აღნიშნულ სტრუქტურას გააჩნია უნარი შექმნას ე.წ. შემოვლითი გზები, თუ მონაცემთა გადაცემის მარშრუტზე მდებარეობს კვანძები, რომლებშიც მოხდა უცაბედი მტყუნებები მუშაობაში.

მარშრუტებისა და გზების შერჩევასა და აღტერნატივების არსებობა უზრუნველყოფს ქსელის მაღალ სტრუქტურულ საიმედოობას. თუმცა ამას მიუყვართ ქსელის ღირებულების გაზრდასთან და თუ დანახარჯები წარმოადგენს ქსელის შექმნის ან ოპტიმიზაციის ძირითად კრიტერიუმს, მაშინ უნდა შემუშავდეს სხვა სახის ტოპოლოგიური სტრუქტურა. [63]

გარდა ზემოთაღნიშნულისა ასევე შესაძლებელია საიმედოობის მაჩვენებლების დამოკიდებულებების გამოსახვა იმის და მიხედვით თუ როგორია ელემენტების შეერთების სქემა კომპიუტერული ქსელის ტოპოლოგიაში: თანმიმდევრული თუ პარალელური (იხ. სურათი 3.2).



სურ. 3.2. კომპიუტერული ქსელის ტოპოლოგიურ სტრუქტურაში ელემენტების შეერთების სქემა:

ა) პარალელური ბ) თანმიმდევრული

ქსელის იმ ნაწილის მტყუნებების ინტენსიურობა, რომელშიც i და j ელემენტები თანმიმდევრულად არის შეერთებული, გამოისახება შემდეგი გამოსახულებით:

$$L_{\text{თანმ.}} = N_i L_i + N_j L_j \quad (3.4)$$

სადაც:

N_i, N_j – არის i და j ტიპის ელემენტების რაოდენობა შესაბამისად;

L_i, L_j – არის i და j ტიპის ელემენტების მტყუნებების ინტენსიურობა შესაბამისად;

ქსელის იმ ნაწილის მტყუნებების ინტენსიურობა, რომელშიც i და j ელემენტები პარალელურად არის შეერთებული, გამოისახება შემდეგი გამოსახულებით:

$$L_{\text{პარ.}} = L_i L_j (M_i + M_j) / (M_i M_j) \quad (3.5)$$

სადაც:

N_i, N_j – არის i და j ტიპის ელემენტების რაოდენობა შესაბამისად;

L_i, L_j – არის i და j ტიპის ელემენტების მტყუნებების ინტენსიურობა შესაბამისად;

M_i, M_j – არის i და j ტიპის ელემენტების მტყუნების შემდგომი აღდგენის ინტენსიურობა შესაბამისად.

მთელი ქსელის მტყუნებების ინტენსიურობა L ტოლია ყველა $L_{\text{თანმ.}}$ და $L_{\text{პარ.}}$ ინტენსიურობების ჯამისა. [63]

შესაბამისად, მტყუნებათა შორისი ნამუშევრის საშუალო დრო განისაზღვრება ფორმულით:

$$T_{\text{ნაპ.}} = 1/L \quad (3.6)$$

კომპიუტერული ქსელის მზადყოფნის კოეფიციენტის გამოთვლა ზემოაღნიშნული კონფიგურაციების შემთხვევაში ხორციელდება შემდეგი ფორმულების საშუალებით:

$$P_{\text{თანმ.}} = P_i P_j \quad (3.7)$$

სადაც: $P_k = M_k / (M_k + L_k)$, $k = i, j$, თუ მოწყობილობები i და j შეერთებულია თანმიმდევრულად;

$$P_{\text{პარ.}} = 1 - R_i R_j \quad (3.8)$$

სადაც: $R_k = L_k / (M_k + L_k)$, $k = i, j$, თუ მოწყობილობები i და j შეერთებულია პარალელურად, R – არის მტყუნების ალბათობა.

ქსელის მზადყოფნის კოეფიციენტი ტოლია ყველა $P_{თან}$ და $P_{პარ}$ სიდიდეების ნამრავლისა, რომლებიც შედის ქსელის კონფიგურაციაში.

3. ტოპოლოგია – დროითი მახასიათებლები [63]

როგორც უკვე ავლნიშნეთ ზემოთ, დროითი მახასიათებლებიდან ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესია გამტარუნარიანობა.

საექსპლოატაციო გამტარუნარიანობა გამოითვლება შემდეგი გამოსახულებით:

$$C_e = k_e k_{e.g} C \quad (3.9)$$

სადაც:

k_e - არის საექსპლოატაციო ეფექტურობის კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება როგორც კომპიუტერული ქსელის სასარგებლო გამოყენების დროის შეფარდება სრულ დროსთან.

$k_{e.g}$ - ქსელის გამოყენების ეფექტურობის კოეფიციენტი.

C - თეორიული ანუ შენონის გამტარუნარიანობა.

საექსპლოატაციო გამტარუნარიანობა, როგორც წესი, იზომება ბიტი/წმ-ში.

ელემენტების თანმიმდევრობით შეერთების შემთხვევაში მთელი ქსელის საექსპლოატაციო გამტარუნარიანობა ტოლია ქსელის ელემენტების გამტარუნარიანობებიდან მინიმალურისა:

$$C_{ij} = \min_{s} C_s, \quad S = 1, n \quad (3.10)$$

პარალელური შეერთების შემთხვევაში საექსპლოატაციო გამტარუნარიანობები ჯამდება:

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^s C_{i}, \quad i = 1, S \quad (3.11)$$

შესაბამისად, კომპიუტერული ქსელის საექსპლოატაციო გამტარუნარიანობა დამოკიდებულია შერჩეულ ტოპოლოგიურ სტრუქტურაზე, ანუ, ქსელის კვანძებსა და არხებს შორის კავშირების სქემაზე. [52]

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ქსელის გამტარუნარიანობა პირდაპირ დამოკიდებულებაშია ქსელის დიამეტრთან, რომელიც ასევე ტოპოლოგიურ მახასიათებელს წარმოადგენს.

4. ღირებულება – დროითი მახასიათებლები

როგორც უკვე არაერთხელ ავღნიშნეთ ერთ-ერთ მნიშვნელოვან დროით მახასიათებლებს წარმოადგენს გამტარუნარიანობა და დაყოვნება, რომელთა ოპტიმალური მნიშვნელობა დამოკიდებულია ღირებულებით შეზღუდვებზე. [41]

მაღალი გამტარუნარიანობა ზრდის ქსელის ღირებულებას, ხოლო დაბალი გამტარუნარიანობის დროს ქსელში ხდება გადატვირთვები და შეტყობინებათა დაყოვნება. თანაფარდობა ღირებულებასა ხაზების გამტარუნარიანობას შორის გამოისახება შემდეგნაირად:

$$W = \sum_i W_i (C_i) \quad (3.12)$$

სადაც:

W – არის ხაზის მთლიანი ღირებულება;

W_i – i -ხაზის ღირებულებითი კოეფიციენტი;

C_i – i -ხაზის გამტარუნარიანობა;

W -ს მნიშვნელობები არათანაბარია, რადგანაც კავშირის ხაზებს გააჩნიათ სხვადასხვა სიგრძე. კერძოდ, თანაფარდობა ღირებულებასა გამტარუნარიანობას შორის შეიძლება გამოისახულ იქნეს შემდეგი ხარისხოვანი კანონით:

$$W = \sum_i W_i C_i^\alpha \quad (3.13)$$

i -ხაზის საშუალო დაყოვნება განისაზღვრება რიგში ლოდინის დროით იმ დაშვებით, რომ შეტყობინებების სიგრძეს გააჩნია ექსპონენციალური განაწილება:

$$T_i = 1 / (\mu C_i - \lambda_i) \quad (3.14)$$

სადაც:

λ_i – არის i -არხში მონაცემთა ნაკადის ინტენსიურობა;

$1/\mu$ – შეტყობინებათა საშუალო სიგრძე (ბიტებში).

შეყოვნების საშუალო მნიშვნელობა ყველა შემადგენელზე მიიღება T_i -ს გასაშუალოების გზით, წონითი კოეფიციენტებით λ_i/γ , სადაც γ

არის შეტყობინებათა მიღების ჯამური სიჩქარე. ამრიგად, საშუალო დაყოვნება T განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$T = \sum_i \frac{\lambda_i \left(\frac{1}{\mu C_i - \lambda_i} \right)}{\gamma} \quad (3.15)$$

გამტარუნარიანობები, რომლებიც მინიმიზირდება მუდმივი W-ს შემთხვევაში, განისაზღვრება ლაგრანჟის განუსაზღვრელი მამრავლების მეთოდით. შედეგად ვიღებთ შემდეგ გამოსახულებას:

$$C_i = \frac{\lambda_i}{\mu} + \frac{W_e}{W_i} \frac{\sqrt{\lambda_i W_i}}{\sum_i \sqrt{\lambda_i W_i}} \quad (3.16)$$

სადაც W_e გამოისახება შემდეგნაირად:

$$W_e = W - \sum_i \frac{\lambda_i W_i}{\mu} \quad (3.17)$$

რეზულტატური ტრანზიტული შეყოვნების მნიშვნელობა მონაცემთა გადაცემისას ხაზებით, რომელთა გამტარუნარიანობაა C_i , მოცემული ზემოთ მოყვანილი გამოსახულებებით, განისაზღვრება როგორც:

$$T \min = \frac{n}{\mu W_e} \left(\sum_i \sqrt{\frac{\lambda_i W_i}{\lambda}} \right) \quad (3.18)$$

სადაც λ - არის ტრაფიკის λ_i -ს ინტენსიურობების ჯამი ყველა ხაზში.

აღნიშნული განსაზღვრება საშუალებას იძლევა კავშირის არხების ხარჯებზე არსებული შეზღუდვების შემთხვევაში ისე იქნეს შერჩეული გამტარუნარიანობები, რომ შეტყობინებების საშუალო დაყოვნება იყოს მინიმალური. [63]

5. ღირებულება - საიმედოობა

საიმედოობის მხრივ მოთხოვნათა განსაზღვრისას, გამომდინარე სხვადასხვა მიდგომებიდან და მეთოდებიდან, რომლებიც

უზღუნველყოფენ აღნიშნულ მოთხოვნებს, უნდა შერჩეულ იქნეს ის, რომლის რეალიზებაც შესაძლებელია მინიმალური დანახარჯებით.

როგორც წესი, საიმედობის გაზრდისას იზრდება დანახარჯებიც, ამიტომ ზოგიერთ შემთხვევაში, გამომდინარე კომპიუტერული ქსელის ფუნქციებიდან, არ არის მიზანშეწონილი ზედმეტად მაღალი საიმედობის მოთხოვნა.

საიმედობის მოთხოვნების განსაზღვრის ერთ-ერთი საშუალება ეფუძნება ზიანის ღირებულების შეფასებას, რომელიც დაკავშირებულია მონაცემთა გადაცემასთან. შემოვიღოთ შემდეგი აღნიშვნები ქსელისათვის, რომელიც შეიცავს ქვესისტემებს:

e^{-ct} – არის მტყუნებათა მიმართ მედეგი სისტემის საიმედოობა;

e^{-st} – სისტემის დარჩენილი ნაწილის საიმედოობა;

$F_c(t)$ – გამოსახულება $(1 - e^{-ct})$;

W_0 – ქსელის ღირებულება;

T – მონაცემთა გადაცემის დრო.

თუ დროის t მომენტში მტყუნებათა მიმართ მედეგი ქვესისტემა გამოვიდა მწყობრიდან და მონაცემთა გადაცემა გახდა შეუძლებელი, მაშინ მიყენებული ზიანის ღირებულება, რომელიც დაკავშირებულია მონაცემთა გადაცემის წყვეტასთან, განისაზღვრება, როგორც:

$$W_0 (1 - t / T) e^{-st} \tag{3.19}$$

თანამამრავლი $(1-t/T)$ ითვალისწინებს ზიანს t მნიშვნელობებისათვის რომლებიც ახლოა T -სთან, ანუ, იმ იშვიათ შემთხვევებში, როდესაც მწყობრიდან გამოდის მტყუნებათა მიმართ მედეგი ქვესისტემა. მცირე e^{-st} -თვის მტყუნებების მიმართ მგრძობიარეა მტყუნებათა მიმართ არამედეგი ქვესისტემა.

ამიტომ სიდიდე $W_0 (1 - t / T)$ იწონება e^{-st} -თი და მრავლდება პირველი მტყუნების წარმოშობის ალბათობაზე $dF_c(t)$ ინტერვალზე $(t, t+dt)$, გასაშუალოებულზე ამ ინტერვალზე. [52]

მიღებული გამოსახულების ინტეგრირებით 0-დან T -მდე, მივიღებთ:

$$E = W_0 \int_0^T \left(1 - \frac{t}{T}\right) e^{-st} \frac{dF_c(t)}{d(t)} = \frac{c}{c+s} W_0 \left[1 + \frac{e^{-w(c+s)} - 1}{T(c+s)}\right] \tag{3.20}$$

E-ს სიდიდე ინტეგრირდება როგორც მონაცემთა გადაცემასთან დაკავშირებით მიღებული ზიანის ღირებულება; გვიჩვენებს E ღირებულების შედარებით შემცირებას საიმედოობის ერთჯერადი მატების დროს. c ნამატის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია დამატებითი დანახარჯები. თუ K-თი ავლნიშნავთ მტყუნებების მიმართ მედეგი ქვესისტემის ღირებულებას, მაშინ dK/dc სიდიდე არის c-ს ერთჯერადი ნამატის უზრუნველსაყოფად საჭირო დანახარჯების მატება. თუ $dE/dc > -dK/dc$, მაშინ ზიანის ღირებულების შემცირება c პარამეტრის მატების გამო აღემატება მტყუნებათა მიმართ მედეგი ქვესისტემის ღირებულებას. ასეთ სიტუაციაში უმჯობესია საიმედოობის გაზრდა. პირიქით, თუ $dE/dc < -dK/dc$, მაშინ საიმედოობის გაზრდა ეფექტს არ იძლევა.

შესაბამისად, საიმედოობის გაზრდის ზღვრული წერტილი განისაზღვრება თანაფარდობით:

$$dE/dc = -dK/dc \tag{3.21}$$

ღირებულება W_0 შეიცავს K-საც, ამიტომ საკმაოდ რთულია dE/dc წარმოებულის შეფასება მისაღები სიზუსტით. თუმცა $W_0 \gg K$ -ს შემთხვევაში W_0 შეიძლება ჩაითვალოს მუდმივად და წარმოებულები dE/dc და dK/dc – გამოითვალოს ცალცალკე.

3.4. შედეგების შეფასება

აღნიშნულ თავში მოყვანილია კომპიუტერული ქსელის მაჩვენებლების ფართო არეალიდან, რომლებიც დეტალურად განხილულ იყო სადისერტაციო ნაშრომის მე-2 თავში, ქსელის ფუნქციონირების ხარისხის შეფასების პარამეტრების, ანუ მისი ეფექტურობის კრიტერიუმების გასაზღვრის პრინციპები. შესაბამისად შერჩეულია პარამეტრების დიდი რაოდენობიდან ძირითადები.

ასევე დადგენილია მოცემულ მაჩვენებლებს შორის რაოდენობრივი კავშირები, რაც მნიშვნელოვანია ოპტიმიზაციის ამოცანების ფორმულირებისა და გადაჭრისათვის.

თავი 4. კომპიუტერული ქსელის ოპტიმიზაციის ძირითადი პრინციპები

კომპიუტერული ქსლების ოპტიმიზაციის პრობლემა შეიძლება ფორმულირებულ იქნეს შემდეგნაირად: მოცემული დროითი მახასიათებლების, ინფორმაციული ნაკადების, ტექნიკური საშუალებების პარამეტრების მნიშვნელობებისა და ყველა ამ მაჩვენებლის ქსელის ფუნქციონირების ღირებულებასთან დამოკიდებულებიდან გამომდინარე, განისაზღვროს ისეთი ფიზიკური სტრუქტურა, რომლის დროსაც ქსელის შექმნისა და ექსპლუატაციის ხარჯები მინიმალურია, ხოლო ფუნქციონირების ხარისხის მახასიათებლები აკმაყოფილებს ქსელის მიმართ არსებულ მოთხოვნებს.

კომპიუტერული ქსელის ოპტიმიზაციის განსახორციელებლად საჭიროა ჯერ განისაზღვროს ქსელის ფუნქციონირების ეფექტურობის მაჩვენებლები, რომლებზეც დამოკიდებულია ოპტიმიზაციის კრიტერიუმების შერჩევა, მაგრამ აუცილებლად სხვა პარამეტრებისადმი არსებული მოთხოვნების გათვალისწინებით, რომელთაც ოპტიმიზაციის პროცესში შეზღუდვები ეწოდება. შესაბამისად, ოპტიმიზაციის კრიტერიუმები შეიძლება იყოს სხვადასვა და დამოკიდებულია კომპიუტერული ქსელის შექმნისა და ფუნქციონირების მიზნისაგან. ოპტიმიზაციის როგორც კრიტერიუმები, ასევე შეზღუდვები შეიძლება იყოს ორი ტიპის: ეკონომიკური მაჩვენებლების ჯგუფიდან და ქსელის ფუნქციონირების ხარისხის განმსაზღვრელი მახასიათებლების ჯგუფიდან. [53]

პრაქტიკაში ოპტიმიზაციის პროცესი შეიძლება დაყოფილ იქნას შემდეგ ეტაპებად:

1. კომპიუტერული ქსელის მიმართ მოთხოვნების განსაზღვრა და შეფასება, რომელიც მოიცავს შემდეგ ქვეეტაპებს:
 - ინფორმაციულ ქსელზე დატვირთვის შესახებ ინფორმაციის შეგროვება;
 - ქსელის მიმართ არსებული მოთხოვნების შეფასება მისი ფუნქციონირების მიზნებიდან გამომდინარე;
 - ქსელის განვითარების / გაუმჯობესების გეგმის შემუშავება;

2. არსებული კომპიუტერული ქსელის სტრუქტურისა და მისი კომპონენტების ანალიზი, რომელიც მოიცავს შემდეგ ქვეეტაპებს:
 - ქსელის ტოპოლოგიის განსაზღვრა;
 - მონაცემთა ნაკადების მიმართულების ანალიზი;
 - ქსელში “ვიწრო ადგილებისა” და “ხმაურის” განსაზღვრა;
3. პროექტის რეალიზაციის ვარიანტების შემუშავება და შერჩევა, რომელიც მოიცავს შემდეგ ქვეეტაპებს:
 - პროექტის ვარიანტების შემუშავება;
 - შემუშავებულ ვარიანტებიდან ერთ-ერთის შერჩევა;
4. პროექტის ეფექტურობის ანალიზი, რომელიც მოიცავს შემდეგ ქვეეტაპებს:
 - ეკონომიკური მიზანშეწონილობის შეფასება;
 - ქსელის “ვიწრო ადგილების” ანალიზი;
 - ქსელის მასშტაბუნარიანობის შესაძლებლობის განსაზღვრა;
5. შერჩეული პროექტის რეალიზაცია, რომელიც მოიცავს შემდეგ ქვეეტაპებს:
 - კავშირის კვანძების მოდიფიკაცია;
 - სტრუქტურირებული საკაბელო სისტემის მონტაჟი;
6. კომპიუტერული ქსელის ტესტირება და გამართვა, რომელიც მოიცავს შემდეგ ქვეეტაპებს:
 - გაშვება-გამართვის სამუშაოები.

7. პროექტის უზრუნველყოფა მისი ექსპლუატაციის პროცესში. [54] განვიხილოთ რთული ობიექტებისა და სისტემების ოპტიმიზაციის თეორიის ძირითადი დებულებები მათი მათემატიკური მოდელების გამოყენებით. მოდელების ერთ-ერთი ძირითადი დანიშნულებაა კავშირის დამყარება სისტემის ან პროცესის ცვლად პარამეტრებსა და იმ მიზნობრივ ფუნქციას შორის, რომელიც უნდა იქნეს გამოკვლეული ექსტრემუმების მოსაძიებლად, ოპტიმიზაციის შერჩეული კრიტერიუმებისა და მოცემული შეზღუდვების თანახმად.

თუ არსებობს სისტემის ფორმალიზირებული მოდელი, რომელიც გამოსახება შემდეგი საერთო სახის თანაფარდობის საშუალებით:

$$y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_k, x_n), \quad (4.1)$$

სადაც y_i – არის გამომავალი ცვლადები, მდგომარეობის ცვლადები ($i=1, 2, \dots, m$), x_k – არის შემავალი ცვლადები, მართვის ცვლადები ($j=1, 2, \dots, n$), მაშინ მიზნობრივი ფუნქცია ასევე დამოკიდებულია ამ ცვლადებზე და გააჩნია მიზნობრივი ფუნქციის ე.წ. F -ფორმა:

$$F=F(y_1, y_2, \dots, y_m; x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (4.2)$$

ცნობილი მოდელის შემთხვევაში მიზნობრივი ფუნქციის F -ფორმიდან შეიძლება გადასვლა ე.წ. G -ფორმაზე ფუნქციიდან $\{y_m\}$ -ის გამორიცხვით:

$$G=G(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (4.3)$$

ანალოგიურად შეზღუდვის R_p ფუნქციაში შეიძლება გამორიცხულ იქნას y_i ცვლადები:

$$R_p(y_1, y_2, \dots, y_m; x_1, x_2, \dots, x_n)=Q_p(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (4.4)$$

ამის შემდეგ ოპტიმიზაციის ამოცანა დაიყვანება მიზნობრივი ფუნქციის შესწავლაზე ექსტრემუმების მოსაძიებლად: $G=G(x_1, x_2, \dots, x_n)$, შემდეგი შეზღუდვების $Q_p(x_1, x_2, \dots, x_n)=0$ გათვალისწინებით.

4.1. ოპტიმიზაციის მიზნობრივი ფუნქციები

ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტისას მნიშვნელოვანია მიზნობრივი ფუნქციების შერჩევის ძირითადი პრინციპების განსაზღვრა. მათ შორის ძირითადებს განეკუთვნება: [55]

1. ერთმნიშვნელოვნების პრინციპი, რომელიც მდგომარეობს იმაში, რომ ოპტიმიზაციის ერთი ამოცანის ფარგლებში უნდა განხორციელდეს ერთი და მხოლოდ ერთი მიზნობრივი ფუნქციის ოპტიმიზაცია. ამისათვის საჭიროა საერთო მიზნობრივი F ფუნქციის ცალკეული p_1 და p_2 შემადგენლების ერთობლიობა დაყვანილ იქნას შემდეგ სახემდე: $F=A_1p_1+ A_2p_2$, სადაც A_1 და A_2 – არის წონითი კოეფიციენტები.

თუ ერთი ფუნქცია p_1 უნდა იქნას მაქსიმიზირებული, ხოლო მეორე p_2 – მინიმიზირებული, მაშინ მიზანშეწონილია ერთ-

ერთი მათგანი შეცვლილ იქნას შებრუნებულზე $\theta = 1/p_1$, იმისათვის, რომ ოპტიმიაციის დროს ვეძებოთ საერთო მაქსიმუმი (მინიმუმი).

2. შესაბამისობის პრინციპი, რომელიც მდგომარეობს ისეთ შერჩევაში, როდესაც მიზნობრივი ფუნქციის ოპტიმიზაცია უზრუნველყოფს საუკეთესო შედეგებს, ანუ იგი მნიშვნელოვნად ახდენს გავლენას საბოლოო შედეგზე.
3. მოდიფიკაციის პრინციპი, რომელიც გულისხმობს, რომ მიზნობრივი ფუნქცია უნდა გამოსახულ იქნას ისეთი ცვლადებით, რომლებიც ექვემდებარება მიზანმიმართულ ზემოქმედებას და ცვლილებას.
4. შესაფერისი ფორმის პრინციპი, რომლის შესაბამისადაც ფუნქციები, რომლებსაც გააჩნია რღვევები, ლოკალური ექსტრემუმები და არაერთმნიშვნელობები არასასურველია მათ ასარჩევად მიზნობრივი ფუნქციების სახით. [58]

ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ მიზნობრივ ფუნქციებს განეკუთვნება:

1. ეკონომიკური ეფექტურობის (მოგების) მიზნობრივი ფუნქცია:

$$F = \sum_i v_i \Pi_i - \sum_j W_j R_j \quad (4.5)$$

სადაც:

v_i – არის პროცესის (სისტემის) i -ური კომპონენტის ეფექტურობის კოეფიციენტი;

Π_i – არის პროცესის i -ური დადებითი ეფექტი;

W_j – არის j რესურსის ღირებულება;

R_j – არის j რესურსის ხარჯი.

2. ღირებულების მიზნობრივი ფუნქცია:

$$F = \sum_i W_i (I_i) \quad (4.6)$$

სადაც:

W_i – არის i გამოსასვლელზე შედეგის მიღების ღირებულება;

I_i – არის ინფორმაციის ოდენობა i გამოსასვლელზე.

3. ხარისხის მიზნობრივი ფუნქცია:

$$F = \sum_{j=1}^m A_i (\hat{Y}_j - y_j)^2 \quad (4.7)$$

სადაც:

A_i – არის დადებითი წონითი კოეფიციენტები;

\hat{Y}_i – არის მდგომარეობის ცვლადების დასაყენებელი მნიშვნელობები.

4.2. შეზღუდვები განსაზღვრის პრინციპები

ოპტიმიზაციის დროს დიდ როლს თამაშობს შეზღუდვები, რომელთა შორის განასხვავებენ შემდეგ სახეებს:

1. მკაცრი შეზღუდვები მართვის ცვლადებზე, რომელთა საერთო ფორმა შეიძლება წარმოდგენილ იქნას შემდეგი უტოლობებით:

$$x_i \geq R_{in}; x_i \leq R_{ie};$$
2. არა მკაცრი შეზღუდვები მართვის ცვლადებზე, რომელთა გათვლისწინებაც ხდება არაპირდაპირი სახით ე.წ. ჯარიმის ფუნქციის საშუალებით: $p_i = k_i (x_i / R_{ie})^M$, სადაც k_i , M – არის დადებითი რიცხვები; R_{ie} – არის შეზღუდვის სიდიდე; შესაძლებელია ჯარიმის ფუნქციის სხვა სახეც: $p_2 = k_i \exp[M(x_i - R_{ie})]$;
3. შეზღუდვები მდგომარეობის ცვლადებზე და მართვის ცვლადებზე, გამოსახული როგორც მართვის ცვლადების ფუნქციები (შეზღუდვების პირობები):

$$S_p(y_1, y_2, \dots, y_m; x_1, x_2, \dots, x_n) \leq S_{pe}; \quad (4.8)$$

$$S_p(y_1, y_2, \dots, y_m; x_1, x_2, \dots, x_n) \geq S_{pu}. \quad (4.9)$$

მოდელი საშუალებას იძლევა ეს პირობები დაყვანილ იქნას ისეთ სახემდე, რომ შეზღუდვები მოცემულ იქნება მხოლოდ მართვის ცვლადების ფუნქციების სახით: [60]

$$R_p(x_1, x_2, \dots, x_n; z_p) = 0, \quad (4.10)$$

სადაც z_p – არის დამხმარე ცვლადი.

ზემოთ განხილული თანაფარდობები, რომლებიც გამოიყენება ოპტიმიზაციის ამოცანების გადასაწყვეტად, გვიჩვენებენ შესასწავლი

პროცესების მოდელების ძირითად აზრსა და დანიშნულებას. ისინი ასევე იძლევა საშუალებას სწორედ:

- მოხდეს სხვადასხვა ინფორმაციული პარამეტრებისა და სიდიდეების იდენტიფიცირება;
- განხორციელდეს მოდელირების ამოცანების დასმა და სხვადასხვა პარამეტრებს შორის კავშირების დამყარება;
- შეირჩეს და დასაბუთდეს ოპტიმიზაციის კრიტერიუმები, განისაზღვროს მიზნობრივი ფუნქციები;
- განისაზღვროს შეზღუდვები;
- განხორციელდეს ოპტიმიზაციის ამოცანის დასმა და წინასწარ შეფასდეს დამუშავების პროცესში მყოფი მოდელის ადეკვატურობა.

4.3. ოპტიმიზაციის ტიპური ამოცანები

უმეტეს წილად მარტივ და კლასიკურ ოპტიმიზაციის ამოცანას წარმოადგენს არაწრფივი მიზნობრივი ფუნქციის ექსტრემუმების ძიება. თუ მდგომარეობის ცვლადებისა y_1, y_2 და მართვის ცვლადების x_1, x_2 ორი წყვილისათვის მიზნობრივ ფუნქციას აქვს შემდეგი სახე:

$$F = F(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{Y}_1, \bar{Y}_2; X_1, X_2, Y_1, Y_2), \quad (4.11)$$

სადაც \bar{X}_1, \bar{X}_2 и \bar{Y}_1, \bar{Y}_2 – არის ოპტიმუმის კოორდინატები, მაშინ მიზნობრივი ფუნქციის წარმოდგენის F-ფორმიდან G-ფორმაზე ჩვეულებრივი ხერხით გადასვლისას, შეიძლება გამოყვანილ იქნეს პირობები, რომელთა დროსაც ხდება მისი მაქსიმუმის (მინიმუმის) უზრუნველყოფა. თანაც ისინი აუცილებლად არის, რადგანაც ფუნქციას გააჩნია ექსტრემალური წერტილები. [64]

მაქსიმუმის პირობას წარმოადგენს:

$$[Gx_1x_1Gx_2x_2 - (Gx_1x_2)^2] > 0; Gx_1x_1 < 0; Gx_2x_2 < 0, \quad (4.12)$$

სადაც Gx_1x_1, Gx_2x_2 – არის მეორე კერძო წარმოებულ შესაბამისად x_1 -დან x_2 -ით;

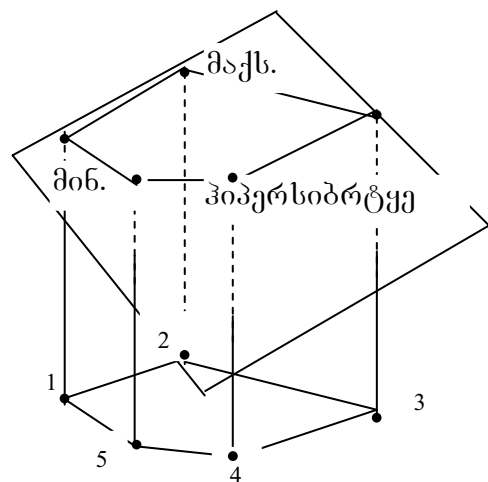
Gx_1x_2 – არის შერეული კერძო წარმოებულ.

მინიმუმისათვის პირობას G ($\bar{X}_1, \bar{X}_2, X_1, X_2$) შესაბამისად აქვს შემდეგი სახე:

წარმოშობის შესაბამის ამობურცულ მრავალწახნაგას, რომლის წვეროებსაც წარმოადგენს კოორდინატები $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. ნებისმიერ გამოსახულება, რომელსაც გააჩნია შემდეგი სახე $k_{i1}x_1 + k_{i2}x_2 + \dots + k_{in}x_n = Q_i$ განსაზღვრავს n -განზომილებიანი სივრცის ჰიპერსიბრტყე. შეზღუდვების m რაოდენობის შემთხვევაში წარმოიქმნება m ოდენობის ჰიპერსიბრტყე, თანაც მათგან ნებისმიერი ორის გადაკვეთა იძლევა კვეთაზე გარკვეულ მრავალწახნაგას (იხ. სურ.)

ასეთი სახის ამოცანების გადაწყვეტა ხორციელდება ე.წ. *სიბლექსური მეთოდი*ს დახმარებით, რომლის არსიც მდგომარეობს ერთ-ერთი წვეროს კოორდინატების მოძებნაში და თანმიმდევრულ მიმართულ მოძრაობაში იმ მრავალწახნაგას წიბოებზე, რომელიც მიღებულ იქნა n -განზომილებიან ამობურცული მრავალწახნაგას გადაკვეთის შედეგად შემდეგი სახის ჰიპერსიბრტყესთან (სურ. 4.1): [7]

$$G = A_1x_1 + A_2x_2 + \dots + A_mx_m. \quad (4.17)$$



სურ. 4.1. წრფივი პროგრამირება და სიბლექს-მეთოდი

მოძრაობა უნდა ხორციელდებოდეს მხოლოდ მიზნობრივი ფუნქციის შემცირებისაკენ მისი მინიმიზაციის შემთხვევაში, ან გაზრდისაკენ მისი მაქსიმუმის ძიების შემთხვევაში. [58]

ობტიმიზაციის სხვა კალსიკურ ამოცანებს შორის დიდი ადგილი უკავია ამოცანებს, რომელთა გადაჭრა ხორციელდება ვარიაციული გამოთვლების მეთოდისა და დინამიური პროგრამირების საშუალებით.

4.4. კრიტერიუმები და შეზღუდვები

კომპიუტერული ქსელის ობტიმიზაციის ამოცანებში.

ზემოთ განხილული წრფივი და დინამიური პროგრამირების ობტიმიზაციის კლასიკური თეორიის დებულებანი წარმოადგენს ძირითადს კომპიუტერული ქსელის ობტიმიზაციის ამოცანების დასმისა და მათი გადაწყვეტის მეთოდების შერჩევაში. პრინციპში შესაძლებელია ობტიმიზაციის ამოცანებისა და მათი მოდიფიკაციების უსასრულო სიმრავლის დასმა, შერჩეული კრიტერიუმებისა და კომპიუტერული ქსელის მახასიათებლებისა და ცვლადების შესაბამისად. [64]

კრიტერიუმის სახით ხშირად გამოიყენება კომპიუტერული ქსელის *მთლიანი ღირებულება W*.

ღირებულების წრფივი მოდელისათვის მიღებულია თანაფარდობა, რომელიც განსაზღვრავს კომპიუტერული ქსელის არხების გამტარუნარიანობის ოპტიმალურ მნიშვნელობას, ამავე დროს ღირებულების არაწრფივი მოდელისათვის (შედუნული ფუნქცია) ობტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტა ხშირად იძლევა რამდენიმე ლოკალურ მინიმუმს, რაც მნიშვნელოვნად ართულებს კომპიუტერული ქსელის ობტიმიზაციის ამოცანის გადაჭრას.

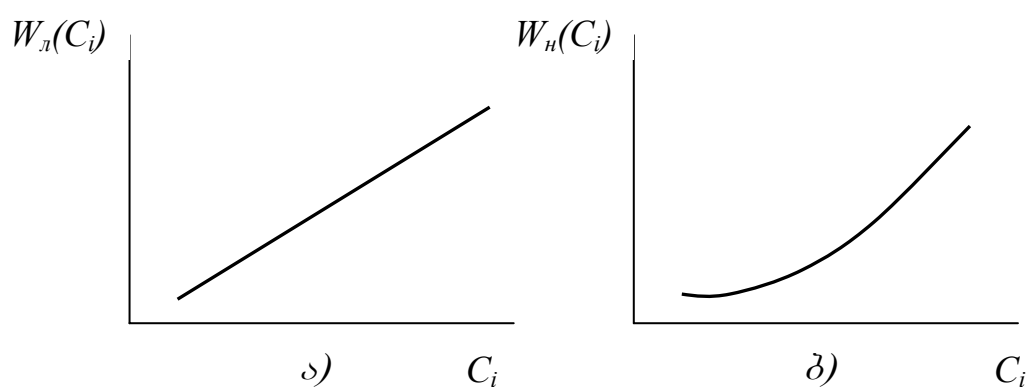
კომპიუტერული ქსელის ობტიმიზაციის ერთ-ერთ კრიტერიუმს ასევე წარმოადგენს კომპიუტერული ქსელის *საიმედოობა*.

ქსელის საიმედოობა განისაზღვრება, როგორც შესაძლებლობა უზრუნველყოფილ იქნას ნორმალური კავშირი კვანძების ქველა მოქმედ წყვილს შორის თუნდაც ერთი გზით. კომპიუტერული ქსელის პროექტირების ან მისი შემდგომი ობტიმიზაციის დროს შეიძლება მოთხოვნილ იქნეს კვანძების ნებისმიერ წყვილს შორის კავშირის არსებობა ორი ან მეტი ურთიერთ დამოუკიდებელი გზით. ამრიგად, საიმედოობის რაოდენობრივ მაჩვენებლად, რომელიც აუცილებელია ქსელის ობტიმიზაციისათვის, შეიძლება მიღებულ იქნეს კვანძთა

წყვილების საშუალო წილი, რომელთა შორის კავშირი შეუძლებელი ხდება კვანძის ან ხაზის მწყობრიდან გამოსავლის გამო. ამ მაჩვენებლის გამოსაანგარიშებლად აუცილებელია ელემენტების მტყუნების ინტენსიურობის, კომპიუტერული ქსელის ცალკეული კვანძებისა და ხაზების მტყუნებებისა და აღდგენების ნაკადების ცოდნა და შეფასება.

ოპტიმიზაციის ამოცანის დასმისას ყენდება შეზღუდვები, რომლებიც განისაზღვრება შესასწავლ კომპიუტერულ ქსელში მიმდინარე პროცესების ფიზიკური არსით, ეკონომიკური მოთხოვნებითა და სხვა კონკრეტული თავისებურებებით, მაგალითად საიმედოობითა და ელემენტების ფუნქციონირების ეფექტურობით.

მათ შორის განსაკუთრებით ინტერესს იწვევს რამდენიმე, მაგალითად: კომპიუტერული ქსელის ტოპოლოგიური სტრუქტურის მაჩვენებლები – N კვანძების რაოდენობა და მათ შორის კავშირების სიმრავლე M ; კავშირის ხაზების გამტარუნარიანობა, თანაც თითოეულ კავშირს (წიბოს u_i) შეესაბამება გამტარუნარიანობა C_i . იგი უმეტეს წილად დისკრეტული და იშვიათად უწყვეტი ცვლადია. C_i -ის თითოეულ მნიშვნელობას შეესაბამება ღირებულება W_i . ცნობილია ორი მოდელი, რომლებიც აღგენს ურთიერთკავშირს W -სა და C -ს შორის (სურ. 4.2): წრფივი $W_i = kC_i$ და სწეკენნაია (შედუნული) $W_i = kC_i^{\alpha}$. [10]



სურ. 4.2 კომპიუტერული ქსელის კავშირის არხების ღირებულებასა და გამტარუნარიანობას შორის ანალიტიკური ურთიერთდამოკიდებულებების სახეობები
 ა – წრფივი; ბ – შედუნული

არხების ღირებულება ასევე წარმოადგენს უწყვეტ ან დისკრეტულ სიდიდეს. კომპიუტერული ქსელის მთლიანი ღირებულება $W = \sum_i^M W_i(C_i)$ ხშირად ფიგურირებს როგორც ცვლადი კომპიუტერული ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანებში.

ქსელის ფუნქციონირების ხარისხის შეფასების ფართოდ გავრცელებულ კრიტერიუმს წარმოადგენს *შეტყობინებების საშუალო დაყოვნება T*:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^{NM} \lambda_i (T_i + T_{ai} + T_{oi}), \quad (4.18)$$

სადაც:

$\gamma = \sum_i \sum_j \gamma_{ij}$ – არის ქსელის საერთო გამტარუნარიანობა;

λ_i – არის i -ური არხში შეტყობინებათა გამოჩენის სიხშირე;

T_i – არის შეტყობინების გადაცემის საშუალო დრო პლიუს ლოდინის დრო i -ური არხისთვის;

T_{si} – არის შეტყობინების მიერ i -ურ არხში გავლის შეყოვნების დრო;

T_{oi} – i -ური არხის შემდგომ განლაგებულ კვანძში შეტყობინების დამუშავების დრო. [58]

კომპიუტერული ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანებში გამოყენებად შეზღუდვებს შორის გამოიყოფა შემდეგი:

1. შეზღუდვა ნაკადზე.

ნაკადის შენახვისას კვანძებში ყოველი წიბოების ერთობლიობისათვის ამ წიბოებზე არ უნდა ჰქონდეს ადგილი დანაკარგს ან გაბნევას, ანუ:

$$\sum_{j=1}^{NM} f_{jl}(k, l) - \sum_{j=1}^{NM} f_{jl}(l, i) = \begin{cases} -\delta_{kl}, \text{ თუ } i=k; \\ +\delta_{kl}, \text{ თუ } i=l; \\ 0 - \text{დანარჩენ შემთხვევებში.} \end{cases} \quad (4.19)$$

2. შეზღუდვა კავშირის არხების გამტარუნარიანობაზე.

იგი გამოხატავს რეალურ თვისებას გადაცემულ იქნას შეზღუდული ოდენობის ინფორმაცია დროის ერთეულში:

$$f_i \leq C_i; \quad i = 1, \dots, NM. \quad (4.20)$$

3. შეზღუდვა ღირებულებაზე.

იგი განისაზღვრება საბოლოო ფინანსური რესურსებით, რომელიც გამოიყოფა ქსელის შექმნაზე (დაგეგმილი ბიუჯეტი):

$$W \leq W_{max}. \quad (4.21)$$

4. შეზღუდვა შეტყობინების გადაცემის დაყოვნებაზე.

შეყოვნების ფაქტორი შეიძლება განისაზღვროს ფიზიკური მიზეზებით. დასაშვები დაყოვნება დაკავშირებულია იმასთან, რომ დაგვიანებით მიღებულმა ინფორმაციამ შეიძლება დაკარგოს პრაქტიკული ღირებულება, და შესაბამისად, ეს გულისხმობს იმას, რომ ქსელი არ უზრუნველყოფს აუცილებელი ფუნქციების შესრულებას. ამრიგად, უნდა შესრულდეს პირობა:

$$T \leq T_{max}. \quad (4.22)$$

5. შეზღუდვა კომპიუტერული ქსელის ტოპოლოგიაზე.

როგორც უკვე ავლინდნენ, ერთი მხრივ ქსელს უნდა გაჩნდეს n -კავშირუნარიანობა საიმედოობის პრინციპებიდან გამომდინარე, ხოლო მეორე მხრივ – კვანძის მაქსიმალური რიგი, ანუ მასთან მიერთებული არხების რაოდენობა არ შეიძლება აღემატებოდეს განსაზღვრულ დასაშვებ ოდენობას. [64]

4.5. კომპიუტერული ქსელების ოპტიმიზაციის ძირითადი ამოცანები

განვიხილოთ კომპიუტერული ქსელების ოპტიმიზაციის რამდენიმე ტიპური ვარიანტი, დაკავშირებული ქსელის ტოპოლოგიურ პროექტირებასთან. მათი კლასიფიცირება შესაძლებელია შემდეგნაირად:

1. ოპტიმალური გამტარუნარიანობის არჩევა.

მოცემულია: კომპიუტერული ქსელის ტოპოლოგია, ნაკადები, მარშრუტები.

მოითხოვება: განსორციელდეს T შეყვონების მინიმიზირება არხების გამტარუნარიანობის C_i ცვლადით არსებული შეზღუდვებით ღირებულებაზე W და გამტარუნარიანობაზე C_i :

$$W = \sum_{i=1}^{NM} W_i(C) \leq W_{max}; C_i \geq f_i. \quad (4.23)$$

2. *ნაკადის განაწილება.*

მოცემულია: კომპიუტერული ქსელის ტოპოლოგია, ნაკადები, არხების გამტარუნარიანობა.

მოითხოვება: მინიმიზირებულ იქნას T ცვლადით “მოძრაობის მარშრუტი” მოცემული შეზღუდვებით ნაკადებზე.

3. *ნაკადების ოპტიმალური განაწილება გამტარუნარიანობების შერჩევასთან ერთად.*

მოცემულია: კომპიუტერული ქსელის ტოპოლოგია, ნაკადები.

მოითხოვება: მინიმიზირებულ იქნას W ცვლადებით “მარშრუტი” და “გამტარუნარიანობა” მოცემული შეზღუდვებით ნაკადზე და შეყვონების დროზე.

4. *ქსელის ოპტიმალური ტოპოლოგიის განსაზღვრა.*

მოცემულია: ქსელის ტრაფიკის მახასიათებლები.

მოითხოვება: მინიმიზირებულ იქნას W ცვლადებით “ტოპოლოგია”, “მარშრუტი” და “გამტარუნარიანობა” შეზღუდვებით ნაკადზე, დაყოვნებაზე და ტოპოლოგიაზე.

განვიხილოთ ხაზების გამტარუნარიანობის ოპტიმიზაციის ამოცანა. ხაზების მაღალ გამტარუნარიანობას მიყვევართ დანახარჯების გაზრდამდე, ხოლო დაბალი გამტარუნარიანობის შემთხვევაში ქსელში ხდება გადატვირთვები და შეტყობინებების შეყოვნებები. თანაფარდობას ხაზების ღირებულებასა და გამტარუნარიანობას შორის აქვს შემდეგი სახე: [39]

$$W = \sum_i W_i(C_i) \quad (4.24)$$

სადაც W – არის ხაზის მთლიანი ღირებულება; W_i – არის i -ური ხაზის ღირებულებითი კოეფიციენტი; C_i – არის i -ური ხაზის გამტარუნარიანობა.

W_i -ს მნიშვნელობები არათანაბარია, რადგანაც ხაზებს გააჩნია განსხვავებული სიგრძეები. კერძოდ, თანაფარდობა ღირებულებასა და გამტარუნარიანობის შორის შეიძლება მოცემულ იქნას შემდეგი ხარისხოვანი კანონით:

$$W = \sum_i W_i C_i^\alpha \quad (4.25)$$

საშუალო დაყოვნება i -ური ხაზისთვის განისაზღვრება რიგში ლოდინის დროით იმ დაშვებით, რომ შეტყობინებების სიგრძეს გააჩნია ექსპონენციალური განაწილება:

$$T_i = 1 / (\mu C_i - \lambda_i), \quad (4.26)$$

სადაც λ_i - არის i -ურ არხში შეტყობინებების ნაკადის ინტენსიურობა; $1/\mu$ - არის შეტყობინებების საშუალო სიგრძე (ბიტებში).

შეყოვნების საშუალო მნიშვნელობა ყველა შემადგენელზე მიიღება T_i -ის ნიშნელობის გასაშუალოებით, წონითი კოეფიციენტებით λ_i / γ , სადაც γ - არის შეტყობინებების მიღების ჯამური სიჩქარე. შესაბამისად, საშუალო შეტყობინება T განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$T = \sum_i \frac{\lambda_i}{\gamma} \left(\frac{1}{\mu C_i - \lambda_i} \right). \quad (4.27)$$

მოსაძებნი გამტარუნარიანობები, რომლებიც ახდენენ T -ს მინიმიზირებას მუდმივი W -ს დროს, განისაზღვრება ლაგრანჟის განუსაზღვრელი მამრავლების მეთოდით. შესაბამისი მათემატიკური გარდასახვები რომ გამოვტოვოთ, მივიღებთ შემდეგ შედეგს:

$$C_i = \frac{\lambda_i}{\mu} + \frac{W_e}{W_i} \frac{\sqrt{\lambda_i W_i}}{\sum_i \sqrt{\lambda_i W_i}}, \quad (4.28)$$

სადაც W_e - განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$W_e = W \sum_i \frac{\lambda_i W_i}{\mu}. \quad (4.29)$$

C_i -ის ფორმულის მარჯვენა მხარეს პირველი შესაკრები λ_i / μ არის ხაზის გამტარუნარიანობა გაჯერების რეჟიმში, ხოლო მეორე შესაკრები - ამ ხაზის დამატებითი გამტარუნარიანობა.

ზემოთ მოცემული ფორმულებით მოცემული C_i გამტარუნარიანობების მქონე ხაზებზე გადაცემის დროს რეზულტატური ტრანზიტული შეყოვნების სიდიდე განისაზღვრება როგორც:

$$T_{min} = \frac{n}{\mu W_e} \left(\sum_i \sqrt{\frac{\lambda_i w_i}{\lambda}} \right) \quad (4.30)$$

სადაც λ - არის ტრაფიკის λ_i ინტენსიურობების ჯამი ყველა ხაზებზე.

განხილული ამოცანა საშუალებას იძლევა მოცემული შეზღუდვებით კავშირის არსების ღირებულებაზე, ისე იქნეს შერჩეული გამტარუნარიანობები, რომ შეტყობინების საშუალო დაყოვნება იყოს მინიმალური. [58]

როგორც უკვე აღნიშნეთ კომპიუტერული ქსელის ოპტიმიზაციის ტიპურ ამოცანებს განეკუთვნება ნაკადების განაწილების ამოცანა. წინა მაგალითში ხდებოდა გამტარუნარიანობების შერჩევა ნაკადების მოცემული კონფიგურაციის პირობებში. ამ ამოცანაში გამტარუნარიანობები მოცემულია, ხოლო ნაკადები უნდა იქნეს გადანაწილებული ისე, რომ მინიმიზირებული იყოს საშუალო დაყოვნება T . იგულისხმება, რომ გამტარუნარიანობები აკმაყოფილებს ტრაფიკის მოთხოვნებს, ხოლო გზების შერჩევის პროცედურები ფუქსურებული და ერთმნიშვნელოვანია.

საწყისი გამოახულების სახით მივიღოთ ზემოთ მოყვანილი ფორმულა:

ამ შემთხვევაში ნაკადების ოპტიმალური განაწილების ამოცანა წარმოადგენს წრფივი ფუნქციის T -ს მინიმიზაციას $\{\lambda_i\}$ ნაკადებზე, თითოეულ კვანძში ნაკადების შენახვის კანონის შესრულების პირობით.

ამ კანონის თანახმად, ჯამური ტრაფიკი ($j - k$), რომელიც მიეწოდება კვანძში n , ტოლია ჯამური ტრაფიკისა ($j - k$), რომელიც გამოდის კვანძიდან, გარდა იმ შემთხვევისა, როდესაც კვანძი $u = j$ წარმოადგენს კვანძ-წყაროს, ან $n = k$ - დანიშნულების კვანძს. გამტარუნარიანობებზე იდება შეზღუდვები, რომლებიც მდგომარეობს იმაში, რომ ნაკადი λ_i / μ არხში i არ უნდა იყოს უარყოფითი და ნაკლები გამტარუნარიანობის, ანუ $0 \leq \lambda_i / \mu < C$.

ასეთი პირობებისა და შეზღუდვების დროს T არის ნაკადების გამობურცული ფუნქცია, ხოლო რეალიზებული ნაკადების სიმრავლე წარმოდგება მათემატიკური მოდელით გამობურცული მრავალწახნაგას სახით ნაკადების პარამეტრების N -განზომილებიან სივრცეში. აღნიშნული ამოცანა წყდება სიმპლექს-მეთოდით, რომელზეც ჩვენ ვისაუბრეთ ზემოთ. თუ მას გააჩნია რეალიზებადი გადაწყვეტილება, მაშინ ნებისმიერი ლოკალური მინიმუმი წარმოადგენს გლობალურ მინიმუმს T -თვის.

ხშირად ოპტიმიზაციის ამოცანების გადასაჭრელად გამოიყენება ე.წ. ნაკადის გადახრის მეთოდი, რომლის არსიც მდგომარეობს i -ური წახნაგების “სიგრძეების” ღირებულების მნიშვნელობებისთვის ქსელის ღირებულების განსაზღვრა. წახნაგების სიგრძეების მნიშვნელობა გამოსახება შემდეგი გამოსახულებით:

$$l_i = \frac{\partial T}{\partial \left(\frac{\lambda_i}{\mu} \right)} = \frac{C_i}{\gamma \left[C_i - \left(\frac{\lambda_i}{\mu} \right) \right]^2}, \quad (4.31)$$

ამსათან, ნაკადი არხში ტოლია λ_i / μ -ის. ასეთი, მათი შესაბამისი “სიგრძეები” ან “ღირებულებითი კოეფიციენტები” გამოიყენება უმოკლესი გზებით ნაკადების მოძიების ამოცანების ფორმულირებისათვის და იმის გასარკვევად საწყისი ნაკადის თუ რა ნაწილი უნდა იქნეს გადახრილი. ამოცანის გადაწყვეტის პროცესი ციკლურად მეორდება მანამ, სანამ არ იქნება მიღებული T -ს მისაღები მნიშვნელობები. ნაკადის გადახრის ოპტიმალური ალგორითმი იძლევა T -ს, ქსელში შეტყობინების საშუალო შეყოვნების მინიმალურ მნიშვნელობას. [42]

4.6. კომპიუტერული ქსელების ოპტიმიზაციისა და შეფასების ძირითადი პრაქტიკული ამოცანები

იმისათვის, რომ კომპიუტერულმა ქსელმა იმუშაოს მაქსიმალურად ეფექტურად, საჭიროა გადაწყვეტილ იქნას გარკვეული ამოცანები:

1. უნდა იქნეს ფორმულირებული კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონირების *ეფექტურობის კრიტერიუმები*. უმეტეს წილად ასეთ კრიტერიუმებს წარმოადგენს წარმადობა და საიმედოობა, რომელთათვისაც, თავის მხრივ, საჭიროა შერჩეულ იქნას შეფასების კონკრეტული მახასიათებლები, მაგალითად რეაქციის დრო ან მზადყოფნის კოეფიციენტი, შესაბამისად.
2. უნდა განსაზღვრულ იქნას ქსელის ვარირებადი პარამეტრების სიმრავლე, რომლებიც *პირდაპირ თუ ირიბად ზემოქმედებენ ეფექტურობის კრიტერიუმებზე*. ეს პარამეტრები ნამდვილად უნდა იყოს ვარირებადი, ანუ უნდა დავრწმუნდეთ იმაში, რომ შესაძლებელია მათი შეცვლა გარკვეულ ფარგლებში სურვილისამებრ. მაგალითად, თუ რომელიმე პროტოკოლის პაკეტის ზომა კონკრეტულ ოპერაციულ სისტემაში ყენდება ავტომატურად და არ შეიძლება შეცვლილ იქნას აწყობა-მომართვის საშუალებით, მაშინ ეს პარამეტრი ამ შემთხვევაში არ არის ვარირებადი, თუმცა სხვა ოპერაციულ სისტემაში იგი შეიძლება განეკუთვნებოდეს ცვლად პარამეტრებს ადმინისტრატორის სურვილისამებრ, და შესაბამისად იგი იქნება ვარირებადი. სხვა მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ მარშრუტიზატორის შიდა სალტის გამტარუნარიანობა – იგი შეიძლება განხილულ იქნას როგორც ოპტიმიზაციის პარამეტრი მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ქსელში დასაშვებია მარშრუტიზატორების შეცვლა. [58]

ყველა ვარირებადი პარამეტრი შეიძლება დაჯგუფებულ იქნას სხვადასხვა სახით. მაგალითად, ცალკეული კონკრეტული პროტოკოლების პარამეტრები (Ethernet პროტოკოლის კადრის მაქსიმალური ზომა ან TCP პროტოკოლის დაუდასტურებელი პაკეტების ფანჯრების ზომა) ან მოწყობილობების პარამეტრები (მისამართების ცხრილის ზომა ან ხიდის ფილტრაციის სიჩქარე, მარშრუტიზატორის შიდა სალტის გამტარუნარიანობა). აწყობა-მომართვის პარამეტრები შეიძლება იყოს მოწყობილობების პარამეტრები და პროტოკოლები მთლიანობაში. ასე, მაგალითად, კავშირის

ნელი და მომატებული ხმაურის მქონე გლობალური არხების მქონე ქსელის მუშაობის გაუმჯობესება შესაძლებელია IPX/SPX პროტოკოლების სტეკიდან TCP/IP პროტოკოლებზე გადასვლით. ასევე შეიძლება მიღწეულ იქნეს მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება უცნობი წარმოების ქსელური ადაპტერების შეცვლით ადაპტერებზე BrandName.

3. უნდა განსაზღვრულ იქნას ეფექტურობის კრიტერიუმების მნიშვნელობების *მერძობიარობის ზღვარი*. ვთქვათ, ქსელის წარმადობა შეიძლება შეფასდეს ლოგიკური მნიშვნელობებით “მუშაობს” / “არ მუშაობს”, მაშინ ოპტიმიზაცია დაიყვანება მტყუნებების დიაგნოსტიკაზე და ქსელის ნებისმიერი სახით მუშა მდგომარეობაში მოყვანაზე. მეორე უკიდურეს შემთხვევას წარმოადგენს ქსელის ფაქიზი მომართვა, რომლის დროსაც მოქმედი ქსელის პარამეტრები (მაგალითად, კადრის ზომა ან დაუდასტურებელის პაკეტების ფანჯრის სიდიდე) შეიძლება ვარირებულ იქნას მწარმოებლურობის ამაღლების მიზნით (მაგალითად, რეაქციის დროის საშუალო მნიშვნელობის) თუნდაც რამდენიმე პროცენტით. როგორც წესი, ქსელის ოპტიმიზაციაში გულისხმობენ გარკვეულ შუალედურ ვარინტს, რომლის დროსაც საჭიროა შერჩეულ იქნას ქსელის პარამეტრების ისეთი მნიშვნელობები, რომ მისი ეფექტურობის მაჩვენებლები მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდეს, მაგალითად, მომხმარებლებმა მიიღონ პასუხები მათ შეკითხვებზე სერვერის მიმართ არა 10 წამის განმავლობაში, არამედ 3 წამის განმავლობაში, ხოლო ფაილის გადაცემა მოშორებით მდებარე კომპიუტერზე ხდებოდეს არა 2 წუთში, არამედ 30 წამში. [58]

ამრიგად, შეიძლება შემოთავაზებულ იქნას ოპტიმიზაციის ამოცანის სამი სხვადასხვა ტრაქტოვკა.

1. ქსელის მოყვანა ნებისმიერი სახის მუშა მდგომარეობაში. ჩვეულებრივ ამ ამოცანის გადაჭრა ხდება პირველ რიგში და იგი შეიცავს შემდეგს:

- ქსელის მწყობრიდან გამოსული ელემენტების – კაბელების, ადაპტერების, კომპიუტერების – ძიება;
 - მოწყობილობებსა და პროგრამულ უზრუნველყოფას შორის შეთავსებადობის შემოწმება;
 - პროგრამული უზრუნველყოფისა და მოწყობილობების ძირითადი პარამეტრების კორექტურლი მნიშვნელობების შერჩევა, რომლებიც უზრუნველყოფს შეტყობინებათა გავლას ქსელის ყველა კვანძს შორის – ქსელებისა და კვანძების მისამართები, შემოყენებული პროტოკოლები, ტპერნეტ-ის კადრების ტიპები და ა.შ.
2. უხეში მომართვა - იმ პარამეტრების შერჩევა, რომლებიც ახდენს მკვეთრ გავლენას ქსელის მახასიათებლებზე (საიმედოობა, წარმადობა). თუ ქსელი არის მუშა მდგომარეობაში, მაგრამ მონაცემთა ურთიერთგაცვლა ხდება ძალიან ნელა (ლოდინის დრო შეადგენს ათობით წამს ან წუთებს) ან კავშირის სეანსი ხშირად წყდება ხილვადი მიზეზების გარეშე. ასეთი ქსელს ქმედითუნარიანი შეიძლება ეწოდოს მხოლოდ პირობითად, დამას აუცილებლად ესაჭიროება უხეში მომართვა. ამ ეტაპზე აუცილებელი მოინახოს ქსელში პაკეტების გავლის შეყოვნებების ძირითადი მიზეზები. ჩვეულებრივ, ქსელის მუშაობის სერიოზული შენელებისა და არამდგრადობის მიზეზია ერთი ცუდად მომუშავე ელემენტი ან არაკორექტულად დაყენებული პარამეტრი, მაგრამ შესაძლო მიზეზების დიდი რაოდენობის გამო ძიებამ შეიძლება მოითხოვოს ქსელის მუშაობაზე გრძელვადიანი დაკვირვება და დიდი ოდენობით ვარიანტების განხილვა და გადამოწმება. ქსელი უხეში მომართვა ბევრ რამეში ემსგავსება ქსელის მოყვანას მუშა მდგომარეობაში. აქ ასევე ხდება ეფექტურობის მაჩვენებლების ზღვრული მნიშვნელობების განსაზღვრა და მოითხოვება ქსელის ისეთი ვარიანტის მოძიება, როდესაც ეს მნიშვნელობები არ არის ზღვრულზე უარესი. მაგალითად, ქსელის უნდა მომართულ იქნას ისე, რომ ქსელის სერვერის რეაქციის დრო მომხმარებლის მოთხოვნაზე არ აღემატებოდეს 5 წამს.

3. ქსელის პარამეტრების (თავად ოპტიმიზაცია) ფაქიზი მომართვა. თუ ქსელის ფუნქციონირებს დამაკმაყოფილებლად, მაშინ მისი მწარმოებლურობის ან საიმედოობის შემდგომი ამაღლება ნაკლებად სავარაუდოა მიღწეულ იქნას რომელიმე ერთ-ერთი პარამეტრის ცვლილებით, როგორც ეს იყო ქსელის მთლიანად არაქმედითუნარიან მდგომარეობაში ყოფნის ან მისი უხეში მომართვის დროს. ნორმალურად მომუშავე ქსელის შემთხვევაში, მისი ფუნქციონირების ხარისხის შემდგომი ამაღლებისათვის, საჭირო მოძიებულ იქნას დიდი ოდენობით პარამეტრების გარკვეული იღბლიანი შეხამება, ამიტომაც მიიღო ამ პროცესმა ფაქიზი მომართვის სახელწოდება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ქსელის ფაქიზი მომართვის შემთხვევაშიც კი მისი პარამეტრების ოპტიმალური შეხამება (ტერმინი “ოპტიმალური”-ს მკაცრი მათემატიკური გაგებით) მიღება შეუძლებელია, და არც არის საჭირო. არ აქვს აზრი დახარჯულ იქნას კოლოსალური ძალისხმევა მკაცრი ოპტიმუმის მოსაძებნად, რომელიც განსხვავდება მუშაობის მისთვის ახლო რეჟიმებისგან ისეთივე რიგის სიდიდით, როგორიცაა ქსელში ტრაფიკის გაზომვის სიზუსტე. საკმარისია მოძიებულ იქნას ოპტიმალურთან ახლო ნებისმიერი გადაწყვეტა, იმისათვის იგი ჩაითვალოს ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანა გადაჭრილად. ასეთი, ოპტიმალურთან ახლო მდებარე გადაწყვეტილებებს რაციონალურ ვარიანტებს უწოდებენ და სწორედ მათი მოძებნა აინტერესებს პრაქტიკაში ქსელის ადმინისტრატორს.

ქსელში მტყუნებების ძიება – არის ანალიზის (გაზომვა, დიაგნოსტიკა და შეცდომების ლოკალიზაცია) და სინთეზის (გადაწყვეტილების მიღება იმის თაობაზე, თუ როგორი ცვლილებები უნდა აიქნეს განხორციელებული, იმისათვის რომ გაუმჯობესდეს მისი მუშაობის ხარისხი) ერთობლიობა.

- *ანალიზი* - არის ქსელის ეფექტურობის კრიტერიუმის (ეს იგივეა, რაც ოპტიმიზაციის კრიტერიუმი) მნიშვნელობის განსაზღვრა ქსელის პარამეტრების მოცემული შეხამებისათვის. ხანდახან ამ ეტაპიდან გამოყოფენ *მონიტორინგის* ქვეეტაპს, რომელზეც სრულდება უფრო მარტივი პროცედურა -

პირველადი მონაცემების შეგროვების პროცედურა ქსელის მუშაობის შესახებ: სტატისტიკა ქსელში ცირკულირებადი სხვადასხვა პროტოკოლების კადრებისა და პაკეტების რაოდენობის შესახებ, კონცენტრატორების, კომუტატორებისა და მარშრუტიზატორების პორტების მდგომარეობის შესახებ და ა.შ. შემდეგ სრულდება თავად ანალიზის ეტაპი, რომელშიც ამ შემთხვევაში იგულისხმება უფრო რთული და ინტელექტუალური პროცესი. იგი მოიცავს: მონიტორინგის ეტაპზე შეგროვებული ინფორმაციის გააზრებას, მათი შეთავსება ადრე მიღებულ მონაცემებთან და ვარაუდების შემუშავება ქსელის შენელებული და არასაიმედო მუშაობის მიზეზების შესახებ. მონიტორინგის ამოცანა გადაიჭრება პროგრამული და აპარატურული მზომებით, ტესტირებებით, ქსელური ანალიზატორებითა და ქსელებისა და სისტემების მართვის სისტემის მონიტორინგის ჩაშენებული სისტემების საშუალებით. ანალიზის ამოცანა მოითხოვს ადამიანის უფრო აქტიურ მონაწილეობას, და ასევე ისეთი რთული საშუალებების გამოყენებას, როგორცაა ექსპერტული სისტემები, რომლებიც ახდენენ ბევრი ქსელური სპეციალისტის პრაქტიკული გამოცდილების აკუმულირებას.

- *სინთეზი* – არის ვარირებადი პარამეტრების მნიშვნელობების ისეთი შერჩევა, რომელთა დროსაც ეფექტურობის მაჩვენებელს გააჩნია საუკეთესო მნიშვნელობა. თუ მოცემულია ეფექტურობის მაჩვენებლის ზღვრული მნიშვნელობა, მაშინ სინთეზის შედეგი უნდა იყოს ქსელის ერთ-ერთი ვარიანტი რომელიც უკეთესია მოცემულ მნიშვნელობაზე. ქსელის მუშა მდგომარეობაში მოყვანა – ასევე სინთეზია, როდესაც ხდება ქსელის ნებისმიერი ვარიანტის მოძიება, რომლის დროსაც ეფექტურობის მაჩვენებლის მნიშვნელობა განსხვავდება მდგომარეობისაგან “არ მუშაობს”. ქსელის რაციონალური ვარიანტის სინთეზი – არის უფრო ხშირად არაფორმალური პროცედურა, რადგანაც იგი დაკავშირებულია ქსელის პარამეტრების ძალიან დიდი და მრავალფეროვანი სიმრავლის –

გამოყენებადი საკომუნიკაციო მოწყობილობების ტიპების, ამ მოწყობილობების მოდელების, სერვერების რაოდენობის, სერვერის სახით გამოყენებადი კომპიუტერების ტიპების, ოპერაციული სისტემების ტიპების, ამ ოპერაციული სისტემების პარამეტრების, საკომუნიკაციო პროტოკოლების სტეკების, მათი პარამეტრების და ა.შ. და ა.შ. ძალიან ხშირად მოტივი, რომელიც გაგლენას ახდენს არჩევანზე “მთლიანობაში”, ანუ მოწყობილობების ტიპისა და მოდელის, პროტოკოლების სტეკისა თუ ოპერაციული სისტემის არჩევა არ ატარებს ტექნიკური ხასიათს, არამედ მიიღება სხვა მოსაზრებებით - კომერციული, “პოლიტიკური” და ა.შ. ამიტომ ოპტიმიზაციის ამოცანის დაყენების ფორმალიზება ასეთ შემთხვევებში უბრალოდ შეუძლებელია. აქ ძირითადი ყურადღება ეთმობა ქსელის მონიტორინგისა და ანალიზის ეტაპებს, როგორც უფრო ფორმალურ და ავტომატიზირებულ პროცედურებს. იმ შემთხვევებში, როდესაც ეს შესაძლებელია ხდება ქმედებათა გარკვეული თანმიმდევრობის შესრულება ქსელის რაციონალური ვარიანტის მოსაძიებლად ან ამ პროცესის გასამარტივებლად. [57]

4.7. შედეგების შეფასება

აღნიშნულ თავში განხილულია კომპიუტერული ქსელის ოპტიმიზაციის ძირითადი პრინციპები. მოცემულია ოპტიმიზაციის კრიტერიუმების, შეზღუდვებისა და მიზნობრივი ფუნქციების განსაზღვრის პრინციპები, რაც მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია როგორც ქსელის დანიშნულებაზე, ასევე მის ძირითად პარამეტრებსა და ეფექტურობის კრიტერიუმებზე, რაც ჩემს მიერ განსაზღვრულ იქნა წინამდებარე დისერტაციის მესამე თავში. ასევე დახასიათებულია ოპტიმიზაციის ტიპური ამოცანები და მათი გადაჭრის გზები.

ყოველზე ეს საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ დისერტაციის ამოცანის საბოლოო ფურმულირება და რეალიზაცია.

თავი 5. კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის მოდელი

5.1. კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის ამოცანის დასმა

თანამედროვე საზოგადოებაში როგორც უკვე ავლინშნეთ ფართო გამოყენება აქვს კორპორაციულ ქსელებს. აღნიშნული ქსელების გამოყენება ხდება ბიზნესის, ეკონომიკისა თუ მრეწველობის ნებისმიერ სფეროში. კომპანიას, რომელიც შეიძლება მოღვაწეობდეს ზემოთ ჩამოთვლილი მიმართულებებიდან ნებისმიერში მიზანშეწონილია, რომ გააჩნდეს საკუთარი კორპორაციული კომპიუტერული ქსელი, რაც მის ფუნქციონირებას გახდის უფრო ეფექტურს. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ნებისმიერი ორგანიზაცია მიისწრაფვის განვითარებისა და გაფართოებისადმი, შესაბამისად უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება იმას რომ კომპანიის კორპორაციული ქსელი იყოს ასეთი ცვლილებებისადმი მორგებადი, ანუ უნდა შეიძლებოდეს მისი გაზრდა და მასში ახალი მომხმარებლების ჩართვა ქსელის ფუნქციონირების ხარისხის დაცემის გარეშე. ასეთი პირობის დასაკმაყოფილებლად მიზანშეწონილია შერჩეულ იქნას იერარქიული სტრუქტურა, რომლის დონეებისა და განშტოებების რაოდენობა უკვე კონკრეტული კომპანიის მოთხოვნებზე იქნება დამოკიდებული. [43]

ასვე, პრაქტიკიდან გამომდინარე, ცხადია, რომ ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს, რეალურად კი ყველაზე მნიშვნელოვან კრიტერიუმს წარმოადგენს ქსელის ღირებულება. ნებისმიერ სფეროში მოღვაწე ორგანიზაცია ორიენტირებულია მაქსიმალურად მეტი სარგებლის მიღებაზე მინიმალური დანახაჯებით. შესაბამისად, კორპორაციული ქსელის დაპროექტებისა და რეალიზაციის მთავარ კრიტერიუმს სწორედ გაწეული ხარჯები წარმოადგენს. მნიშვნელოვანია რომ განხორციელდეს წინასწარ განსაზღვრული პარამეტრებისა და მაჩვენებლების მქონე კორპორაციული ქსელის რეალიზაცია, ოღონდ მინიმალური დანახარჯებით.

გამომდინარე ზემოაღნიშნულიდან, კორპორაციული ქსელის ოპტიმიზაციის საკითხები ჩემს მიერ განხილულ იქნება მისი იერარქიული სტრუქტურის შემთხვევაში. თუმცა, ძირითადი კრიტერიუმის სახით აღებული იქნა, არა უბრალოდ ქსელის შექმნის დანახარჯები, არამედ ჯამური ხარჯები Π . იგი წარმოადგენს მიზნობრივ ფუნქციას და მას გააჩნია შემდეგი სახე: [41]

$$\Pi = E_H K + \Theta$$

სადაც:

E_H - არის შედარებითი ეკონომიური ეფექტურობის ნორმატიული კოეფიციენტი

K - არის კაპიტალური დანახარჯები, რომლებიც მონოტონურად იზრდება ქსელის ფუნქციონირების ხარისხის ზრდის შესაბამისად

Θ - არის საექსპლუატაციო დანახარჯები

შეზღუდვის სახით აღებულია შეტყობინების მიწოდების საშუალო დრო T_v , რომელიც გამოითვლება შემდეგი სახით:

$$T_v = \frac{1}{\mu_e - \lambda} \left(1 + \frac{\mu_e K_\pi}{d} \right) \quad (5.1)$$

სადაც:

μ_e - არის მომსახურების ექვივალენტური ინტენსიურობა,

λ - არის შემავალი ნაკადის ინტენსიურობა

ან შეტყობინების დროული მიწოდების ალბათობა Q , რომელიც გამოითვლება შემდეგი გამოსახულებით:

$$Q = \frac{\mu_e - \lambda}{\mu_e - \lambda + \nu_e}, \nu_e > \mu_e \geq \lambda \quad (5.2)$$

სადაც:

μ_e - არის მომსახურების ექვივალენტური ინტენსიურობა,

ν_e - არის დაძველების ექვივალენტური ინტენსიურობა,

λ - არის შემავალი ნაკადის ინტენსიურობა

მიზნობრივი ფუნქცია გეომეტრიული მოდელის მონაცემების გათვალისწინებით შეიძლება წარმოდგენილ იქნას შემდეგი სახით:

$$\Pi = E_H \left\{ \sum_{r=2}^R \sum_{i=1}^q \omega_{ir} C_i n_i + \sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^f \omega_{jr} (a_j + b_j l_j) m_j \right\} + \sum_{\gamma=1}^g C_\gamma S_\gamma, \quad (5.3)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots; j = 1, 2, 3, \dots; \gamma = 1, 2, 3, \dots$$

სადაც:

$$\omega_{ir}, \omega_{jr} = \begin{cases} 1, & \text{თუ } i\text{-ური კომუტაციის ცენტრი ან } j\text{-ური არხი} \\ & \text{მდებარეობს იერარქიის } r \text{ დონეზე} \\ 0 & \text{- საწინააღმდეგო შემთხვევაში} \end{cases}$$

n_i – არის i -ური ტიპის შეტყობინებების კომუტაციის ცენტრების რაოდენობა ქსელში;

C_i – არის i -ური ტიპის შეტყობინებების კომუტაციის ცენტრის ღირებულება;

q – არის i -ური შეტყობინებების კომუტაციის ცენტრების ტიპების რაოდენობა

R – არის იერარქიის დონეების რაოდენობა

m – არის არხების კონების ტევადობა;

l – არის არხების საშუალო სიგრძე;

f – არის ქსელის არხების ტიპების რაოდენობა;

a და b – არის კონსტანტები არხის ღირებულების მოდელში;

S_γ – არის γ ტიპის ტექნიკური მომსახურების ცენტრების საერთო მოთხოვნილი რაოდენობა;

C_γ – არის γ ტიპის ერთი ტექნიკური მომსახურების ცენტრის შემადგენლობის ღირებულება;

g – არის ტექნიკური მომსახურების ცენტრის ტიპების რაოდენობა.

შეზღუდვა შეტყობინების მიწოდების საშუალო დროზე იერარქიის ერთ დონეზე შეიძლება გამოსახულ იქნას შემდეგი სახით:

$$T_v = \pi(T_{vk} + T_{vy}) + T_{vy} \quad (5.4)$$

სადაც:

T_v – არის შეტყობინების მიწოდების საშუალო დრო იერარქიის ერთი დონისათვის;

T_{vk} – არის შეტყობინების მიერ არხების გავლის საშუალო დრო;

T_{vy} – არის შეტყობინების მიერ კვანძების გავლის საშუალო დრო;

π – არის გზის საშუალო სიგრძე იერარქიის ერთ დონეზე გეომეტრიული მოდელის შესაბამისად.

იერარქიული ქსელისათვის გამოსახულება (5.4) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$T_v = \pi_1 T_{v1} + \alpha_2 \pi_2 T_{v2} \quad (5.5)$$

სადაც:

π_1 და π_2 – არის მარშრუტების საშუალო სიგრძეები იერარქიის პირველი დონისა და დანარჩენი დონეების სააბონენტო უბანზე ერთობლივად;

T_{v1} და T_{v2} – არის შეტყობინების მიწოდების საშუალო დრო იერარქიის პირველი დონისა და დანარჩენი დონეების სააბონენტო უბანზე ერთობლივად;

$\alpha_2 = 1 - \varphi_2$ – არის დატვირთვის საფეხურებს შორითი ტრანზიტის კვანძური კოეფიციენტი;

ორ-სამდონიანი კორპორაციული კომპიუტერული ქსელისათვის გამოსახულება (5.5) გარდაიქმნება შემდეგნაირად:

$$T_v = \pi_1 T_{v1} + \alpha_2 \psi_2 \pi_2 T_{v2} + \alpha_2 \beta_2 \pi_{2-3} T_{v2-3} + \alpha_2 \beta_2 \alpha_3 \pi_3 T_{v3} \quad (5.6)$$

ψ – დატვირთვის ჩართვის ქსელური კოეფიციენტი;

α_2 , β_2 – იერარქიის მეორე დონის შეტყობინებების კომუტაციის ცენტრების დატვირთვის დონეებს შორის ტრანზიტის კვანძური კოეფიციენტები;

π_{2-3} – იერარქიის მეორე და მესამე დონეების შემაკავშირებელი ქვექსელის მარშრუტის საშუალო სიგრძე;

T_{v2-3} – იერარქიის მეორე და მესამე დონეების შემაკავშირებელ ქვექსელში შეტყობინების მიწოდების საშუალო დრო.

აუცილებლობის შემთხვევაში ანალოგიურად შეიძლება მიღებულ იქნეს თანაფადრობები ოთხი-ხუთი და მეტი დონის მქონე კორპორაციული ქსელისათვის.

შეზღუდვა შეტყობინების მიწოდების ალბათობაზე იერარქიის ერთი დონისათვის გამოისახება შემდეგნაირად:

$$Q = Q_k^\pi Q_v^{\pi+1} \quad (5.7)$$

სადაც:

Q_k^π – არის კავშირის არხით შეტყობინების დროული მიწოდების ალბათობა

$Q_y^{\pi+1}$ – არის კვანძში შეტყობინების დროული მიწოდების ალბათობა.

ორდონიანი იერარქიული ქსელისათვის (5.7) გამოსახულება გარდაიქმნება შემდეგი სახით:

$$Q = Q_1^{\pi_1} Q_2^{\alpha_2} \quad (5.8)$$

სამდონიანი ქსელისათვის:

$$Q = Q_1^{\pi_1} Q_2^{\alpha_2 \varphi_2 \pi_2} Q_{2-3}^{\alpha_2 \beta_2 \pi_{2-3}} Q_3^{\alpha_2 \beta_2 \alpha_3 \pi_3} \quad (5.9)$$

სადაც:

Q_1, Q_2, Q_3 – არის ქსელის პირველ – მესამე დონეებზე შეტყობინებების დროული მიწოდების ალბათობა.

Q_{2-3} – არის იგივე იერარქიის მეორე და მესამე დონეებს შორის.

T_v -სა და Q -ს გამოსათვლელი გამოსახულებების მიღება R-დონიანი იერარქიული ქსელისათვის მარტივად შეიძლება მიღებულ იქნას (5.6) და (5.9) გამოსახულებებიდან:

$$T_R = \pi_1 T_{v1} + \sum_{r=2}^{R-1} \alpha_2 \beta_2 \alpha_3 \beta_3 \dots \alpha_r \beta_r \pi_r T_{vr} + \sum_{r=2}^{R-1} \alpha_2 \beta_2 \dots \alpha_r \beta_r \pi_{r,r+1} T_{vr,r+1} \quad (5.10)$$

$$Q_R = Q_1^{\pi} \prod_{r=2}^R Q_r^{\alpha_2 \beta_2 \alpha_3 \beta_3 \dots \alpha_r \beta_r \pi_r} \prod_{r=2}^{R-1} Q_{r,r+1}^{\alpha_2 \beta_2 \dots \alpha_r \beta_r \pi_{r,r+1}} \quad (5.11)$$

საჭიროა განსაზღვრულ იქნას სტრუქტურისა და ტექნიკური გადაწყვეტილებები გარკვეული სიმრავლე, რომლისთვისაც მინიმიზირებადი Π ფუნქციის მნიშვნელობა იქნება მის მინიმალურ მნიშვნელობაზე ნაკლები გარკვეული ε სიდიდით. თუ ოპტიმიზაციის შედეგად U (მომსახურე პერსონალის ოდენობა) პარამეტრის მნიშვნელობა აღმოჩნდება დასაშვებ მნიშვნელობაზე მეტი, მაშინ ამოცანის დასმაში შემოდის მესამე შეზღუდვა: $U \leq U_m$, სადაც U_m – არის ქსელის პერსონალის მოცემული ოდენობა.

ასევე უნდა აღინიშნოს კიდევ ერთი კრიტერიუმი – პროექტის (მოდელის) ფიზიკური რეალიზაციის შესაძლებლობა. ანუ, ოპტიმიზაციის ალგორითმის მიერ უნდა უკუდგებულ იქნას როგორც მიუღებელი შემდეგი სახის ვარიანტები:

- შეტყობინებების კომუტაციის ცენტრების რაოდენობა მეტია აბონენტური პუნქტების რაოდენობაზე;

- შეტყობინებების კომუტაციის ცენტრების რაოდენობა $(r+1)$ დონეზე მეტია შეტყობინებების კომუტაციის ცენტრების რაოდენობაზე r დონეზე;
- ქსელის შტოების რაოდენობა ერთის მხრივ არ უნდა აღემატებოდეს $n(n-1)/2$ -ს, ხოლო მეორეს მხრივ არ უნდა იყოს $n-1$ -ზე ნაკლები;
- ფიზიკური სიდიდეების უარყოფითი მნიშვნელობები.

მარტივი მსჯელობების დახმარებით შეიძლება ვაჩვენოთ რომ (5.3)-ის ტიპის ამოცანას მიღებული შეზღუდვებით გააჩნია შემდეგი ამოხსნა. ნებისმიერი საწყისი მონაცემებისათვის იერარქიის ყველა დონეზე ოპტიმალური იქნება რადიალური კონფიგურაცია, ანუ, მთლიანად ცენტრალიზებული სტრუქტურა გარდასახულ იქნება სხვა, დიამეტრალურად საპირისპირო, სრულკავშირიან სტრუქტურაში. [57]

5.2. იერარქიული ქსელის ოპტიმიზაციის კერძო მოდელები

5.2.1. ოპტიმიზაციის ძირითადი ეტაპების გამოყოფა:

გამომდინარე იქიდან, რომ გამოსაკვლევი ფუნქცია განეკუთვნება ცუდად ორგანიზებული ფუნქციების კლასს, ხოლო ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანა მთლიანობაში – სუსტად სტრუქტურირებულ პრობლემას, ქსელის ოპტიმიზაციის ამოხსნა მიზანშეწონილია დავაფუძნოთ სუბოპტიმიზაციების მრავალეტაპიან პროცედურაზე. შემოთავაზებული მიდგომა გულისხმობს ამოცანის საერთო სტრუქტურაში დეკომპოზიციას მთელ რიგ კერძო ამოცანებზე, რომელთა შორის უმნიშვნელოვანესია:

- ტექნიკური გადაწყვეტილებების შერჩევა (კომუტაციის მეთოდი, ტექნიკური საშუალებების კომპლექსი, მათი აწყობის პრინციპები და ა.შ.);
- ქსელის სტრუქტურის შერჩევა, ანუ, იერარქიის დონეების რაოდენობის, თითოეულ დონეზე ოპერაციული ქვესისტემების რაოდენობის და მათი კავშირუნარიანობის განსაზღვრა;

- გეოგრაფიული ამოცანის გადაწყვეტა, ანუ ოპერაციული ქვესისტემებისა და ხაზების მიხმა ადგილმდებარეობაზე;
- რიგი დამხმარე ამოცანების გადაწყვეტა, რომლებიც დაკავშირებულია ინფორმაციის განაწილებასთან, ტექნიკური მომსახურებისა და მართვის ორგანიზებასთან. [49]

დეკომპოზიციის შემოთავაზებული სქემის რეალიზაციას გააჩნია რიგი სირთულეები, რომელთა შორის უმნიშვნელოვანესია ჩამოთვლილი ამოცანების ძლიერი კავშირუნარიანობა, რაც მთელ რიგ შემთხვევებში არ იძლევა ასეთი დეკომპოზიციის განხორციელების შესაძლებლობას. სწორედ ამითაა გამოწვეული ქსელის ოპტიმალური სტრუქტურის პროექტირების კერძო ამოცანების დასმის დიდი ოდენობა ტექნიკურ-სამეცნიერო ლიტერატურაში და ამ ამოცანების გადაჭრის სრული მიდგომებისა და მეთოდების აბსოლიტურად უმნიშვნელო ოდენობა.

შემოთავაზებული მიდგომა ეფუძნება გეომეტრიული მოდელის ბაზაზე ზოგიერთი საწყისი მონაცემების გასაშუალოების იდეაზე, კერძო ფუნქციების აპროქსიმაციასა და მიღებული წინასწარი შედეგის შემდგომ დაზუსტებაზე. აღნიშნული მიდგომის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ იგი იძლევა დეკომპოზიციის გამოყენების საშუალებას, რადგანაც სტრუქტურული ამოცანის პირველ ეტაპზე მიღებული გადაწყვეტილების (შედეგის) შემდეგ, მთლიანობაში ვლინდება კერძო ამოცანებს შორის ურთიერთ დამოკიდებულების ხასიათი და ურთიერთ კავშირის ხარისხი.

იერარქიული კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის საერთო სქემა შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგ ეტაპებად: ამოცანის გადაჭრის პირველ ეტაპზე ხდება ტექნიკური საშუალებების ოპტიმალური ვარიანტებისა და ქსელის სტრუქტურის, კერძოდ მისი იერარქიულობისა და განშტოებადობის დონის განსაზღვრა.

შემდეგ მიღებული ოპტიმალური ვარიანტები მიიღება როგორც საწყისი მონაცემები მეორე ეტაპისათვის, რომელზეც ხორციელდება საბოლოო სტრუქტურის დაზუსტება. აქ იგულისხმება ოპერაციული ქვესისტემების, შტოების, იერარქიის დონეების, ქსელის სტრუქტურისა და ტექნიკური საშუალებების ტიპების დაზუსტება.

შემოთავაზებული მიდგომა ორიენტირებულია მსხვილი კორპორაციული ქსელების ოპტიმიზაციაზე, რადგანც საწყისი სტრუქტურის ძიების ეტაპი ნაკლებად არის დამოკიდებული ქსელის ზომებზე, ხოლო სტრუქტურის გაუმჯობესების შემდგომი ეტაპები საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად შემცირდეს საწყისი ამოცანის სიდიდე. [2]

როგორც უკვე ცხადია ზემოაღნიშნულიდან კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის საერთო ამოცანა იყოფა რიგ ქვეამოცანებზე, რომელთაგან თითოეულისათვის იქმნება შესაბამისი მოდელი, რომელიც უპირველეს ყოვლისა განსხვავდება სხვა მოდელისაგან თავისი ფუნქციონალური დანიშნულებით. ფუნქციონალური ნიშნით შეიძლება მოდელები დავეყოთ შემდეგნაირად:

- ქსელის ალბათობით-დროითი მახასიათებლების შეფასების მოდელი;
- სტრუქტურული მოდელი;
- ტექნიკური მომსახურების ეფექტურობის (საიმედლობის) შეფასების ალბათობითი მოდელი;
- ეკონომიკური მოდელი.

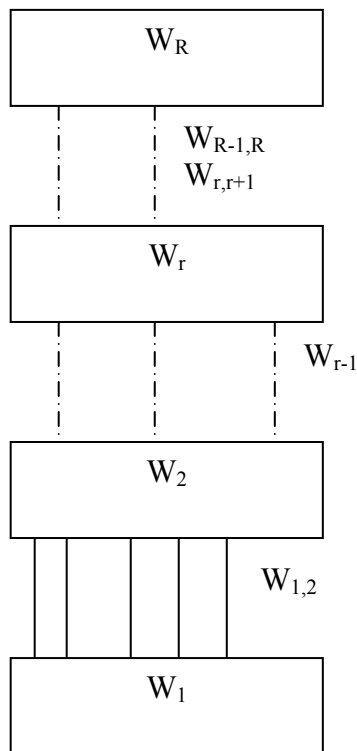
ალბათობით-დროითი მახასიათებლების შესაფასების მოდელი.

აღნიშნული მოდელი უკვე განხილულ იქნა ზემოთ და T_R -ისა და Q_R -ის გამოსათვლელი ფორმულები (5.10) და (5.11) მიღებულია ქსელის პარამეტრებიდან გამომდინარე.

ქსელის სტრუქტურული მოდელი. ქსელის სტრუქტურულ მოდელზე აუცილებელია იერარქიის დონეების რაოდენობის, თითოეულ დონეზე შეტყობინებების კომუტაციის ცენტრების რაოდენობა, მათი თანაბარი განთავსების პირობით, სტრუქტურის ტიპისა და ქსელის კავშირუნარიანობის განსაზღვრა.

იერარქიული R -საფეხურიანი ქსელის სტრუქტურა წარმოვადგინოთ კონტურულად R -დაყოფადი გრაფით ($R \geq 2$), ანუ გრაფით, რომელიც წვეროების სიმრავლე შეიძლება დაყოფილ იქნას R ქვესიმრავლედ n_1, n_2, \dots, n_R , თანაც გრაფის წიბოები აკმაყოფილებენ შემდეგ თვისებას: თუ რომელიმე წიბოს გააჩნია ერთი წვერო n_r სიმრავლეში, მაშინ მისი მეორე წვერო მდებარეობს n_{r+1} სიმრავლეში. ასეთი სახით

ინტერპრეტირებადი ქსელი წარმოდგება R მრავალპოლუსიანი ქსელებით იერარქიის სხვადასხვა დონეზე და $(R-1)$ მრავალპოლუსიანი დონეებს შორისი ქსელებით, რომლებიც მათ აერთებს.



სურ 5.1: იერარქიული ქსელის ინტერპრეტაცია W მრავალპოლუსიანი სტრუქტურებით.

ქსელის W სტრუქტურის ასეთი აღწერის ფორმას განიხილავთ ტოპოლოგიური რეკურენტულობის თვისება, რომელიც ცნობილი ინდუქციური წესების თანახმად საშუალებას იძლევა განსაზღვრულ იქნას $(r+1)$ დონის მახასიათებლები წინა r დონეების მახასიათებლების მიხედვით.

იერარქიის ერთ დონეზე შემავალი ნაკადის ინტენსიურობა გამოითვლება შემდეგი გამოსახულებით:

$$\lambda_B = \lambda_A N / 2$$

სადაც:

λ_A - არის ხვედრითი სააბონენტო დატვირთვა;

N - არის აბონენტების რაოდენობა ერთ დონეზე.

ქსელის r დონეზე შემავალი ნაკადის ინტენსიურობა უნდა გამოთვლილ იქნას იერარქიის პირველი დონის მონაცემების მიხედვით დატვირთვის დონეებს შორის ტრანზიტის კოეფიციენტების გათვალისწინებით:

$$\lambda_B^r = \frac{\lambda_A N}{2} \prod_{i=2}^{r-1} \alpha_i \beta_i$$

ტექნიკური ექსპლუატაციის ეფექტურობის შეფასების მოდელი. საწყისი მონაცემების მოცემულობის საშუალებიდან გამომდინარე ტექნიკური ექსპლუატაციის მოდელი შეიძლება გამოყენებულ იქნას ორნაირად. თუ ქსელის ტექნიკურ საშუალებებზე შემუშავებულია დოკუმენტაცია, რომელშიც მოცემულია მათი ექსპლუატაციის წესები, რეგლამენტური სამუშაოსა და მიმდინარე და კაპიტალური რემონტის პერიოდულობა, ასევე, მითითებულია ის საშუალებები, რომლებიც აუცილებლად ტექნიკური ექსპლუატაციის და რემონტისათვის, მაშინ მოდელის დანიშნულება მდგომარეობს ტექნიკური ექსპლუატაციის ცენტრების იმ რაოდენობის განსაზღვრაში, რომელიც უზრუნველყოფს ტექნიკური ექსპლუატაციის მაჩვენებლის დადაგენილ მნიშვნელობას. ტექნიკური დოკუმენტაციის არ არსებობის შემთხვევაში, აღნიშნული მოდელის გამოყენება მიზანშეწონილია მომსახურე პერსონალის რაოდენობის განსაზღვრის მიზნით.

დეტალურად განვიხილოთ პირველი ვარიანტი.

ვთქვათ იერარქიის r დონეზე ხდება n_r რაოდენობის ერთი ტიპის შეტყობინებების კომუტაციის ცენტრებისა და m რაოდენობის ერთი ტიპის არხების ექსპლუატაცია, რომლებიც ექსპლუატაციის პროცესში გამოდის მწყობრიდან და საჭიროებს აღდგენას.

მწყობრიდან გამოსული ელემენტები წარმოქმნიან ტექნიკური ექსპლუატაციის სისტემაში მოთხოვნათა შემავალ ნაკადს, რომელიც შედგება S_{kr} რაოდენობის თანაბრად მიღწევადი ტექნიკური ექსპლუატაციის ცენტრებისაგან, რომლებიც სპეციალიზირებულია წრფივი სტრუქტურების მომსახურებაზე და S_{yr} რაოდენობის თანაბრად მიღწევადი ტექნიკური ექსპლუატაციის ცენტრებისაგან, რომლებიც გამიზნულია კვანძური საშუალებების მომსახურებაზე. მთლიანობაში

მათ შეიძლება შეადგინონ S_r გაერთიანებული ტექნიკური ექსპლუატაციის ცენტრები, რომლებსაც გააჩნია უნარი გამოცვალოს მწყობრიდან გამოსული დეტალები და მოახდინოს როგორც სტაციონარული, ასევე გასვლითი ტექნიკური მომსახურება.

მტყუნებების შემთხვევითი ნაკადი ქმნის მოთხოვნათა რიგს ტექნიკური ექსპლუატაციის ცენტრებთან მომსახურებისათვის. ამასთან ტექნიკური საშუალების მომსახურების ალბათობა რიგში ლოდინის გარეშე K_{e0} განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$K_{e0} = 1 - \frac{1}{n} \sum_{k=S+1}^n (k-S)P_k, \quad S < k < n \quad (5.12)$$

აქ k – არის იმის ალბათობა, რომ ტექნიკური ექსპლუატაციის სისტემაში არის k რაოდენობის მწყობრიდან გამოსული საშუალება:

$$P_k = \frac{n!S^S \rho^k}{(n-k)!S!} \left[\sum_{i=0}^{S-1} \frac{n!S^i \rho^i}{i!(n-i)!} + \sum_{i=S}^n \frac{n!S^S \rho^i}{(n-i)!S!} \right]^{-1} \quad (5.13)$$

სადაც:

$\rho = c/d$ – არის დატვირთვა სტე-ში;

c – არის ტექნიკური საშუალებები უმტყუნო მუშაობის ინტენსიურობა;

d – არის ტექნიკური საშუალებების აღდგენის ინტენსიურობა.

რეალურ პირობებში, ანუ $S < n$ -თვის, ადგილი ექნება ტექნიკურ მომსახურებაზე რიგში ლოდინზე დროის დაკარგვას, რაც მიგვიყვანს გარკვეული ზომით აღდგენის საშუალო დროის გაზრდამდე ან აღდგენის ინტენსიურობის შემცირებამდე. ამიტომ, დროითი მახასიათებლების გამოთვლისას შემოთავაზებულ მოდელებზე მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნას აღდგენის ინტენსიურობის შემცირებული მაჩვენებელი. შედეგად, რეზულტატური $k_r(S)$ და საპასპორტო k'_r მზადყოფნის კოეფიციენტები ურთიერთ დაკავშირებული იქნება შემდეგი გამოსახულებით:

$$k_r(S) = k'_r k_{e0}(S) \quad (5.14)$$

სხვა სახე გააჩნია შეტყობინებების ნაკადის მომსახურების ინტენსიურობის გამოთვლის ფორმულას:

$$\mu_e = \mu k_r(S) = \mu k'_r k_{e0}(S) \quad (5.15)$$

ამრიგად (5.12) და (5.13) ფორმულების საფუძველზე ცნობილი c, d, n , და S –თვის ერთმნიშვნელოვნად განისაზღვრება ტექნიკური ექსპლუატაციის ეფექტურობის კოეფიციენტი.

ტექნიკური ექსპლუატაციის სისტემის იერარქიული წყობის შემთხვევაში ოპტიმალური მომსახურების ამოცანის გადაჭრა ხდება თანმიმდევრულად იერარქიის სხვადასხვა დონისათვის, ხოლო თითოეული დონის შიგნით – თანმიმდევრულად სხვადასხვა ტიპის მოწყობილობების ჯგუფებისათვის.

ეკონომიკური მოდელი. არსებობს ეკონომიკური მოდელელების დიდი სიმრავლე. თუმცა ყველა მათგანი დაფუძნებული არსებისა და კვანძების ფაქტიური ეკონომიკური მაჩვენებლების მარტივ აპროქსიმაციაზე. ეს მოდელეები ფართოდ გამოიყენება კომპიუტერული ქსელის პროექტირების ადრეულ ეტაპებზე. ამასთანავე, ცხადია, რომ სამუშაო პროექტირების ეტაპებზე ასეთ აპროქსიმაციაზე უარს ამბობენ და გამოიყენება ფაქტიური (ლიმიტური) ან პირობით-გეგმიური ღირებულებები. წინასწარი პროექტირების ეტაპებისათვის აუცილებელია სხვადასხვა სახის აპროქსიმაციები. განვიხილოთ მათგან ძირითადები. [41]

საერთო სახით არხის ღირებულება შეიძლება აპროქსიმირებულ იქნას შემდეგი გამოსახულებით:

$$K_K = a + f_1(l) + f_2(S) + f_3(S.l) \quad (5.16)$$

სადაც:

K_K – არის არხზე კაპიტალური დანახარჯები;

a – არის კონსტანტა;

$f_1(l)$ – არის კაპიტალური დანახარჯების წაზრდა არხის სიგრძის გაზრდის გამო;

$f_2(S)$ – არის კაპიტალური დანახარჯების შემცირება გადაცემის სისტემის გადიდების გამო;

$f_3(S.l)$ – არის კაპიტალური ხარების წაზრდა / შემცირება ხაზის სტრუქტურიდან გამომდინარე.

უმარტივეს შემთხვევაში გამოიყენება (5.16) ფორმულის პირველი ორი წევრი, f_1 ფუნქცია კი მიიღება როგორც წრფივი:

$$K_k = a + bl, b - \text{const.} \quad (5.17)$$

აღნიშნული მოდელი გულისხმობს არსებული აპარატურის პირობებში ქსელის დაპროექტებას ან ოპტიმიზაციას. იმ შემთხვევაში თუ ქსელის დაპროექტება ხდება 0-იდან, მაშინ ეკონომიკური მოდელის გამოსახულებაში დაემატება კომპიუტერული ტექნიკის შეძენის ღირებულება.

5.3. იერარქიული კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაცია

განხილული ამოცანა მთლიანობაში განეკუთვნება არაწრფივ მათემატიკურ პროგრამირებას. ამასთან, მიზნობრივი ფუნქციაც ასევე მოცემულია არაწრფივი ფუნქციით. ასეთი ამოცანის გადაჭრა არის საკმაოდ რთული. მისი ამოხსნის ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს ამოცანის დაყვანა უფრო მცირე ზომის ქვეამოცანების თანმიმდევრობაზე.

შემოთავაზებულ ვარიანტში მისაღებია ორმაგი რედუქციის მეთოდის გამოყენება, როდესაც მინიმიზაციის საწყისი ამოცანის (5.3), შეზღუდვებით (5.10), (5.16) შეცვლა ხდება შემდეგი ამოცანების თანმიმდევრული გადაჭრით:

1. ტექნიკური აღჭურვილობის ვარიანტების შერჩევა ფორმალურ-ევრისტიკული მეთოდით;
2. მიზნობრივი ფუნქციისა და შეზღუდვის გაერთიანება საერთო დუნქციონალში ჯარიმის ფუნქციის მეთოდით, რომელიც გულისხმობს საწყისი მიზნობრივი ფუნქციისა და შეზღუდვის გარდაქმნას უპირობო მინიმიზაციის ამოცანების თანმიმდევრობაში.
3. საბოლოო გადაწყვეტილება, განხორციელებული უპირობო მინიმიზაციის მეთოდით.

განვიხილოთ ამოცანების გადაჭრა უფრო დეტალურად.

პირველი ამოცანისათვის დამახასითებელია შემდეგი ევრისტიკების გამოყენება:

- უფრო ძვირად ღირებული ელემენტების არჩევისას, ქსელის ღირებულება სხვა თანაბარ პირობებში იქნება უფრო მაღალი, ხოლო ალბათობით-დროითი მაჩვენებლები – უკეთესი;
- იერარქიის დონეების გაზრდის შემთხვევაში ტექნიკური საშუალებების კომპლექსის დატვირთვა უნდა იყოს მაღალი;
- ტექნიკური საშუალებები კომპლექსის გარდაქმნის შემთხვევაში შეცვლას უპირველეს ყოვლისა უნდა ექვემდებარებოდეს ის ტექნიკური საშუალებები, რომელთაც ახასიათებს მაქსიმალურ ჯამური ღირებულება და/ან რომელთაც ყველაზე დიდი წვლილი შეაქვთ საერთო დაყოვნებაში.

მეორე ამოცანის გადაჭრა მარტივდება მიზნობრივი ფუნქციის გართულების ხარჯზე:

$$F(x, h) = \Pi(x) + P(h)\varphi(x) \quad (5.18)$$

სადაც:

$\Pi(x)$ – არის (5.3)-ის ტიპის მიზნობრივი ფუნქცია;

$\varphi(x)$ – არის x ვექტორის უწყვეტი ფუნქცია, თანაც $\varphi(x) = 0$, თუ შეზღუდვა $g_i(x) \leq 0, i = 1, m_0$, ანუ, წერტილი მდებარეობს დასაშვები არის შიგნით ან მის საზღვარზე, და $\varphi(x) \neq 0$ – საწინააღმდეგო შემთხვევაში;

$P(h)$ – არის ერთი ცვლადის რეალური ფუნქცია, რომელსაც გააჩნია შემდეგი თვისებები:

1. თუ $0 < h_1 < h_2$, მაშინ $0 < P(h_1) < P(h_2)$;
2. თუ h_k არის შეუზღუდავი მონოტონურად მზარდი რიცხვების თანმიმდევრობა, მაშინ

$$\lim_{k \rightarrow \infty} P(h_k) = \infty \quad (5.19)$$

(5.18) ფუნქციის მინიმიზაციის პროცესი დაიყვანება შემდეგზე. განიხილება დადებითი რიცხვების რაღაც შეზღუდული თანმიმდევრობა $\{h_k\}$, $h_1 > 0$ –თვის იძებნება უპირობო მინიმუმი. შემდეგ იძებნება $F(x, h_2)$ ფუნქციის მნიშვნელობა, სადაც $h_2 > h_1$. პროცესი გრძელდება მანამდე, სანამ, არ მიიღება $F(x, h_k)$ ფუნქციის გლობალური მინიმუმი.

არსებობს ჯარიმის ფუნქციის სხვადასხვა სახეობა. მისი შერჩევა დამოკიდებულია ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაზე.

მესამე ამოცანის გადასატრედად გამოიყენება უპირობო მინიმიზაციის სხვადასხვა მეთოდები (მაგალითად, გრადიენტული, უსწრაფესი დაშვების და ა.შ.), რომელთაგან თითოეული უნდა გამოყენებულ იქნას მიზნობრივი ფუნქციის იმ მონაკვეთზე, სადაც იგი მაქსიმალურად რაციონალურია. კერძოდ მოცემულ შემთხვევაში შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ფლექტერ-რივისისა და შემთხვევითი ძიების (უიღბლო ნაბიჯის შემთხვევაში უკან დაბრუნებით) ალგორითმების კომბინაცია.

5.4. იერარქიული განვითარებადი კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაცია

5.4.1. საერთო დებულებანი.

ქსელის მდგომარეობა დროის ყოველ ცალკე აღებულ მომენტში ხასიათდება მისი პარამეტრების რიცხობრივი მნიშვნელობების ერთობლიობით. ჩავთვალოთ, რომ მახასიათებელთა ეს ერთობლიობა არის ოპტიმალური. შედეგად, ქსელის მუშაობის გადასვლისას დროის ერთი მომენტიდან მეორეში, იგი გადადის ერთი ოპტიმალური მდგომარეობიდან მეორეში, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდება შემაგალი დატვირთვის სიდიდით და მომხმარებელთა სხვადასხვა მოთხოვნებით, ასევე, სხვა შიდა პარამეტრებით, რომლებიც დამოკიდებულია გამოყენებული ტექნიკის ტიპებისა და რაოდენობისაგან და მათი ურთიერთკავშირებისგან. ამ თვალსაზრისით შეიძლება ითქვას, რომ, ქსელი დროის სხვადასხვა მომენტებში მდებარეობს თითქოსდა სხვადასხვა ფაზურ სივრცეში.

ქსელის მდგომარეობის ფაზური სივრცე არის დისკრეტული. ქსელის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა ხდება მართვის ზემოქმედებით. შესაბამისად, იერარქიული განვითარებადი ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანა შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც ყოველ ეტაპზე შესაბამისი მართვის შერჩევის ამოცანა, რომელიც ახორციელებს ქსელის მდგომარეობის ეტაპობრივ ცვლილებას. ამიტომ, განვითარებადი ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანად ჩავთვალოთ ისეთი

მართვის შერჩევა, რომელიც უზრუნველყოფს მარაგალგანზომილებიან ფაზურ სივრცეში და დროში მოძრაობის საუკეთესო ტრაქტორიას.

5.4.2. ქსელის განვითარების ოპტიმალური ტრაქტორიის ძიების მათემატიკური მოდელი

ქსელის განვითარების პროცესი განვიხილოთ მოცემულ პერიოდზე $(0, T)$, რომლის ყოველ ეტაპზე ხანგრძლივობით $\tau_i \left(\sum_{i=1}^m \tau_i = T \right)$ ხდება ქსელის სტრუქტურაში გარკვეული ცვლილება. ვთქვათ, რომ საწყის $(0$ -ნულოვან) მომენტში არსებობს ქსელის რაღაც გარკვეული სტრუქტურა. მაგრამ უკვე $i = 1, 2, \dots$ -თვის შესაძლო მდგომარეობების რაოდენობა იზრდება გამომდინარე ქსელის შემავალი და შიდა პარამეტრებიდან.

ქსელის მდგომარეობა დროის ყოველ მომენტში შიძლება ოპტიმიზირებულ იქნას ზემოთ აღწერილი მეთოდით. თუმცა მთელ ინტერვალზე $(0, T)$ ქსელის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა დამოკიდებულია როგორც წინა მდგომარეობაზე, ასევე შემდგომ მდგომარეობებზე.

ასეთი ამოცანების გადაჭრა ხდება დინამიური პროგრამირების მეთოდით. საერთო სახით, დინამიური პროგრამირების ამოცანა ქსელის ოპტიმიზაციასთან მიმართებაში ისმება შემდეგნაირად: n -ბიჯიანი პროცესის მართვის ოპტიმიზაცია მდგომარეობს იმაში, რომ უნდა მოიძებნოს მართვების u_0, u_1, \dots, u_{n-1} ისეთი თანმიმდევრობა, რომლის დროსაც ხარისხის კრიტერიუმი (ჩვენს შემთხვევაში ჯამური ხარჯები, შეზღუდვით შეტყობინების მიწოდების საშუალო დროზე) მიიღებს მინიმალურ მნიშვნელობას, ანუ:

$$\Phi_{\Pi}(\Pi_0) = \min \dots \min \dots \min [F_0(\Pi_0, u_0) + F_1(\Pi_1, u_1) + \dots + F_{n-1}(\Pi_{n-1}, u_{n-1})] \quad (5.20)$$

ავღნიშნოთ, რომ (5.20) გამოსახულების პირველი შემადგენელი დამოკიდებულია მხოლოდ მართვაზე u_0 , მაშინ, როდესაც სხვა შემადგენლები დამოკიდებულია როგორც მართვაზე u_0 , ასევე მართვაზე

სხვა ბიჯებზე. ამიტომ გამოსახულება (5.20) შეიძლება წარმოდგენილ იქნას შემდეგი სახით:

$$\Phi_{\Pi}(\Pi_0) = \min \{F_0(\Pi_0, u_0) + \min_{u_1} \dots \min_{u_{n-1}} [F_1(\Pi_1, u_1) + \dots + F_{n-1}(\Pi_{n-1}, u_{n-1})]\} \quad (5.21)$$

ავთნიშნოთ, რომ გამოსახულება

$$\min_{u_1} \dots \min_{u_{n-1}} [F_1(\Pi_1, u_1) + \dots + F_{n-1}(\Pi_{n-1}, u_{n-1})]$$

წარმოადგენს (n-1) ბიჯიანი პროცესის მართვის ხარისხის კრიტერიუმის მინიმალურ მნიშვნელობას, რომელსაც გააჩნია საწყისი მდგომარეობა Π_1 . (5.20)-თან შესაბამისად ეს სიდიდე შეიძლება ავლნიშნოთ შემდეგნაირად: $\Phi_{n-1}(\Pi_1)$, მაშინ:

$$\Phi_n(\Pi_0) = \min_{u_0} [F(\Pi_0, u_0) + \Phi_{n-1}(\Pi_1)] \quad (5.22)$$

ეს მსჯელობები შეიძლება გავავრცელოთ და მივიღოთ (n-1) ბიჯიანი პროცესისათვის გამოსახულება:

$$\Phi_{n-l}(\Pi_l) = \min_u [F(\Pi_l, u_l) + \Phi_{n-(l+1)}(\Pi_{l+1})] \quad (5.23)$$

აღნიშნულ გამოსახულებაში (5.23) n-1 აღნიშნავს ბიჯების რაოდენობას პროცესის ბოლომდე. ავთნიშნოთ ეს სიდიდე k-თი. ამასთან $\Pi_l = \Pi_{n-k}$ და $u_l = u_{n-k}$. შემდგომში ისინი ავლნიშნოთ Π -თი და u -თი ინდექსების გარეშე, ისინი წარმოადგენს ქსელის მდგომარეობას და მართვის გამოყენებას პროცესის დასრულებამდე k ბიჯით ადრე. შემდეგი მდგომარეობა ავლნიშნოთ Π' -თი. მაშინ გამოსახულება (5.23) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\Phi_k(\Pi) = \min_u [F(\Pi, u) + \Phi_{k-1}(\Pi')] \quad (5.24)$$

დასკვნა

თანამედროვე საზოგადოებაში, ნებისმიერ სფეროში წარმატებული საქმიანობისათვის, უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება კორპორაციულ ქსელებს. ისინი გამოიყენება, როგორც მცირე, ასევე მსხვილ საწარმოებში, იმისდა მიუხედავად თუ რომელ სფეროში მოღვაწეობს კომპანია. კორპორაციული ქსელები საშუალებას იძლევა უფრო ეფექტურად მოხდეს კომპანიის თანამშრომლებს შორის ინფორმაციის ურთიერთ გაცვლა, რაც მნიშვნელოვანია სწრაფი და სწორი გადაწყვეტილებების მისაღებად. კორპორაციული ქსელები, ასევე, ხელს უწყობს განხორციელებს საწარმოო პროცესის, გაყიდვებისა თუ მომსახურების ორგანიზებისა და მენეჯმენტის ოპტიმიზაციას, რაც, თავის მხრივ, წარმატებული საქმიანობის საწინდარია. ცხადია, იმისათვის, რომ კორპორაციული ქსელი ასრულებდეს ყველა ზემოთ ამოთვლილ ფუნქციას, უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება თავად კორპორაციული ქსელების ფუნქციონირების ხარისხს, რადგანაც არაეფექტური ქსელი ვერანაირად ვერ შეუწყობს ხელს კომპანიის საქმიანობის ეფექტურობის გაზრდის პრობლემის გადაჭრას. შესაბამისად, მნიშვნელოვანია კორპორაციული ქსელის ოპტიმალური ვარიანტის დაპროექტება და რეალიზაცია.

მოცემული სადისერტაციო ნაშრომის ამოცანა მდგომარეობს კორპორაციული ქსელის პარამეტრების ოპტიმალური შერჩევის პრინციპის დამუშავებაში დასახელებული პარამეტრის მინიმიზაციის ბაზაზე.

აღნიშნული ამოცანის კონტექსტში, ნაშრომში განხილულია იერარქიული კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის პრობლემა მისი ჯამური ღირებულების მინიმიზაციის ბაზაზე.

იერარქიული სტრუქტურის შერჩევა განპირობებულია კორპორაციული ქსელების სპეციფიკით. როგორც ცნობილია, ნებისმიერი ორგანიზაცია, იმისდა მიუხედავად, თუ რა ზომისაა იგი და რომელ სფეროში მოღვაწეობს, აწარმოებს იგი რაიმე პროდუქციას, თუ მხოლოდ ეწევა მომსახურებას, ილტვის განვითარებისა და გაფართოებისაკენ. აქედან გამომდინარე, ცხადია რომ ორგანიზაციის

კორპორაციული ქსელი უნდა შეესაბამებოდეს საწარმოს მიზნებსა და ამოცანებს და ასევე იყოს განვითარებადი და გაფართოებადი. მნიშვნელოვანია, რომ ქსელში ახალი ტერმინალებისა და მოხმარებლების დამატების აუცილებლობის შემთხვევაში არ იყოს საჭირო ქსელის სტრუქტურის მნიშვნელოვანი ცვლილება ან მისი თავიდან შემუშავება, რაც დამატებით ფინანსურ დანახარჯებთანაა დაკავშირებული. ზემოთ მითითებულ პირობებს ყველაზე მეტად აკმაყოფილებს სწორედ იერარქიული ტოპოლოგიური სტრუქტურა. იგი საშუალებას იძლევა საჭიროების შემთხვევაში, ქსელში მარტივად იქნეს დამატებული ახალი ტერმინალები და ახალი კავშირები. გარდა ამისა, აღნიშნული სტრუქტურის გამოყენება ასევე მიზანშეწონილია ქსელის საიმედოობის თვალსაზრისით. ეს განპირობებულია იმით, რომ იერარქიული ქსელის რომელიმე ერთი განშტოების მწყობრიდან გამოსვლა არ იწვევს მთელი ქსელის ფუნქციონირების შეწყვეტას.

დღესდღეობით არსებულ რეალობაში, ნებისმიერი ორგანიზაცია მიიღტვის მიიღოს მაქსიმალური შედეგი მინიმალური დანახარჯებით. გამომდინარე აღნიშნული პრაქტიკული აუცილებლობიდან, მინიმიზირებადი მიზნობრივი ფუნქციის სახით შერჩეულ იქნა კორპორაციული ქსელის ჯამური ღირებულება. ეს პარამეტრი მოიცავს არა მხოლოდ ქსელის პროექტირებისა და რეალიზაციისათვის გაწეულ კაპიტალურ დანახარჯებს, არამედ, ასევე ექსპლუატაციის ხარჯებს.

შეზღუდვის სახით შემოთავაზებულია შეტყობინების მიწოდების საშუალო დრო ან დროული მიწოდების ალბათობა. ორივე პარამეტრი განეკუთვნება დროით მახასიათებლებს და აღწერს ქსელის სწრაფქმედებას.

ზემოთ მოცემული ამოცანის გადასატრელად სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებულია დეკომპოზიციის გამოყენება, რომელშიც იგულისხმება ოპტიმიზაციის მთლიანი ამოცანის წარმოდგენა მრავალ ეტაპიანი სუბოპტიმიზაციების პროცედურის სახით. აღნიშნული მიდგომის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ იგი საშუალებას იძლევა განხორციელდეს მსხვილ მასშტაბიანი კორპორაციული ქსელების ოპტიმიზაცია. როგორც ცნობილია დიდი ზომის ქსელის ოპტიმიზაცია წარმოაგენს ძალიან რთულ ამოცანას, რაც

განპირობებულია როგორც მისი ზომების, ასევე მის პარამეტრებს შორის ურთიერთკავშირების დადგენის სირთულით.

შემოთავაზებული დეკომპოზიციის მეთოდი ნიშნავს, რომ ხდება ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანის დაშლა ქვეამოცანებად, რომლებიც შეიძლება ფორმულირებულ იქნას შემდეგნაირად: 1. ქსელის ალბათობით-დროითი მახასიათებლების შეფასების მოდელი; 2. სტრუქტურული მოდელი; 3. ტექნიკური მომსახურების ეფექტურობის, ანუ საიმედოობის უზრუნველყოფის, შეფასების ალბათობითი მოდელი; 4. ეკონომიკური მოდელი.

ალბათობით-დროითი მახასიათებლების მოდელი გულისხმობს შეტყობინების მიწოდების საშუალო დროისა და დროული მიწოდების ალბათობის მაჩვენებლების შეფასებას. ქსელის სტრუქტურულ მოდელზე აუცილებელია იერარქიის დონეების რაოდენობის, თითოეულ დონეზე შეტყობინებების კომუტაციის ცენტრების რაოდენობა, მათი თანაბარი განთავსების პირობით, სტრუქტურის ტიპისა და ქსელის კავშირუნარიანობის განსაზღვრა. ტექნიკური ექსპლუატაციის მოდელი შეიძლება გამოყენებულ იქნას ორნაირად. თუ ქსელის ტექნიკურ საშუალებებზე შემუშავებულია დოკუმენტაცია, რომელშიც მოცემულია მათი ექსპლუატაციის წესები, რეგლამენტური სამუშაოსა და მიმდინარე და კაპიტალური რემონტის პერიოდულობა, ასევე, მითითებულია ის საშუალებები, რომლებიც აუცილებელია ტექნიკური ექსპლუატაციის და რემონტისათვის, მაშინ მოდელის დანიშნულება მდგომარეობს ტექნიკური ექსპლუატაციის ცენტრების იმ რაოდენობის განსაზღვრაში, რომელიც უზრუნველყოფს ტექნიკური ექსპლუატაციის მაჩვენებლის დადაგენილ მნიშვნელობას. ტექნიკური დოკუმენტაციის არ არსებობის შემთხვევაში, აღნიშნული მოდელის გამოყენება მიზანშეწონილია მომსახურე პერსონალის რაოდენობის განსაზღვრის მიზნით. და ბოლოს, ეკონომიკური მოდელის დროს გამოიყენება არხებისა და კვანძების ფაქტიური (ლიმიტური) ან პირობით-გეგმიური ღირებულებები.

იერარქიული ტოპოლოგიური სტრუქტურის ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაჭრა კი ხორციელდება ქვეამოცანების თანმიმდევრული გადაჭრით: 1. ტექნიკური აღჭურვილობის ვარიანტების შერჩევა ფორმალურ-ვერისტიკული მეთოდით; 2. მიზნობრივი ფუნქციისა და

შეზღუდვის გაერთიანება საერთო ფუნქციონალში ჯარიმის ფუნქციის მეთოდით, რომელიც გულისხმობს საწყისი მიზნობრივი ფუნქციისა და შეზღუდვის გარდაქმნას უპირობო მინიმიზაციის ამოცანების თანმიმდევრობაში. 3. საბოლოო გადაწყვეტილების მიღება, განხორციელებული უპირობო მინიმიზაციის მეთოდით.

ასევე, სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებულია განვითარებადი იერარქიული კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის მოდელი. განვითარებად ქსელში იგულისხმება კორპორაციული ქსელი, რომელიც დროის სხვადასხვა მომენტებში ცვლილებებს განიცდის. ეს ფაქტორი ძალიან მნიშვნელოვანია, რაგადანც, როგორც უკვე არაერთხელ აღვნიშნეთ ნებისმიერი ორგანიზაცია ილტვის გაფართოებისაკენ. შესაბამისად ეს იწვევს მის კორპორაციულ ქსელში ახალი ტერმინალებისა და კვანძების დამატების აუცილებელობას. ამ შემთხვევაში საჭიროა იმის უზრუნველყოფა რომ თავდაპირველად შემუშავებული ოპტიმალური ქსელი მომხდარი ცვლილებების შემდეგ კვალავ ინარჩუნებდეს ოპტიმალურობის თვისებას. გამომდინარე აღნიშნულიდან თუ კორპორაციული ქსელის თავდაპირველი ვარიანტი წარმოადგენს ოპტიმალურ ვარიანტს, მაშინ ქსელის მუშაობის რეჟიმის გადასვლისას დროის ერთი მომენტიდან მეორეში, იგი უნდა გადადიოდეს ერთი ოპტიმალური მდგომარეობიდან მეორეში, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდება შემავალი დატვირთვის სიდიდით და მომხმარებელთა სხვადასხვა მოთხოვნებით, ასევე, სხვა შიდა პარამეტრებით, რომლებიც დამოკიდებულია გამოყენებული ტექნიკის ტიპებზე, მათ რაოდენობაზე და მათ შორის ურთიერთკავშირებზე. ქსელის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა ხდება მართვის ზემოქმედებით. შესაბამისად, იერარქიული განვითარებადი ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანა შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც ყოველ ეტაპზე შესაბამისი მართვის შერჩევის ამოცანა, რომელიც ახორციელებს ქსელის მდგომარეობის ეტაპობრივ ცვლილებას. ამიტომ, საჭიროა განვითარებადი ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანად ჩავთვალოთ ისეთი მართვის შერჩევა, რომელიც უზრუნველყოფს სივრცეში და დროში მოძრაობის საუკეთესო ტრაქტორიას. სხვა სიტყვებით, n-ბიჯიანი პროცესის მართვის ოპტიმიზაცია მდგომარეობს იმაში, რომ

უნდა მოიძებნოს მართვის u_0, u_1, \dots, u_{n-1} ისეთი თანმიმდევრობა, რომლის დროსაც ხარისხის კრიტერიუმი (ჩვენს შემთხვევაში ჯამური ხარჯები, შეზღუდვით - შეტყობინების მიწოდების საშუალო დროზე) მიიღებს მინიმალურ მნიშვნელობას.

ამრიგად, სადისერტაციო ნაშრომში განხილული ამოცანები: 1. იერარქიული სტრუქტურის მქონე კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის ამოცანა ქსელის ჯამური ღირებულების მინიმიზაციის ბაზაზე; და 2. განვითარებადი იერარქიული კორპორაციული ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაცია; ასევე მათი გადაჭრის შემოთავაზებული მეთოდები საშუალებას იძლევა განხორციელდეს თანამედროვე, როგორც მცირე ასევე მსხვილმასშტაბიანი კორპორაციული ქსელების სტრუქტურის ოპტიმიზაცია მინიმალური ჯამური დანახარჯებით. ხაზგასასმელია, რომ ჯამურ დანახარჯებში იგულისხმება არა მხოლოდ ქსელის შემუშავებისა და რეალიზაციის კაპიტალური დაბანდებები, არამედ მისი შემდგომი ექსპლოატაციის ხარჯებიც, რაც მნიშვნელოვანია ნებისმიერი საწარმოს ეფექტური ფუნქციონირებისათვის. მოცემული ამოცანების გადაწყვეტა ასევე საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ქსელის საიმედო ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად საჭირო ტექნიკური მომსახურების ცენტრებისა და მომსახურე ტექნიკური პერსონალის აუცილებელი რაოდენობა. და ბოლოს, მნიშვნელოვანია იმის აღნიშვნა, რომ სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებული დეკომპოზიციის მეთოდი საშუალებას იძლევა დაძლეულ იქნას პარამეტრებს შორის ურთიერთ კავშირის დადგენისა და მათემატიკური გამოთვლების მაღალი სირთულე, რაც ყოველთვის ახასიათებს ოპტიმიზაციის ამოცანებს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Авен О.И., Гурин Н.Н., Коган Я.А. Оценка качества и оптимизация вычислительных систем. Москва, "Наука", 1982 (464)
2. Альянах И.Н. Моделирование вычислительных систем. Москва, "Машиностроение", 1988 (223)
3. Арипов М.Н, Захаров Г.П., Малиновский С.Т., Яновский Г.Г. Под ред. Захарова Г.П. Проектирование и техническая эксплуатация сетей передачи дискретных сообщений. Москва, "Радио и Связь", 1988 (360)
4. Арамчук Е.Ф., Вавилов А.А., Емельянов С.В., Калашников В.В., Немчишев Б.В., Ривес Н.Я., Фомин Б.Ф., Франк М., Явер А. Технология системного моделирования. Москва, "Машиностроение", 1988 (520)
5. Балашов Е.П., Григорьев В.Л., Петров Г.А. Микро- и мини-Эвм. Ленинград, "Энергоатомиздат", 1984 (376)
6. Балыбердин В.А. Оценка и оптимизация характеристик систем обработки данных. Москва, "Радио и Связь", 1987 (176)
7. Банди Б. Основы линейного программирования. Москва, "Радио и Связь", 1989 (215)
8. Башарин Г.П., Бочаров П.П., Коган Я.А. Анализ очередей в вычислительных сетях. Москва, "Наука", 1989 (331)
9. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. Москва, "Наука", 1968 (355)
10. Бек Л. Введение в системное программирование. Москва, "Мир", 1988 (448)
11. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Москва, "Наука", 1969 (576)

12. Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных. Москва, «Мир», 1989 (360)
13. Гнеденко Б.В., Коваленко Н.Н. Введение в теорию массового обслуживания. Москва, "Наука", 1987 (336)
14. Гнеденко Б.В., Хинчин А.Я. Элементарное введение в теорию вероятностей. Москва, "Наука", 1982 (160)
15. Гук М. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия. Санкт-Петербург, "Питер", 2002 (815)
16. Гук М. Аппаратные средства локальных сетей. Санкт-Петербург, "Питер", 2002 (572)
17. Дейтл Г. Введение в операционные системы (в двух томах). Москва, "Мир". 1987 (I – 359, II - 398)
18. Жожикашвили В.А., Вишневский В.М. Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ. Москва, "Радио и связь", 1988 (189)
19. Кейслер С. Проектирование операционных систем для малых ЭВМ. Москва, "Мир", 1986 (680)
20. Киндсфатер О.Я., Минина Е.А. Мультимедиа. <http://internet.referat.ws/load.php?id=010031>, 1995 (05.12.2008)
21. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики. Москва, "Энергоатомиздат", 1987 (494)
22. Костин А.Е., Шаньгин В.Ф. Организация и обработка структур данных в вычислительных системах. Москва, Высшая школа, 1987 (246)
23. Крайников А.В., Курдников Б.А., Лебедев А.Н., Недосекин, Д.Д. Подобед, М.В., Полинская Т.И., Чернявский Е.А. Вероятностные методы в вычислительной технике. Москва, "Высшая школа", 1986 (315)

24. Краус М., Кучбах Э., О-Г. Вошни. Сбор данных в управляющих вычислительных системах, Москва, "Мир", 1987 (296)
25. Ларионов А.М., Горнец Н.Н. Периферийные устройства в вычислительных системах. Москва, "Высшая школа", 1991 (334)
26. Ломинадзе Т., Гогичаишвили Г. Задачи оптимизации последовательности выполнения заказов. Грузинский Технический Университет, Институт Проблем Управления (г.Москва), Научные Труды, 1996 (62-66)
27. Мартынов Ю.М., Крюков А.М., Разгон В.П. Математическое обеспечение сетей передачи данных. Москва, "Радио и Связь", 1986 (288)
28. Методы управления трафиком. 2002. www.5ballov.ru. 21412 (12.11.2008)
29. Модели информационных и коммутационных систем. Под редакцией Харкевича А.Д. и Гармаша В.А. Москва, "Мир", 1982 (165)
30. Морозов В.К., Долганов А.В. Основы теории информационных сетей. <http://www.emclub.ru/info/computers/mmcomputer.htm>, 2005 (15.12.2008)
31. Новиков О.А., Петухов С.И. Прикладные вопросы теории массового обслуживания. Москва, "Радио", 1969 (400)
32. Овчинников В.В., Рыбкин Н.Н. Техническая база интерфейсов локальных вычислительных систем. Москва, "Радио и Связь", 1989 (271)
33. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Санкт-Петербург, "Питер", 2002 (672)
34. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Сетевые операционные системы. Санкт-Петербург, "Питер", 2002 (694)
35. Прохоров Ю.В., Розанов Ю.А. Теория вероятностей. Москва, "Мир", 1987 (400)

36. Прицкер А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ II . Москва, "Мир", 1987 (646)
37. Распределенные управляющие и вычислительные системы. Под.Ред. Лазарева В.Г. и Черняева В.Г.. Сборник статей. Москва, "Наука", 1987 (168)
38. Розанов Ю.А. Теория вероятностей, случайные процессы и математическая статистика. Москва, "Наука", 1989 (103)
39. Селезнев М.Л. Информационно-вычислительные системы и их производительность. Москва, "Радио и Связь", 1986 (102)
40. Структура и функционирование локальной вычислительной сети. www.5ballov.ru . 22024. 2002 (15.12.2008)
41. Структура экономической службы предприятия. 23732. www.5ballov.ru. 2005 (15.12.2008)
42. Там Б.Г., Пуусеп М.Э., Таваст Р.Г. Анализ и моделирование производственных систем. Москва, "Финансы и Статистика", 1987 (756)
43. Таненбаум Э.Архитектура компьютера. Санкт-Петербург , "Питер", 2002 (689)
44. Таненбаум Э.Компьютерные сети. Санкт-Петербург, "Питер". 2002 (848)
45. Таненбаум Э.Современные операционные системы. Санкт-Петербург, "Питер",2002 (715)
46. Тевдорадзе М.Т. Повышение производительности мультимедийной системы. Georgian Engineering news, No.3,2005, (75-78).
47. Тевдорадзе М.Т., Жвания Т.Г. Классификация каналов связи. Тбилиси. Грузинский Технический Университет, Труды 2(395), 1993 (101-106)

48. Гевдорадзе М.Т., Жвания Т.Г., Менабде Д.А. Конфигурация локальных вычислительных сетей. Тбилиси. Грузинский Технический Университет, Труды 2(395), 1993 (122-127)
49. Феррари Д. Оценка производительности вычислительных систем. Москва, "Мир", 1981 (576)
50. Фокин М.А. Что такое мультимедийный компьютер. 5ballov-32272, www.5ballov.ru, 2002 (13.10.2008)
51. Фролов И., Музыченко Е. Мультимедия для Windows. Москва, "Мастер", 2003 (562)
52. Хетагуров Я.А., Древе Ю.Г. Проектирование информационно-вычислительных комплексов. Москва, "Высшая школа", 1987 (278)
53. Хорошевский В.Г. Инженерный анализ функционирования вычислительных машин и систем. Москва, "Радио и Связь", 1987 (256)
54. Хохлюк В.И. Параллельные алгоритмы целочисленной оптимизации. Москва, "Радио и Связь", 1987 (232)
55. Шварц М. Сети ЭВМ. Анализ и проектирование. Москва, "Радио и Связь", 1981 (336)
56. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. Москва, "Дело", 2002 (385)
57. Шоу А. Логическое проектирование операционных систем. Москва, "Мир", 1981 (360)
58. Янбых Г.Ф., Столяров Б.А. Оптимизация информационно-вычислительных сетей. Москва, "Радио и Связь", 1987 (232)
59. Яшков С.Ф. Анализ очередей в ЭВМ. Москва, "Радио и Связь", 1989 (207)

60. Andrew S. Tanenbaum. Computer Networks. Third Edition. Vrije University. Amsterdam. The Netherlands. Prentice-Hall International Inc. 2000 (645)
61. M.Moris Mano. Computer System Architecture, Prentice Hall - India, New Dalhi, 1994 (525)
62. ნ. ლოლაშვილი, მ. თევდორაძე. „Определение основных характеристик компьютерной сети“ - ქართული საინჟინრო სიახლეები, №3, 2006 (175-178)
63. ნ. ლოლაშვილი, მ. თევდორაძე. “Определение взаимосвязи между основными характеристиками компьютерной сети” - სტუ, “მართვის ავტომატიზებული სისტემები”, შრომები № 1(2), 2007 (105-109)
64. ნ. ლოლაშვილი, მ. თევდორაძე. “Основные вопросы оптимизации компьютерных сетей” – პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი “ინტელექტი”, №1(30), 2008 (44-47)