

ნათია ფირყულაშვილი

კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის არქიტექტურის
დამუშავება

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
თბილისი, 0175, საქართველო
აგვისტო, 2013

საავტორო უფლება ©2013 წელი, ნათია ფირყულაშვილი, 2013

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ნათია ფირყულაშვილის მიერ შესრულებულ სადოქტორო ნაშრომს დასახელებით: „კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის არქიტექტურის დამუშავება“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

აგვისტო, 2013

ხელმძღვანელი: სრული პროფესორი ვ.კამკამიძე

რეცენზენტი: სრული პროფესორი ა.რობიტაშვილი

რეცენზენტი: ასოც.პროფესორი ი.აბულაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2013 წელი

ავტორი: ნათია ფირყულაშვილი

დასახელება: „კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის
არქიტექტურის დამუშავება“

ფაკულტეტი : ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა:

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ
ზემომოყვანილი 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 დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა
ის მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ
მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია
სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს
პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

კორპორაციული კომპიუტერული ქსელების არქიტექტურის დამუშავება ტელემედიცინის ქსელებისადმი აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს. თანამედროვე კორპორაციული ქსელები, რომლებიც წარმოადგენენ სხვადასხვა ქალაქების და ქვეყნების გაერთიანებულ ქსელს, იძენენ ინფორმაციული ტექნოლოგიების ახალ ხარისხს.

ჯანდაცვის დარგში რეფორმები მთელ რიგ გადაუდებელ ამოცანად აყენებენ სამედიცინო მომსახურების დონისა და ხარისხის ამაღლებას, ექიმების კვალიფიკაციის და მათი შრომის ეფექტურობის ამაღლებას საბიუჯეტო დაფინანსების შემცირებისა და სადაზღვევო მედიცინის გავრცელების პირობებში. ამასთან დაკავშირებით აუცილებელია სამედიცინო მომსახურების გადასვლა სრულიად ახალ მეთოდოლოგიურ დონეზე სწრაფად განვითარებადი თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით. ტელემედიცინის ტექნოლოგიის გამოყენებას ამ ასპექტში დიდი პერსპექტივები აქვს, რომლებიც ჯანდაცვის დარგში სამკურნალო-დიაგნოსტიკურ, მმართველ, განმანათლებელ, სამეცნიერო და სხვა დონისძიებებს მოიცავენ.

კომპიუტერული ქსელების გამოყენების აუცილებლობა გამოწვეულია სწორედ ინფორმაციის გაცვლის აუცილებლობით სპეციალისტებს, პაციენტებსა და მაღალ მოთხოვნებს შორის, წარდგენილი ინფორმაციის გადასაცემად, რომელიც ხასიათდება დიდი მოცულობებით (ბრტყელი და დიდგანზომილებიანი გამოსახულებების გადაცემისას, რომელთა სიზუსტე აისახება გადასაცემი ფაილების მოცულობაზე).

ნებისმიერი ლოკალური შიდა ქსელის პროექტირებისას არსებობს ტიპური ეტაპები ქსელური პროექტირების შესრულებისა. კორპორაციული ქსელის მოთხოვნების ანალიზის ჩასატარებლად აუცილებელია:

1. შეფასდეს კომპიუტერების და ქსელის ლოკალური მდგომარეობა, რომელიც არსებობს დაწესებულებებში და დაგვეხმარება განისაზღვროს თუ რა პრობლემების გადაჭრა იქნება საჭირო;
2. განისაზღვროს კორპორაციული ქსელის მიზნები და სარგებელი, რაც დაგვეხმარება სწორად დაპროექტდეს ქსელი;
3. საწარმოს ხელმძღვანელებს ეცნობოთ აუცილებელი შენაძენების შესახებ;
4. დაიწეროს ეფექტური ტექნიკური დავალება;
5. განისაზღვროს კრიტერიუმები ქსელის ხარისხის შესაფასებლად.

მედიცინაში კომპიუტერების გამოყენებისა და კომპიუტერული ქსელების ძირითადი ასპექტები შეიძლება დახასიათდეს შემდეგი სახით:

- ტელემედიცინის მსოფლიო ქსელში ჩართვა;
- დიაგნოსტიკის, მკურნალობის, კონსულტაციის უზრუნველყოფა რეალურ დროში;
- საექსპერტო-დიაგნოსტიკური და სხვადასხვა საინფორმაციო სისტემების გამოყენება;

– სასწავლო პროგრამების გამოყენება.

ტელემედიცინის არსებობის საფუძველს წარმოადგენს კომპიუტერული ქსელები.

ამრიგად, ქსელის შემუშავება და მისი პროექტირების ეფექტურად გადაწყვეტა აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს.

ნაშრომში შემოთავაზებულია ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელის აგების და შეფასების საკითხების გადაწყვეტა. დამუშავებულია ვიდეოკონფერენციების ჩატარების სტრუქტურა. დიდი დატვირთვების დროს ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონირების შეფასებისათვის გამოყენებულია მასობრივი მომსახურების სისტემის საშუალებები. აგებულია ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელის მოდელი, რომელზედაც ნაჩვენებია ტელემედიცინის შედარებით ოპტიმალური სტრუქტურის მიღწევა.

Abstract

Processing of architecture of corporate computer networks towards telemedicine networks is actual problem. Modern corporate networks, which are a united network of different cities and countries, gain new quality of information technology.

Urgent problem of the reforms in the field of public health is to improve level and quality of medical service, to raise skills of doctors and effectiveness of their service in the conditions of reduction of budgetary finance and distribution of insurance medicine. In relation herewith, medical service should be transited to the newest methodological level by use of rapidly developing modern technologies. Use of telemedicine technology in this aspect has great perspectives which include medical-diagnostic, managerial, instructive, and scientific and other arrangements in the field of public health.

Necessity of use of computer networks is caused exactly by inevitability of information exchange among specialists, patients and high requirements in order to transfer submitted information, which is characterized with great volumes (at the time of transferring flat and large-dimensioned images, preciseness of which is reflected on volume of files to be transferred).

While porting any local internal network there is typical stages for performance of network design. In order to conduct analysis of corporate network requirements, the following should be done:

1. To estimate local condition of computers and network existing in the facilities and it will help us to determine whether the problem settlement is required;
2. To define aims and profit of corporate network which will help us in correct network desing;
3. To inform the company leaders about necessary aquisitions;
4. To write effective technical task;
5. To determine criteria for assessment of network quality;

Basic aspects for use of computers and computer networks in medicine may be characterized as follows:

- Involvement of telemedicine in worldwide network;
- Secure of diagnostics, treatment, consultation in real time;
- Use of expert-diagnostics and different information systems;
- Use of study programmes.

Computer networks are the ground for existence of telemedicine.

Therefore, development of network and effective settlement of its design is actual problem.

Abstract offers settlement of computer network construction and assessment in telemedicine. Structure for conducting video conferences is developed. Means

of mass service system are used for assessment of computer network functioning in telemedicine at the time of great load. Model of computer network of telemedicine is constructed which shows achievement of proximate optimal structure of telemedicine.

შინაარსი

შესავალი.....	16
1 თავი. კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის პროექტირების თავისებურებანი.....	19
1.1. კორპორაციული კომპიუტერული ქსელი.....	19
1.2. კორპორაციული ქსელების ინფორმაციული ტექნოლოგიები.....	23
1.3. კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის არქიტექტურის არჩევა.....	25
1.4. მოდულების გამოყენება კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის პროექტირების პროცესში.....	31
2 თავი. ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელი.....	35
2.1. შორ მანძილზე სამედიცინო დახმარება ტელესაკომუნიკაციო ქსელებით.....	35
2.2. ტელემედიცინის ამოცანები, მიმართულებები და ტელემედიცინის ქსელის ეფექტურობის შეფასება.....	44
2.3. ინტერნეტი და მედიცინა.....	47
2.4. ტელემედიცინის ქსელის სტანდარტები.....	50
2.5. დისტანციური კონსულტაციებისათვის ტელესამედიცინო ქსელის კომპონენტები და სქემები.....	52
3 თავი. ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელების დამუშავებისა და შეფასების საკითხები.....	56
3.1. ტელემედიცინის ქსელების ეფექტურობის კრიტერიუმები.....	56
3.2. ვიდეოკონფერენციების ორგანიზაციის და ჩატარების ამოცანები.....	61
3.3. ტელემედიცინის ქსელების პროექტირებაში მასობრივი მომსახურების სისტემის გამოყენება.....	69
3.4. ვიდეოკონფერენციის საქმიანობის ტიპური გადაწყვეტილებები.....	71
3.5. ვიდეოკონფერენციის მწარმოებლობის ამაღლების მეთოდები.....	78

4 თავი. ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელების მახასიათებლები.....	88
4.1. ამოცანების განსაზღვრა.....	88
4.2. ტელემედიცინის ქსელის გამტარუნარიანობის ანალიზი.....	90
4.3. ვიდეოკონფერენციისათვის თანამგზავრული ქსელის გამოყენება...	101
4.4. მასობრივი მომსახურების სისტემები.....	106
4.5. M/M/1 სისტემის შესაძლებლობები ტელემედიცინის ქსელისათვის.	119
5 თავი. ტელემედიცინის კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის მოდელირება.....	125
5.1. ვიდეოკონფერენციებზე ამოცანების მოწოდების სტრუქტურა.....	125
5.2. მათემატიკური მოდელის აგება.....	129
5.3. ტელემედიცინის ქსელის ოპტიმიზაციის გზები და ალგორითმები.	137
დასკვნა.....	146
გამოყენებული ლიტერატურა.....	148

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. თანამგზავრული სისტემების კავშირის პირობა $\langle S^2, U_{\alpha} \rangle$ და სივრცე D_{α}^2 მდგომარეობისათვის.....	105
---	-----

ნახაზების ნუსხა

ნახ.1.	მონაცემთა დამუშავების ცენტრალიზირებული სისტემის ძირითადი კომპონენტების ურთიერთკავშირი.....	26
ნახ.2.	ფაილ-სერვერული ქსელის კომპონენტების ურთიერთკავშირი.....	26
ნახ.3.	ორდონიანი კლიენტ-სერვერული ქსელის კომპონენტების ურთიერთკავშირი.....	27
ნახ.4.	სამდონიანი კლიენტ-სერვერული ქსელის კომპონენტების ურთიერთკავშირი.....	28
ნახ.5.	ტელესამედიცინო სისტემის პირველი ჯგუფის პრინციპიალური სქემა.....	43
ნახ.6.	ტელესამედიცინო სისტემის მეორე ჯგუფის პრინციპიალური სქემა.....	43
ნახ.7.	ტელეკონსულტირების სისტემის ტიპური სქემა.....	54
ნახ.8.	ტელეკონსულტირების ტექნოლოგიის სქემების ვარიანტები...	55
ნახ.9.	ვიდეოკონფერენციის ხარისხზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორები.....	65
ნახ.10.	ვიდეოკონფერენციების ტიპური გადაწყვეტილებები.....	73
ნახ.11.	ორგანიზაციის მიხედვით ვიდეოკონფერენციის ტიპები.....	74
ნახ.12.	ტოპოლოგიის მიხედვით ვიდეოკონფერენციის ტიპები.....	75
ნახ.13.	კავშირისა და ქსელის მიხედვით ვიდეოკონფერენციის ტიპები.....	76
ნახ.14.	ტელემედიცინის გაერთიანებული ქსელი.....	80
ნახ.15.	ვიდეო-ფაილის ორგანიზების ორი ტიპი.....	84
ნახ.16.	ფაილების განლაგება რამოდენიმე დისკის გამოყენების შემთხვევაში.....	85
ნახ.17.	ფრეიმების ნაკადის ბუფერიზება.....	86
ნახ.18.	ქსელის სტრუქტურა ტელემედიცინის ვიდეოკონფერენციისათვის.....	89
ნახ.19.	თანამგზავრული კავშირის სისტემების სქემა.....	102
ნახ.20.	თანამგზავრული რეტრანსლიატორის მოცულობის განაწილების მოდელი.....	103

ნახ.21.	მასობრივი მომსახურების სისტემებს შორის კავშირი.....	104
ნახ.22.	მომსახურების სისტემის გრაფიკული გამოსახულება.....	106
ნახ.23.	სისტემის მდგომარეობის გრაფი.....	110
ნახ.24.	მარკოვის შემთხვევითი პროცესი დისკრეტული მდგომარეობებით.....	111
ნახ.25.	სისტემის მდგომარეობის ცვლილება Δt განმავლობაში.....	112
ნახ.26.	“გაქრობისა და გამრავლების” პროცესის გრაფი.....	115
ნახ.27.	გადასასვლელთა ინტენსივობის დიაგრამა M/M/1 ტიპისთვის.....	120
ნახ.28.	სტაციონალური P_k ალბათობა მმს-ის M/M/1 ტიპისთვის.....	122
ნახ.29.	M/M/1-ტიპის სისტემაში მოთხოვნათა საშუალო რიცხვი.....	123
ნახ.30.	M/M/1-ტიპის სისტემაში მოთხოვნათა დაყენების საშუალო დრო, როგორც ρ -ს ფუნქცია.....	123
ნახ.31.	ვიდეოკონფერენციის ქსელის სტრუქტურის სქემა.....	126
ნახ.32.	კავშირის არხების დაყვანილი დანახარჯების დამოკიდებულება არხის დაშორებასა და ტევადობაზე.....	136
ნახ.33.	ქსელის დაყვანილი დანახარჯების დამოკიდებულება q მარშუტიზატორების რაოდენობაზე.....	139
ნახ.34.	მარშუტიზატორის განთავსების ალგორითმის სქემა.....	142
ნახ.35.	აბონენტების ზონირების ალგორითმის სქემა და მარშუტიზატორების განთავსება.....	143
ნახ.36.	ფიქსირებულ ზონებში q მარშუტიზატორების განთავსების არჩევის ალგორითმის სქემა.....	145

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

კვლევის აქტუალურობა. თანამედროვე საზოგადოებაში აქტუალურობას იძენს სამედიცინო მომსახურება შორს მანძილზე. მედიცინის ყველა სფეროში გამოყენებას პოულობს ტელემედიცინა. გაფართოებულ გაგებაში ტელემედიცინა წარმოადგენს კორპორაციულ კომპიუტერულ ქსელში სამედიცინო მონაცემების გაცვლას. ტელემედიცინის კორპორაციული ქსელი უნდა იყოს ჩართული მსოფლიო კომპიუტერულ ქსელში. ამიტომ საჭირო არის მთელი რიგი ამოცანების გადაწყვეტა, რომელიც დაკავშირებულია ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელის დაპროექტებისათვის, ვიდეოკონფერენციების ჩატარებისათვის, მარშუტიზატორების განლაგებისათვის და ქსელის კომპლექსურად შეფასებისათვის.

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი მიზანი. წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს ტელემედიცინის კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის მოდელირება, ოპტიმალური სტრუქტურის დადგენა და მარშუტიზატორების განთავსების ალგორითმის დამუშავება.

ძირითადი ამოცანები. ზემოთ ჩამოყალიბებული მიზნების შესასრულებლად სამუშაო ითვალისწინებს შემდეგი ძირითადი ამოცანების გადაწყვეტას: ტელემედიცინის ქსელის შეფასების კრიტერიუმების დადგენა, ფუნქციონირების მოდელის შემუშავება და ოპტიმალური სტრუქტურის დადგენა.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელი, რომლის ეფექტური ფუნქციონირებისათვის გადაწყვეტილია ვიდეოკონფერენციების ჩატარების ამოცანები, მასობრივი მომსახურების თეორიის გამოყენება ტელემედიცინის სტრუქტურის დადგენისათვის და მარშუტიზატორების განლაგებისათვის ქსელში.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე. ნაშრომში მოყვანილია რეკომენდაციები მაღალეფექტური ტელემედიცინის ქსელის შესადგენად და შემოთავაზებულია

განზოგადოებული მაჩვენებელი ქსელის ეფექტური შეფასებისათვის. მოცემულია ტელემედიცინის ქსელის შექმნის მეთოდოლოგია, ტელემედიცინის ქსელის სტრუქტურა და ვიდეოკონფერენციის ჩატარების პროცესი. დასმულია და გადაწყვეტილია თანამედროვე მოდელირების ტექნოლოგიების და მასობრივი მომსახურების სისტემის საშუალებით ვიდეოკონფერენციების ჩატარების პრობლემები და მარშუტიზატორების ქსელში განლაგების სტრუქტურის დადგენა.

შედგების გამოყენების სფერო. შესრულებული სამუშაოს შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელის დაპროექტების დროს როგორც საქართველოს მასშტაბით, ასევე მთელი ამერიკაკავასიის ფარგლებში.

ნაშრომის აპრობაცია. სადისერტაციო თემის ირგვლივ ნაშრომის ძირითადი შედეგები სხვადასხვა წლებში მოხსენებულ და განხილულ იქნა სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციებზე და სემინარებზე. მათ შორის:

1. ნ. ფირყულაშვილი ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელის გამტარუნარიანობის უზრუნველყოფის გადაწყვეტა, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიზნეს-ინჟინერინგის ფაკულტეტის სოციალურ მეცნიერებათა დეპარტამენტის საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „მსოფლიო და კავკასია“, VII სექცია, კომუნიკაცია, მასმედია, ფილოლოგიურ-პუბლიცისტური ძიებანი, მოხსენებათა თეზისები, საქართველო, სტუ, თბილისი 17-19 მაისი, 2013 წელი, გვ.149-150

2. ნ. ფირყულაშვილი, კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის გამოყენება ტელემედიცინისთვის, III ადგილი, სტუ, სტუდენტთა 81-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი, კომპიუტერული ინჟინერიის სექცია, თბილისი, 2013 წელი

დისერტაციის ირგვლივ გამოქვეყნებულ ძირითად ნაშრომთა სია:

1. კონსტანტინე კამკამიძე, ნათია ფირყულაშვილი, ელენე კამკამიძე კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის მწარმოებლობის შეფასების კრიტერიუმები. საერთაშორისო შრომების კრებული „მართვის

ავტომატიზირებული სისტემები“, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, ISSN 1512-3979, №1(12), 2012 წელი, გვ. 145-148

2. კონსტანტინე კამკამიძე, ნათია ფირყულაშვილი, მედეა თევდორაძე კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის შემუშავება ტელემედიცინისთვის. საერთაშორისო შრომების კრებული „მართვის ავტომატიზირებული სისტემები“, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, ISSN 1512-3979, №1(12), 2012 წელი, გვ. 148-151

3. Камкаמידзе К.Н., Пиркулашвили Н.Р. Особенности корпоративных компьютерных сетей. Georgian Engineering News, №1, 2012, с.15-16.

4. კონსტანტინე კამკამიძე, ნათია ფირყულაშვილი. კომპიუტერული ქსელის გამტარუნარიანობის ანალიზი. საერთაშორისო შრომების კრებული „მართვის ავტომატიზირებული სისტემები“, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, ISSN 1512-3979, №1(14), 2013 წელი, გვ. 120-123

სადისერტაციო ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა.
სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავალის, ხუთი თავის, ძირითადი დასკვნების და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან. ნაშრომის ძირითადი ნაწილის მოცულობა შეადგენს ნაბეჭდი ტექსტის 151 გვერდს, ლიტერატურის ნუსხა შეიცავს 62 დასახელების ბიბლიოგრაფიულ წყაროს.

შესავალი

ქსელის მართვის დაპროექტება ინტრანეტის პრინციპებზე საშუალებას იძლევა შეიქმნას საუკეთესო ხარისხის ცენტრალიზირებული სისტემა ინფორმაციის შენახვისა დაცალკევებულ კომუნიკაციებში.

გამოთვლითი სისტემების არქიტექტურა მნიშვნელოვან როლს თამაშობს დაწესებულების საქმიანობის სტრუქტურაში.

დაწესებულების ქსელის დანიშნულებაა საწარმოო ფუნქციების შესრულება, ამიტომ საჭიროა შეფასდეს მისი როლი დაწესებულების მწარმოებლურობაში. წარმატებული კორპორაციული ქსელის ასაწყობად საჭიროა აიგოს ფუნქციონალური მოდელი ან, სხვანაირად რომ ვთქვათ, ბიზნეს მოდელი, საიდანაც შემდეგ მიიღება ქსელის ტექნიკური და ფიზიკური მოდელი.

ბიზნეს მოდელი აღწერს საქმიანი პროცედურების თანმიმდევრობას და მთელი შესრულებული სამუშაოების ურთიერთდამოკიდებულებებს. ამ დროს საყურადღებოა არა კომპიუტერული სისტემა, არამედ პრაქტიკული საქმიანობა და სამუშაოების თანმიმდევრობა.

თანამედროვე კორპორაციული ქსელები, რომლებიც წარმოადგენენ სხვადასხვა ქალაქების და ქვეყნების გაერთიანებულ ქსელს, იძენენ ინფორმაციული ტექნოლოგიების ახალ ხარისხს. ასევე თანამედროვე საზოგადოებაში სულ უფრო მეტ აქტუალობას იძენს ისეთი ახალი დარგები, როგორცაა მაგალითად, ტელემედიცინა. თვით ტერმინი ტელემედიცინა ნიშნავს დიდ მანძილზე სამედიცინო მომსახურების განხორციელებას. ტელემედიცინა ყველა მიმართულებით და მომსახურების სფეროში პოულობს თავის გამოყენებას. შეიძლება განისაზღვროს ტელემედიცინის ძირითადი ტექნოლოგიებიც, როგორცაა: ტელეკონსულტაცია, ტელემესწავლა, ტელემონიტორინგი, ტელელექცია, ტელესემინარი, ტელესამედიცინო თათბირი, ტელეკონსილიუმი, ტელესიმპოზიუმი.

ტელემედიცინა გაფართოებული გაგებით – ესაა სამედიცინო მონაცემების გაცვლის უზრუნველყოფა ლოკალურ, რეგიონალურ და გლობალურ ტელეკომუნიკაციურ ქსელებში მოსახლეობის

ჯანმრთელობის დაცვის საკითხების მთელი კომპლექსის გადასაწყვეტად (დიაგნოსტიკა, მკურნალობა, განათლება, მეცნიერება, მართვა). რეალური დროის რეჟიმში გადაიცემა მეტყველება, ტექსტი, ნახატები, სქემები და ცხრილები, სტატისტიკური გამოსახულებები (ფოტოსურათები, რენდგენული და ულტრაბგერითი მონაცემები, პათოლოგო-ანატომიური პრეპარატების ბიოლოგიური კვლევები და სხვა) და დინამიური (ენდოსკოპიური, ქირურგიული და სხვა) ვიდეოგამოსახულებები.

კომპიუტერული ქსელების გამოყენების აუცილებლობა გამოწვეულია სწორედ ინფორმაციის გაცვლის აუცილებლობით სპეციალისტებს, პაციენტებსა და მაღალ მოთხოვნებს შორის წარდგენილი ინფორმაციის გადასაცემად, რომელიც ხასიათდება დიდი მოცულობებით (ბრტყელი და დიდგანზომილებიანი გამოსახულებების გადაცემისას, რომელთა სიზუსტე აისახება გადასაცემი ფაილების მოცულობაზე).

მედიცინაში კომპიუტერების გამოყენებისა და კომპიუტერული ქსელების ძირითადი ასპექტები შეიძლება დახასიათდეს შემდეგი სახით:

- ტელემედიცინის მსოფლიო ქსელში ჩართვა;
- დიაგნოსტიკის, მკურნალობის, კონსულტაციის უზრუნველყოფა რეალურ დროში;
- საექსპერტო-დიაგნოსტიკური და სხვადასხვა საინფორმაციო სისტემების გამოყენება;
- სასწავლო პროგრამების გამოყენება.

ტელემედიცინის არსებობის საფუძველს წარმოადგენს კომპიუტერული ქსელები. ასევე ტელემედიცინის განუყოფელ ნაწილს წარმოადგენს ვიდეოკონფერენციის ჩატარება კომპიუტერულ ქსელებში.

ვიდეოკონფერენცია - ეს კომპიუტერული ტექნიკაა, რომელიც დროის რეალურ რეჟიმში ხალხს ერთმანეთის ყურების და მოსმენის, მონაცემთა გაცვლის და მათი ერთობლივად დამუშავების საშუალებას აძლევს. ვიდეოკონფერენციის საშუალებით დროის რეალურ რეჟიმში შესაძლებელი ხდება კონსულტაციების, სხვადასხვა ხასიათის თათბირებისა და რეალურ დროში სწავლებით სასწავლო პროგრამების დემონსტრაციის ჩატარება.

ვიდეოკონფერენციებისათვის დამახასიათებელია ქსელში დიდი საინფორმაციო ნაკადების შექმნა. თავის მხრივ ეს იწვევს გადატვირთვას, რაც უარყოფითად მოქმედებს ქსელის მომსახურების ხარისხზე. ამასთანავე ტელეკონფერენციის ქსელში ადგილი აქვს სხვა სირთულეებსაც, ისეთებს, როგორცაა: რეალურ დროში მუშაობა, მულტიმედია ფაილებთან მუშაობა, რომლებიც ხასიათდებიან დიდი მოცულობებით და ა.შ. აღნიშნულთან დაკავშირებით საჭირო ხდება მთელი რიგი ღონისძიებების ჩატარება იმისთვის, რომ აღნიშნული ტიპის ქსელებმა იმოქმედონ მომხმარებლის მოთხოვნების შესაბამის დონეზე.

მოსახლეობის ჯანმრთელობის მდგომარეობა და ჯანდაცვის დარგში რეფორმები მთელ რიგ გადაუდებელ ამოცანად აყენებენ სამედიცინო მომსახურების დონისა და ხარისხის ამაღლებას, ექიმების კვალიფიკაციის და მათი შრომის ეფექტურობის ამაღლებას საბიუჯეტო დაფინანსების შემცირებისა და სადაზღვევო მედიცინის გავრცელების პირობებში. ამასთან დაკავშირებით აუცილებელია სამედიცინო მომსახურების გადასვლა სრულიად ახალ მეთოდოლოგიურ დონეზე სწრაფად განვითარებადი თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით. ტელემედიცინის ტექნოლოგიის გამოყენებას ამ ასპექტში დიდი პერსპექტივები აქვს, რომლებიც ჯანდაცვის დარგში სამკურნალო-დიაგნოსტიკურ, მმართველ, განმანათლებელ, სამეცნიერო და სხვა ღონისძიებებს მოიცავენ.

თავი1. კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის პროექტირების თავისებურებანი

1.1 კორპორაციული კომპიუტერული ქსელი

კორპორაცია – ეს არის რთული, მრავალპროფილური სტრუქტურა, რომელსაც აქვს მართვის განსაზღვრული იერარქიული სისტემა. ამავე დროს დაწესებულებები, განყოფილებები და ადმინისტრაციული ოფისები, რომლებიც შედიან კორპორაციაში შეიძლება განლაგდნენ ერთმანეთისაგან საკმაოდ შორს. კორპორაციულ გამოთვლით ქსელში იგულისხმება ერთობლივი სპეციალიზირებული პროგრამული უზრუნველყოფა და პლატფორმები, რომლებზეც ინსტალირებულია და გამართულია პროგრამული უზრუნველყოფა [6].

კორპორაციული ქსელის ძირითადი ამოცანა მდგომარეობს: ინფორმაციის გაცვლაში ცალკეულ პროგრამებს შორის, რომლებიც უზრუნველყოფენ ინფორმაციის შენახვას, შეკრებას და დამუშავებას ეფექტური მართვისათვის კორპორაციის საქმიანობის ყველა მიმართულებით. კორპორაციული ქსელი პროგრამების ურთიერთქმედების საშუალებას იძლევა, რომელთა ნაწილები განლაგებულნი არიან გეოგრაფიულად სხვადასხვა ადგილას და უზრუნველყოფს ერთმანეთისგან დაშორებულ მომხმარებლების კავშირს. გამოთვლითი ქსელი იქმნება სხვადასხვა კლასის ქსელის ბაზაზე (LAN, VAN, MAN), რომლებიც გამოიყენებიან კორპორაციის ქვეგანყოფილებების ურთიერთქმედებისათვის. ქვეგანყოფილებები შეიძლება იყოს მსხვილი, საშუალო და პატარა. მსხვილი ქვეგანყოფილება შეიძლება იყოს ინფორმაციის დამუშავებისა და შენახვის ცენტრი, განისაზღვრება ცენტრალური ოფისი, საიდანაც ხორციელდება ქვეგანყოფილებების საქმიანობის მართვა. პატარა ქვეგანყოფილებებად შეიძლება მივიჩნიოთ სხვადასხვა მომსახურე ქვეგანყოფილება, მაგალითად: მაღაზია, საწყობი, სახელოსნო და ა.შ. პატარა განყოფილებები შესრულებული ფუნქციის მიხედვით წარმოადგენენ ცენტრისგან მოშორებულს და განთავსდებიან მომხმარებელთან ახლოს. კლიენტთან კავშირი იქმნება უფრო

პროდუქციული თუ კორპორაციის ყველა თანამშრომელს საშუალება ექნება კორპორაციულ რესურსებთან წვდომისა დროის ნებისმიერ მომენტში [10].

კორპორაციული კომპიუტერული ქსელი – ეს არის ქსელი დაწესებულებებისა და კორპორაციების მასშტაბით, რადგანაც ეს ქსელები იყენებენ ინტერნეტის კომუნიკაციურ შესაძლებლობებს, ტერიტორიული მდებარეობა მთავარ როლს არ თამაშობს. კორპორაციული ქსელები მიეკუთვნებიან ლოკალური ქსელების განსაკუთრებულ სახეს, რომელსაც აქვს მნიშვნელოვანი ტერიტორიული დაფარვა. დღეს კორპორაციული ქსელები ძალიან განვითარებულნი არიან და მათ ხშირად ინტრანეტს ეძახიან.

ინტრანეტი – არის კერძო შიდა ფირმის ან ფირმათა შორისი კომპიუტერული ქსელი, რომელსაც აქვს ფართო შესაძლებლობები ინტერნეტის ტექნოლოგიის გამოყენების წყალობით. აქვს კავშირი ინტერნეტთან, მაგრამ დაცულია თავისი რესურსებით გარე მომხმარებლების წვდომისგან. ის შეიძლება განისაზღვროს, როგორც სისტემა: შენახვის, გადაცემის, დამუშავების, და მიმართვის ფორმებს შორის და შიდა ფორმების ინფორმაციისა ლოკალური ქსელის და ინტრანეტ ქსელის საშუალებით [6].

სრულ ფუნქციურმა ინტრანეტ-ქსელმა უნდა უზრუნველყოს როგორც მინიმუმ, შემდეგი ბაზური ქსელური ტექნოლოგიები:

1. ქსელური მართვა;
2. ქსელური კატალოგი, რომელიც ასახავს ყველა დანარჩენ მომსახურებას და რესურსს;
3. ქსელური ფაილური სისტემა, მონაცემთა ბაზები;
4. კორპორაციულ მონაცემთა ბაზები და მონაცემთა ქსელური მართვა;
5. შეტყობინებების ინტეგრირებული გადაცემა (ელ-ფოსტა, ფაქსი, ტელეკონფერენციები და ა.შ.);
6. მუშაობა WWW-ში;
7. ქსელური ბეჭდვა;
8. ინფორმაციის დაცვა არასანქცირებული შეღწევისაგან.

ინტრანეტ ქსელი იზოლირებული უნდა იყოს ინტერნეტის გარე მომხმარებლებისაგან ქსელური დაცვის საშუალებით – ბრენდმაუერით.

პროგრამული უზრუნველყოფა ბრენდმაუერებისა მოწყობილი ჩვეულებრივ, ვებ სერვერებზე უზრუნველყოფენ დაცვას არასანქცირებული შეღწევისა და იქიდან კონფიდენციალური ინფორმაციის მიღებას, ხოლო ინფორმაცია ინტრანეტ ქსელში და მისი ყველა მომსახურება მისაწვდომია ინტრანეტ ქსელის მომხმარებლებისათვის. თანამედროვე მაღალ კონკურენტობულ ბაზარზე ქსელური ინფორმაციის მიღება ხდება ერთ-ერთ მნიშვნელოვან კომპონენტად წარმატებული ბიზნესისათვის. ამიტომ ინტრანეტ ქსელი შეიძლება განხილულ იქნას ყველაზე პერსპექტიულ საშუალებად კორპორაციული საშუალებების რეალიზაციისათვის.

ინტრანეტ ქსელის განვითარება იწყება 1994 წლიდან, როდესაც ტერმინი ინტრანეტი წამოყენებულ იქნა კორპორაციული კომპიუტერული ქსელებისათვის, რომელიც აწყოილი იქნა ინტერნეტ ქსელის თავსებადობის პრინციპებზე. ეს მიდგომა უნივერსალურია ყველა დაწესებულებისათვის, განურჩევლად კონკრეტული საწარმოო პროფილისა და მასშტაბისა.

ინტრანეტი – ესაა აპრობირებული ვებ ტექნოლოგიების გადატანა კორპორაციულ ქსელებში, განსხვავებით ლოკალური კომპიუტერული ქსელისა (groupware) ინტრანეტ სისტემები იყენებენ უკვე მზა და უფრო იაფ კომუნიკაციურ კომპონენტებს [6].

ინტერნეტიდან გადმოტანილია ერთ ინფრასტრუქტურაში სხვადასხვა სახის ტექნიკური საშუალებებისა და ოპერაციული სისტემების გაერთიანების სიმარტივე, ინტერნეტიდან აგრეთვე წამოღებულია ძირითადი ტრანსპორტირების პროტოკოლები TCP და ქსელური IP დონეების. კორპორაციული სისტემების პროცესის დამუშავება მნიშვნელოვნად მარტივდება, რადგანაც ინტეგრირებული პროცესის აუცილებლობა დამუშავების დროს არ არის საჭირო. ასე, რომ ცალკეულ ქვეგანყოფილებას შეუძლია შექმნას თავისი ქვესისტემა, გამოიყენოს თავისი ლოკალური გამოთვლითი ქსელი, სერვერები, რომლებიც არანაირად არ არიან დაკავშირებული თავის სხვა განყოფილებებთან. აუცილებლობის შემთხვევაში ისინი შეიძლება

ჩაერთონ დაწესებულების ერთიან სისტემაში. მომხმარებლის კომპიუტერზე უნდა იყოს პროგრამა ბრაუზერი, რომელიც უზრუნველყოფს WWW ობიექტებთან წვდომას და HTML ფაილების გადმოტანას ხილულ გამოსახულებად. ეს ფაილები უნდა იყვნენ მისაწვდომნი მომხმარებლის ოპერაციული სისტემის გარემოზე დამოუკიდებლად (დამოკიდებულების გარეშე).

სერვერული გამოყენება უნდა შეიქმნას ინვარიანტული კლიენტებისგან, ხოლო მათი დამუშავება სრულად უნდა იყოს მიმართული კორპორაციის ფუნქციონალური ამოცანების რეალიზაციისათვის და უნივერსალური კლიენტების არსებობისათვის.

მსხვილი დაწესებულებების თანამედროვე მართვის სისტემებმა გაიარეს გზა მკაცრად ცენტრალიზირებულიდან განცალკევებულ სისტემამდე. საინფორმაციო ტექნოლოგია, რომელიც უზრუნველყოფს დაცალკევებულ მართვას შენდებოდა კლიენტ-სერვერის სისტემის ბაზაზე. დაცალკევებული მართვა შედგებოდა განცალკევებული კომუნიკაციებით, თუმცა წარმოიშვა სერიოზული პრობლემები მონაცემთა ბაზის დაცალკევების სფეროში (მონაცემების მთლიანობისა და განმეორადობისა, აქტუალიზაციის სინქრონულობისა, არსანქცირებული წვდომის დაცვისა), ქსელის ინფორმაციული და გამოთვლითი რესურსები ადმინისტრირებისა და ა.შ.

ქსელის მართვის დაპროექტება ინტრანეტის პრინციპებზე საშუალებას იძლევა შეიქმნას საუკეთესო ხარისხის ცენტრალიზირებული სისტემა ინფორმაციის შენახვისა და დაცალკევებულ კომუნიკაციებში [11].

თანამედროვე კორპორაციული ქსელები, რომლებიც წარმოადგენენ სხვადასხვა ქალაქების და ქვეყნების გაერთიანებულ ქსელს, იძენენ ინფორმაციული ტექნოლოგიების ახალ ხარისხს.

1.2 კორპორაციული ქსელების ინფორმაციული ტექნოლოგიები

კორპორაციული ქსელები წარმოადგენენ კორპორაციული ინფორმაციული სისტემების (კის) განუყოფელ ნაწილს. კის – ეს არის მართვის ინტეგრირებული სისტემები, ტერიტორიულად განთავსებული კორპორაციებისათვის, დაფუძნებული მონაცემთა ღრმა ანალიზზე, რომელშიც ფართოდ გამოყენებულია საინფორმაციო მხარდაჭერა გადაწყვეტილებების მისაღებად, ელექტრონული დოკუმენტაციის დამუშავება და საქმის წარმოება [15].

კის-ები შექმნილი არიან გააერთიანონ წარმოებების მართვის სტრატეგია (ბიზნეს სტრატეგია) და პერიოდული ინფორმაციული ტექნოლოგიები.

კის-ების ძირითადი თვისებები მდგომარეობს შემდეგში:

1. სრული ციკლის მართვის უზრუნველყოფა კორპორაციის მასშტაბით, ნორმირება, დაგეგმვა, ანალიზი, რეგულარული მხარდაჭერა;
2. მართვის სისტემის და ობიექტების ტერიტორიული განფენა და მნიშვნელოვანი მასშტაბები;
3. მართვის სისტემის შემადგენელი კომპონენტების და პროგრამული უზრუნველყოფის არაერთგვაროვნება;
4. საერთო საინფორმაციო სივრცე მართვის გადაწყვეტილებების დასამუშავებლად, რომლებიც აერთიანებენ ფინანსების მართვას, პერსონალის მართვას, მარაგების, და ა.შ.;
5. ფუნქციონირება არაერთგვაროვან ოპერაციულ სისტემაში რამოდენიმე გამომთვლელ პლატფორმაზე;
6. მართვის რეალიზაცია დროის რეალურ მასშტაბში;
7. მაღალი საიმედოობა, უსაფრთხოება, გახსნილობა და მასშტაბირება ინფორმაციული კომპონენტებისა.

კონცეფცია კის-ის შექმნისა ტელემედინაში ითვალისწინებს შემდეგ ტიპურ კომპონენტებს:

1. სისტემის ბირთვის, რომელიც უზრუნველყოფს კომპლექსურ ავტომატიზირებულ თავსებადობას ბიზნეს პროექტებში;

2. ავტომატიზირებულ სისტემას, დოკუმენტაციის დამუშავებას კორპორაციის ფარგლებში;
 3. დამატებით ინსტრუმენტალურ სისტემებს ინფორმაციის დამუშავებისათვის;
 4. პროგრამულ-ტექნიკურ საშუალებებს, კის-ის უსაფრთხოებას;
 5. სერვისული საკომუნიკაციო მოწყობილობები (ფაქს-სერვერები, ელ-ფოსტა, შორეული წვდომის პროგრამული უზრუნველყოფა);
 6. ინტერნეტი და ინტერნეტ კომპონენტები სხვადასხვა მონაცემთა ბაზებთან წვდომისათვის;
 7. საოფისე პროგრამები (ტექსტური რედაქტორი, ელ-ცხრილები, თარჯიმნები, საპრეზენტაციო გრაფიკა და ა.შ.);
 8. სპეციალური დანიშნულების სისტემები;
- ძირითადი პრობლემები კის-ის პროექტირებისას მდგომარეობს

შემდეგში:

1. მეთოდოლოგიისა და ტექნოლოგიის არჩევა საპროექტო სამუშაოების შესასრულებლად;
2. ტექნიკური პროგრამული საშუალებების და საინფორმაციო რესურსების შემადგენლობის განსაზღვრა;
3. სისტემური ინტეგრაციის ჩატარება სტანდარტული კომპონენტებით საინფორმაციო ტექნოლოგიების შექმნისას;
4. კის-ების ბაზური კონცეფციის დამუშავება;

კის-ის ყველაზე მნიშვნელოვანი თვისებებია:

1. საინფორმაციო სისტემის არქიტექტურა (ელემენტების შემადგენლობა და მათი ურთიერთქმედება);
2. ქსელური ტექნოლოგიები, მათი მასშტაბი და ქსელის ტოპოლოგია, მართვის ფუნქციონალური სტრუქტურა (ქვესისტემის შემადგენლობა, ამოცანების კომპლექსი);
3. ინფორმაციის შენახვის საორგანიზაციო ფორმა (ცენტრალიზირებული მონაცემთა ბაზები);
4. სისტემის გამტარუნარიანობა (ტრანზაქციის დამუშავების სიჩქარე);
5. მონაცემთა შენახვის მოცულობა;
6. დოკუმენტებისა და მათი დამუშავების სისტემები;
7. კის-ის მომხმარებელთა რაოდენობა;

8. მომხმარებლის ინტერფეისი და მისი შესაძლებლობები ;
9. ტიპური ინფორმაციული პროცესები ინფორმაციის შეკრების, გადაცემის, დამუშავების, შენახვის, წაშლის, გავრცელების.

1.3 კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის არქიტექტურის არჩევა

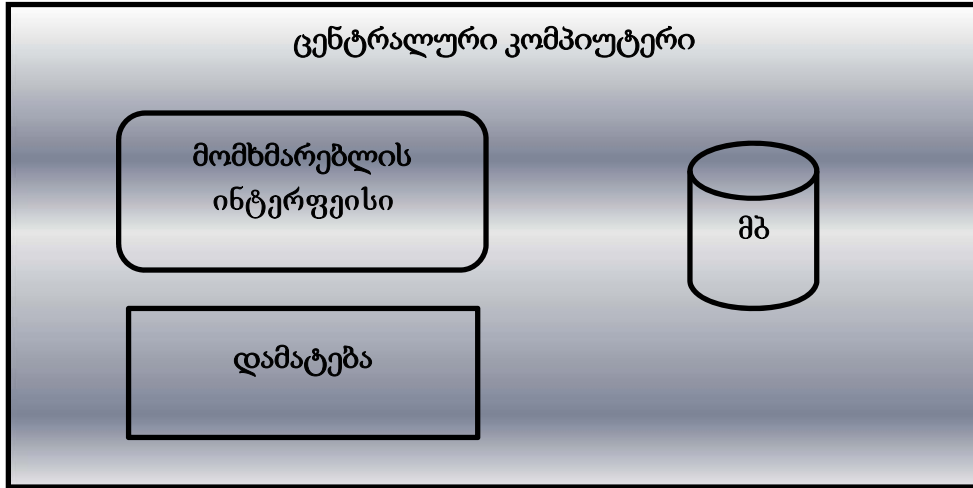
კორპორაციული ინფორმაციული სისტემების (კის) არქიტექტურა შეიძლება განხილულ იქნას სხვადასხვა პოზიციიდან. კის-ის ფუნქციონალური არქიტექტურა განსაზღვრავს ფუნქციონალურ ქვესისტემების შემადგენლობასა და ამოცანების კომპლექსს, რომლებიც უზრუნველყოფენ ბიზნეს პროცესების რეალიზაციას. შესაბამისად ფუნქციონალური არქიტექტურით ფორმირდება საორგანიზაციო კომპონენტები: პირველ რიგში ეს არის კომუნიკაციის ქსელი, მუშა სადგურები საბოლოო მომხმარებლის და სერვერული ქსელის ქვესისტემა, რომელითაც განსაზღვრულია მათი ურთიერთქმედება [15].

საინფორმაციო ტექნოლოგიური არქიტექტურა თავისთან აერთიანებს აპარატურულ პლატფორმას კის-ის რეალიზაციისათვის, მონაცემთა ბაზის საორგანიზაციო ფორმას, კომპიუტერული ქსელის არქიტექტურას და ტოპოლოგიას, ტელეკომუნიკაციების საშუალებებს და ტექნიკურ საშუალებებს, კომპლექსებს მონაცემების დასამუშავებლად. განისაზღვრება საინფორმაციო ტექნოლოგიური არქიტექტურა კის-ის, რომელიც იყენებს პროგრამებსა და ტექნიკურ საშუალებებს, მათ შორის ტელეკომუნიკაციების და მბ-ის შექმნის საშუალებებს [29].

კომპიუტერული ქსელი წარმოადგენს განუყოფელ და მნიშვნელოვან ნაწილს კის-ში და მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მის არქიტექტურას. დღეისათვის კის-ის და კაქ-ის ტიპური საინფორმაციო სტრუქტურებია:

- I. მონაცემების ცენტრალიზირებული დამუშავება (ნახ.1), როდესაც ერთ კომპიუტერში დაყენებულია და ფუნქციონირებს შემდეგი საშუალებები:

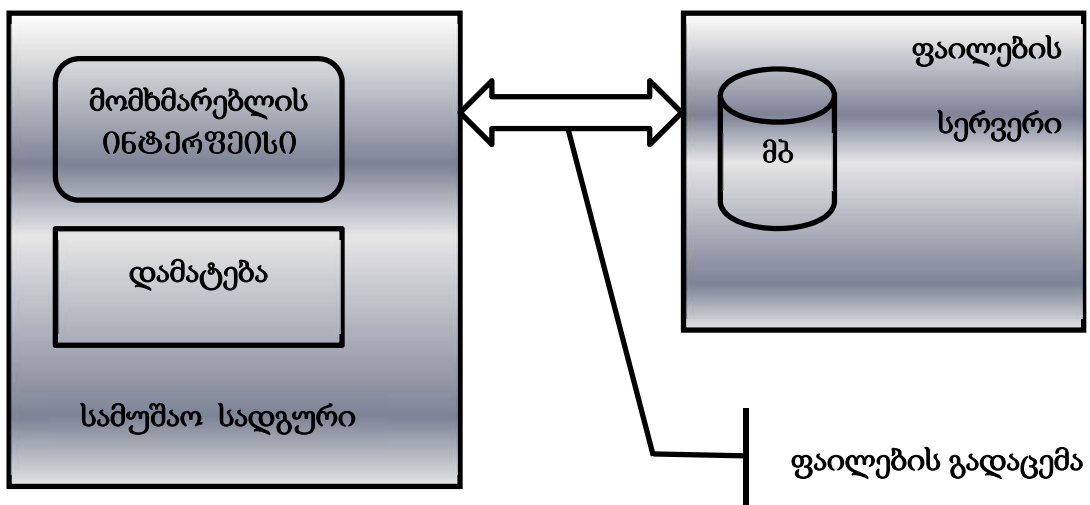
1. მომხმარებლის ინტერფეისი, რომელიც უზრუნველყოფს მომხმარებლის ინტერაქტიულ რეჟიმს;
2. შენახვის დამუშავების უზრუნველყოფის პროგრამები;
3. მონაცემთა ბაზების ორგანიზაცია და გამოყენება;



ნახ.1. მონაცემთა დამუშავების ცენტრალიზირებული სისტემის ძირითადი კომპონენტების ურთიერთკავშირი

II. ფაილ-სერვერული მონაცემების განცალკევებული დამუშავება (ნახ.2.):

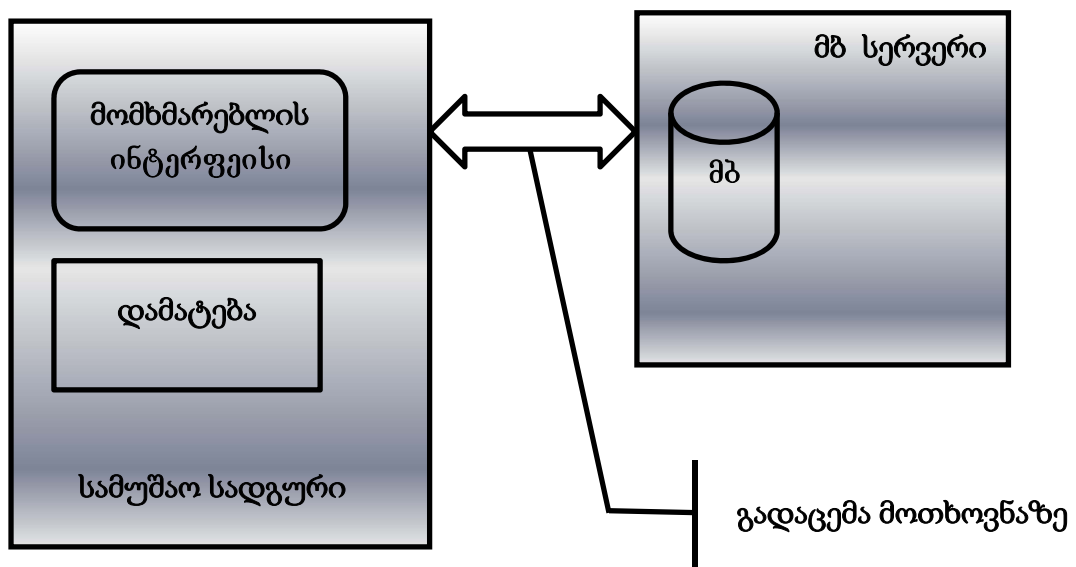
მუშა სადგურზე იმყოფება მომხმარებლის ინტერფეისისა და პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებები, ხოლო სერვერზე ინახება მონაცემთა ბაზები.



ნახ.2. ფაილ-სერვერული ქსელის კომპონენტების ურთიერთკავშირი

III. კლიენტ-სერვერული მონაცემების ორდონიანი განცალკევებული დამუშავება (ნახ.3):

მუშა სადგურზე არის მომხმარებლის ინტერფეისისა და პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებები. მონაცემთა სერვერზე ინახება სერვერული მართვის მბ-ები და ფაილები. მუშა სადგურები (კლიენტები) აგზავნიან სერვერთან მიმართვებს მათზე საინტერესო მონაცემებზე, სერვერი ასრულებს განცალკევებას და მონაცემების წინასწარ დამუშავებას. წინა წარმოდგენილ ვარიანტთან შედარებით მნიშვნელოვნად მცირდება ქსელის ტრაფიკი და უზრუნველყოფილია ყველა პროგრამის მიმართვა მბ-ის ფაილებთან.



ნახ.3. ორდონიანი კლიენტ-სერვერული ქსელის კომპონენტების ურთიერთკავშირი

IV. კლიენტ-სერვერული მონაცემების მრავალდონიანი განცალკევებული დამუშავება (ნახ.4):

მუშა სადგურზე მდებარეობს მხოლოდ მომხმარებლის ინტერფეისის საშუალება, ხოლო სერვერ-პროგრამაზე პროგრამული უზრუნველყოფა, ხოლო მონაცემთა სერვერზე ინახება მართვის სისტემების მბ-ები და ფაილები. სერვერები ასრულებენ ყველა შემადგენელი მონაცემების დამუშავებას, ხოლო მუშა სადგურები წარმოადგენენ “მოქნილ კლიენტებს” და მათ ადგილას შეიძლება გამოყენებულ იქნას NET PC სერვერული კომპიუტერები. თუ

უზრუნველყოფის და ბაზების სერვერები ქსელში რამდენიმეა, მაშინ ქსელი ხდება მრავალდონიანი კლიენტ-სერვერი. შესაბამისად, გამოყოფილი დონეების ტექნიკურ სტრუქტურაში იქმნება აპარატურული და პროგრამული უზრუნველყოფის ვარიანტების შესაძლებლობა [14].



ნახ.4. სამდონიანი კლიენტ-სერვერული ქსელის კომპონენტების ურთიერთკავშირი

საინფორმაციო სისტემის უფრო ტრადიციულ ვარიანტს დაწესებულებების მასშტაბით წარმოადგენს ორ რგოლიანი კლიენტ-სერვერის არქიტექტურა. თუ კი ლოგიკა მიმაგრებული ნაწილების სისტემისა საკმარისად რთულია, მაშინ ასეთი მიდგომა წარმოქმნის “მოუქნელი კლიენტის” პრობლემას, როდესაც თითოეულ მუშა სადგურს უნდა ჰქონდეს საკმარისი რესურსი მიმაგრებული მონაცემების დასამუშავებლად. სისტემის საერთო ეფექტურობის ასამაღლებლად გამოიყენება სამ რგოლიანი არქიტექტურა კლიენტ-სერვერის, რომელიც დღეისათვის ხდება კორპორაციული კომპიუტერული სისტემისათვის დომინანტური. ასეთ არქიტექტურაში გარდა კლიენტისა და მონაცემთა ბაზების სერვერის ნაწილისა ჩნდება შუალედური მართვის სერვერი. კლიენტის მხარეს სრულდება ინტერფეისული მოქმედებები, ხოლო მთლიანი დამუშავება ინფორმაციისა ხდება სერვერზე.

კონცეფცია კის-ის აგებისა მედიცინაში წარმოდგენილია შემდეგი ტიპური კომპონენტებით:

1. სისტემის ბირთვს, რომელიც უზრუნველყოფს კომპლექსურ ავტომატიზირებულ თავსებადობას ბიზნეს პროექტებში;

2. ავტომატიზირებულ სისტემას, დოკუმენტაციის დამუშავებას კორპორაციის ფარგლებში;
3. დამატებით ინსტრუმენტალურ სისტემებს ინფორმაციის დამუშავებისათვის;
4. პროგრამულ-ტექნიკურ საშუალებებს, კის-ის უსაფრთხოებას;
5. სერვისული საკომუნიკაციო მოწყობილობები (ფაქს-სერვერები, ელ-ფოსტა, შორეული წვდომის პროგრამული უზრუნველყოფა);
6. ინტერნეტი და ინტერნეტ კომპონენტები სხვადასხვა მონაცემთა ბაზებთან წვდომისათვის;
7. საოფისე პროგრამები (ტექსტური რედაქტორი, ელ-ცხრილები, თარჯიმნები, საპრეზენტაციო გრაფიკა და ა.შ.);
8. სპეციალური დანიშნულების სისტემები;

ამ კომპონენტებიდან უმეტესობამ პროგრამული რეალიზაციით უნდა უზრუნველყოს სისტემის ქსელური ოპერაციები.

კორპორაციული ინფორმაციული სისტემების დაგეგმვისას გამოსახება ამოცანების წრე, რომელთა გადაწყვეტაც წარმოადგენს უპირველესს.

ამოცანების პირველი ჯგუფი ეს არის ბიზნეს პროცესების გამართვა. ეს ამოცანები წყდება პროგრამებით: “გალაქტიკა”, “Босс-კორპორაცია”, Platinum, SAP/R3 და ა.შ.

ამოცანების მეორე ჯგუფი არ არის დაკავშირებული მართვის ამოცანების ფუნქციონალებთან, და წარმოადგენს ქსელის პროცედურის სერვისულ პროგრამებს:

- ფაილებისა და პრინტერების ერთდროული გამოყენების ორგანიზება;
- კორპორაციულ მონაცემებთან წვდომის უზრუნველყოფა;
- ქსელური ტელე და ვიდეოკონფერენციების ორგანიზება;
- კოლექტიური მუშაობის უზრუნველყოფა დოკუმენტაციებთან;
- შორეულ ფილიალებთან კავშირის უზრუნველყოფა;
- ინტერნეტ ქსელში მუშაობის უზრუნველყოფა და ა.შ.

ბაზურ კომპონენტებად საინფორმაციო სისტემებში, რომლებითაც აუცილებელია პირველადი ამოცანების გადაწყვეტა წარმოადგენს შემდეგი სერვერული და პროგრამული პროდუქტები:

1. ქსელური ოპერაციული სისტემა, რომელიც განკუთვნილია ძირითადი ქსელური სერვისებისათვის ერთდროული მიმართვის ორგანიზება ფაილების და პრინტერების, “კლიენტ-სერვერის” მოდელის რეალიზაციის დროს სერვერული უზრუნველყოფის გამოყენება;
2. მონაცემთა ბაზების სერვერი, რომელიც უზრუნველყოფს ყველა ოპერაციას მონაცემთა ბაზებში: შენახვას და მთლიანობას, ბიზნეს პროცესების მიმართვას და მაღალსიჩქარეს მონაცემების დამუშავებისას;
3. ელექტრონული ფოსტის სერვერი, რომელიც უზრუნველყოფს შეტყობინებების გაცვლას შიდა და გარე დონეებზე. მომხმარებლების ერთდროული მუშაობის მოხერხებულობას ურგანიზაციაში და აგრეთვე ჯგუფურ და ინდივიდუალურ დაგეგმვას;
4. სერვერი შორეული წვდომისათვის, რომელიც განკუთვნილია შორეული ფილიალების თანამშრომლებისათვის, თავისუფალი მიმართვისათვის კორპორაციულ მონაცემებთან, ძირითად ქსელურ რესურსებთან და სერვერებთან;
5. სერვერი სისტემის სამართავი სერვერია, რომელიც საშუალებას იძლევა ცენტრალიზებურად გადაწყვიტოს ქსელური ადმინისტრატორების ამოცანები. წარმოადგენს მოხერხებულ საშუალებას სისტემის შორეული მართვისა და დიაგნოსტიკისათვის აპარატურული და პროგრამული უზრუნველყოფის გათვალისწინებით;
6. კლიენტური პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც თავისთავში მოიცავს ლოკალურ ოპერაციულ სისტემასა და მომხმარებლის ტიპური ამოცანების შემსრულებელ პროგრამებს. ეს უზრუნველყოფა მომხმარებელს სთავაზობს მოხერხებულ საშუალებას მასალების და დოკუმენტაციებს ფორმირებისას, ინფორმაციის ძებნასა და არჩევას, მონაცემების ნახვას და აგრეთვე საშუალო გარემოს დაყენებას.

1.4 მოდელების გამოყენება კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის პროექტირების პროცესში

კორპორაციული ქსელი ემსახურება ერთ მსხვილ დაწესებულებას და ჰქვია დაწესებულების განაწილებული ქსელი. კორპორაციული ქსელის სტრუქტურა შემდეგნაირია: გვაქვს ქვექსელების რიგი, რომლებიც წარმოადგენენ ლოკალურ შიდა ქსელს Ethernet ან Token Ring-ის ტიპისას, და ეს ქსელები ემსახურებიან ცალკეულ ქვეგანყოფილებას, რომლებიც განლაგებულნი არიან ერთ ან რამოდენიმე ახლომდებარე ოთახებში. ქვექსელები დაკავშირებულნი არიან ერთმანეთთან დაშვების სერვერით. ჩვეულებრივ გვაქვს გასასვლელი გარე ტერიტორიის ქსელები. დასაშვებ სერვერებად შეიძლება გამოყენებულ იქნან: ხიდები, კომპუტატორები, მარშუტიზატორები, შლუზები და ა.შ. [17].

კორპორაციული ქსელის პროექტირებისას სასარგებლოა იგი წარმოვიდგინოთ როგორც მრავალშრიანი პირამიდა. თუმცა ამ პირამიდის შრეები დაკავშირებულნი არიან ერთმანეთთან და ურთიერთქმედებენ ერთმანეთზე. ჩვეულებრივ, თითოეული ქსელი პროექტირდება საკმარისად ავტონომიურად და დამოკიდებლია შესაბამისი პროფილის ფირმებზე და სპეციალისტებზე. ეს ფირმები პირობითად შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად იმისდა მიხედვით თუ როგორი მოძრაობაა აღნიშნულ პირამიდაში: ზემოდან ქვემოთ – ბიზნეს პროცესებიდან აპარატურულ პლატფორმისკენ, ქვემოდან ზემოთ – აპარატურებიდან ამოცანებისკენ, შუა ნაწილიდან მონაცემთა ბაზების მართვის კონკრეტულ სერვერებთან.

ფირმები – მწარმოებლები ან აპარატურის დისტრიბუტორები, რომლებიც ინტეგრატორების როლში გვევლინებიან ასეთი ინტეგრატორების პირამიდა დაყრდნობილია ძალიან ვიწრო ფუძეზე ერთი ან ორი მწარმოებლის პლატფორმაზე. მინუსები და რამოდენიმე პლიუსიც ასეთი ინტეგრატორების საკმარისად თვალსაჩინოა. როდესაც ფირმები ორიენტირებულნი არიან მონაცემთა ბაზების მართვის ერთ სერვერზე მაგალითად, Oracle-ზე და Informix-ზე, ასეთ შემთხვევაში

პირამიდის სუსტ წერტილს წარმოადგენს პირამიდის შუა ნაწილი. რამოდენიმე აპარატურული პლატფორმის და პროგრამირების ფართო სპექტრის გამოყენების უზრუნველყოფა შეზღუდულია მხოლოდ მბ-ების მართვის სერვერით.

მესამე ჯგუფი, დამოუკიდებელი ინტეგრატორები, რომლებიც შეიძლება წარმოადგენდნენ ნებისმიერ გადაწყვეტას თითოეულ დონეზე და რომელთა გაზრდაც განსაკუთრებულ მწარმოებლურობის პლატფორმაში შეუძლებელია. ასეთ ინტეგრატორებში არჩევის ერთადერთ კრიტერიუმად კონკრეტული გადარჩევის არჩევისას წარმოადგენს მაქსიმალური ეფექტის მიღწევა მოსალოდნელი რესურსებით. ასეთ შემთხვევაში არის შესაძლებლობა მოქნილად ავაწყოთ ნებისმიერი კონფიგურაცია, რაც საშუალებას იძლევა საკმარისად, ადვილად გადაწყდეს ის პრობლემები, რომლებიც დაკავშირებულია იმასთან, რომ დამკვეთი უკვე იყენებს რომელიმე მართვის სერვერს და არ სურს თავისი პერსონალის გადამზადება სხვა მონაცემთა ბაზებთან სამუშაოდ. ამის გამო რომელიმე შრის პროექტირებისას სხვა შრეების თვისებები, რომლებიც ზეგავლენას ახდენენ საპროექტო გადაწყვეტაზე მხედველობაში მიიღება ხშირ შემთხვევაში განზოგადოებული სახით.

კორპორაციული ქსელის პროექტირების ეტაპები. ნებისმიერი ლოკალური შიდა ქსელის პროექტირებისას არსებობს ტიპური ეტაპები ქსელური პროექტირების შესრულებისა. კორპორაციული ქსელის მოთხოვნების ანალიზის ჩასატარებლად აუცილებელია:

1. შეფასდეს კომპიუტერების და ქსელის ლოკალური მდგომარეობა, რომელიც არსებობს დაწესებულებებში და დაგვეხმარება განისაზღვროს თუ რა პრობლემების გადაჭრა იქნება საჭირო;
2. განისაზღვროს კორპორაციული ქსელის მიზნები და სარგებელი, რაც დაგვეხმარება სწორად დაპროექტდეს ქსელი;
3. საწარმოს ხელმძღვანელებს ეცნობოთ აუცილებელი შენაძენების შესახებ;
4. დაიწეროს ეფექტური ტექნიკური დავალება;
5. განისაზღვროს კრიტერიუმები ქსელის ხარისხის შესაფასებლად.

მწარმოებლის ფუნქციონალური მოდელის აწყობა. დაწესებულების ქსელის დანიშნულებაა საწარმოო ფუნქციების შესრულება, ამიტომ საჭიროა შეფასდეს მისი როლი დაწესებულების მწარმოებლურობის სტრუქტურაში. წარმატებული კორპორაციული ქსელის ასაწყობად საჭიროა აიგოს ფუნქციონალური მოდელი ან სხვანაირად, რომ ეთქვას ბიზნეს მოდელი საიდანაც შემდეგ მიიღება ქსელის ტექნიკური და ფიზიკური მოდელი.

ბიზნეს მოდელი აღწერს საქმიანი პროცედურების თანმიმდევრობას და მთელი შესრულებული სამუშაოების ურთიერთდამოკიდებულებებს. ამ დროს საყურადღებოა არა კომპიუტერული სისტემა, არამედ პრაქტიკული საქმიანობა და სამუშაოების თანმიმდევრობა.

გამოთვლითი სისტემების არქიტექტურა მნიშვნელოვან როლს თამაშობს დაწესებულების საქმიანობის არქიტექტურაში. ამიტომ წარმატებული მოთხოვნების ანალიზი და წარმატებული კორპორაციული ქსელის აწყობა ტექნიკური სპეციალისტისგან მოითხოვს იფიქროს, როგორც ბიზნესმენმა.

ბიზნეს მოდელის აწყობის შემდეგ აუცილებელია ქსელის ტექნიკური მოდელის აწყობაც. იმისათვის, რომ ეს ტექნიკური მოდელი აეწყოს საჭიროა გაანალიზდეს არსებული მოწყობილობები, განისაზღვროს სისტემური მოთხოვნები, შეფასდეს ტექნიკის დღევანდელი და სამომავლო მდგომარეობა.

პროექტანტმა ასევე უნდა უზრუნველყოს საჭირო ფუნქციების შეკრება და ქსელის დაშვების საჭირო დრო. მაგალითად, თუ ქსელი მისაწვდომი უნდა იყოს სადამოლობით და გამოსასვლელ დღეებში, მაშინ საჭიროა გათვალისწინებულ იქნას ფაილ-სერვერებში ზედმეტი დისკები და კვების უწყვეტი წყაროები. აუცილებელია აგრეთვე გადაწყდეს საკმარისი არის თუ არა დისკების სარკული ანარეკლის გამოყენება, თუ საჭიროა გამოვიყენოთ დისკური მასივები.

შემდეგ უნდა განისაზღვროს როგორი ტექნოლოგიები და ტექნიკური საშუალებები იქნება მიღწევადი უახლოეს პერიოდში და აგრეთვე როგორი გრძელვადიანია ეს სიახლეები. აუცილებელია შეფასდეს შეძლებს თუ არა საპროექტო ქსელი მიიღოს სამომავლო ტექნოლოგიური სიახლეები. მას შემდეგ რაც აირჩევა ტექნიკური

მოდელი იქმნება ე.წ. ფიზიკური მოდელი, რომელიც წარმოადგენს კონკრეტული პროდუქტების აღწერას, მათ რაოდენობებს, ტექნიკურ პარამეტრებს და ურთიერთქმედების საშუალებებს. სისტემის დაყენების ეტაპი გულისხმობს ქვეკონტრაქტორების კოორდინირებას, მართვას, ინსტალაციას და მოწყობილობების გამართვას, პერსონალის სწავლას.

სისტემის ტესტირების ეტაპზე ტარდება ჩაბარებითი გამოცდა. სისტემის თანხლების და ექსპლუატაციის ეტაპს არა აქვს ზუსტად განსაზღვრული დროის საზღვრები და წარმოადგენს უწყვეტ პროცესს.

თავი 2. ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელი

2.1. შორ მანძილზე სამედიცინო დახმარება

ტელესაკომუნიკაციო ქსელებით

Health-Grid ანუ გრიდ ჯანმრთელობა წარმოადგენს თანამედროვე ელექტრონულ მედიცინაში ინფორმაციული კომპიუტერული ტექნოლოგიების ინოვაციური გამოყენების მაგალითს, რომელიც ემსახურება მაღალხარისხოვან სამედიცინო მომსახურებას. ელექტრონული მედიცინა – Health არის მკურნალობის ახალი სახე, ჯანდაცვის ინდუსტრია, რომელიც დაფუძნებულია საინფორმაციო-კომპიუტერულ ტექნოლოგიებზე, და იგი ხელს უწყობს იმ ინტელექტუალური გარემოს განვითარებას, რომლის მიზანია განახორციელოს მოსახლეობის სამედიცინო დახმარება. ხელი შეუწყოს სამედიცინო პერსონალს გამოიყენოს კლინიკურ პრაქტიკაში ახალი სახის დიაგნოსტიკა და ექიმების ერთობლივი მუშაობის შესაძლებლობა მიუხედავად მათი გეოგრაფიული ადგილმდებარეობისა [62].

სამედიცინო ინფორმაციას გააჩნია საკმაოდ დიდი მოცულობა და განაწილება. ამასთანავე საჭიროა დიდი ტექნოლოგიური რესურსები ავადმყოფთა ისტორიის შესანახად, ეს მასალები შეიცავენ ელექტროკარდიოგრამის, ელექტრო ენცელოგრამის და რენდგენოგრაფიის ვიდეოინფორმაციის ციფრულ მონაცემებს. “გრიდ-მედიცინა” ეს არის გარემო, სადაც თავმოყრილია და წარმოდგენილია მასალები მეცნიერებისათვის, ექიმებისათვის, სამედიცინო ცენტრებისათვის, მართვის აპარატისა და მომხმარებელთა უამრავი რაოდენობისათვის. “გრიდ-მედიცინა” არის “გრიდ” ინფრასტრუქტურა, რომელიც სპეციფიურია ბიო-სამედიცინო მონაცემთა დამუშავების პრობლემებისათვის.

დღეისათვის “გრიდ-მედიცინა” – გულისხმობს აურაცხელი ინფორმაციული მასივების დამუშავებას, რათა უფრო სრულყოფილად იქნას შესწავლილი ესა თუ ის დაავადება. იგი გულისხმობს ახალი სამედიცინო აპარატურის შექმნას ისეთ დარგებში როგორც არის – რადიოთერაპია, ნეიროქირურგია და სხვა.

თანამედროვე მედიცინაში კლასიკურ სუბკლინიკურ და კლინიკურ დისციპლინებს შორის მტკიცედ დაინერგა კლინიკური ინფორმატიკა - სამედიცინო ცოდნის სამეცნიერო-გამოყენებითი დარგი, რომლის მიზანიც არის ელექტრონული ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენება პრაქტიკულ და თეორიულ მედიცინაში. კლინიკური ინფორმატიკის ერთ-ერთი მთავარი დარგი არის ტელემედიცინა, რომელიც გულისხმობს დისტანციურ სამედიცინო დახმარებას კომპიუტრების და ტელეკომუნიკაციის სხვა ხერხების საშუალებით.

თანამედროვე ცნება – ტელემედიცინა – ეს არის ტელეკომუნიკაციების გამოყენება. ტელემედიცინა გვეხმარება ავამაღლოთ მკურნალობის ეფექტურობა და დიაგნოსტიკა ხარისხობრივად ახალ დონეზე. ტელემედიცინის ტექნოლოგიის დახმარებით შეიძლება შორს მყოფ ავადმყოფს გავუწიოთ მაღალკვალიფიციური სამედიცინო დახმარება. ექიმებს შეუძლიათ დასვან დიაგნოზი ელექტრონული ფოსტით მიღებული ან გლობალურ ქსელზე რენტგენული გამოსახულების სურათით, კომპიუტერული ტომოგრაფიით, ელექტროკარდიოგრაფიით ან სხვა ლაბორატორიული და ინსტრუმენტალური გამოკვლევებით ავადმყოფისა [61].

იმის გამო, რომ მედიცინის სხვადასხვა დარგში ვიწრო სპეციალისტების დიდი ნაწილი მუშაობენ დიდი ქალაქების სპეციალიზირებულ სამედიცინო ცენტრებში ამან მიგვიყვანა სამედიცინო დახმარების განსაზღვრულ ცენტრალიზაციამდე. თუმცა ტელემედიცინის მიღწევა გვაძლევს სპეციალისტის ფიზიკურ დასწრებას ადგილზე.

სპეციალისტების წარმოდგენით ტელემედიცინა პირველ რიგში არის დისტანციური დიაგნოსტიკა, მაგრამ მისი პოტენციური შესაძლებლობები გაცილებით ფართოა. ქსელური ტექნოლოგიები იძლევა საშუალებას დაავადების ისტორიის დოკუმენტური გადაცემისა ავადმყოფის გადაყვანისთანავე კლინიკიდან კლინიკაში; დაზღვევისა და თანხის გადახდის ოპერატიული გადაწყვეტილების მიღებისა; ექიმების კვალიფიკაციის ამაღლების, სამედიცინო ტექნოლოგიების და მეთოდების ფართოდ დანერგვის, დისტანციური სამედიცინო კონსულტაციების, კონსილიუმების, ტელეკონფერენციებისა და

ტელემანიპულაციებისა (აპარატურის დისტანციური მართვა და ქირურგიული ჩარევა დისტანციურად).

თანამედროვე ტელემედიცინის მიდგომა საშუალებას გვაძლევს ჩავატაროთ შორსმყოფი კონსულტაციები ექიმებისა და მათი პაციენტების, რომლებიც იმყოფებიან შორეულ რაიონებში.

ბიბლიოგრაფიულ ინტერნეტ ბაზაში MEDLINE ტერმინი ტელემედიცინა პირველად გამოყენებულია 1974 წელს. ადრინდელ ნაშრომებში გვხვდება ტერმინი “ტელეგნოზია”, ტელეფსიქიატრია, დიაგნოზი ტელეხედვით, კონსულტაცია ტელეხედვის დახმარებით.

არსებობს რამდენიმე ათეული ტელემედიცინის განსაზღვრება, რომელიც განსხვავდება მისი დეტალიზაციის ხარისხის დახასიათებით, მასში შემავალი ტექნოლოგიებით და მიმართულებებით. ნ. ბრაუნი (ტელემედიცინის პროექტის ხელმძღვანელი კვლევის ცენტრში, პორტლენდში, ორეგონში) ასე განმარტავს ტელემედიცინას: ტელეკომუნიკაციის გამოყენება სამედიცინო ინფორმაციის და დახმარების, როგორც უბრალო მსჯელობა კლინიკურ შემთხვევაზე ორ ექიმს შორის ტელეფონით და ინტერაქტიული ვიდეოკონსულტაციის ჩატარება სხვადასხვა ქვეყნის სამედიცინო ცენტრებს შორის თანამგზავრული ტექნოლოგიის გამოყენებით.

ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციამ 1997 წელს შემოიტანა უფრო ფართო ცნება – სამედიცინო ტელემატიკა, რაც ნიშნავს მოღვაწეობას, სამსახურებრივ დახმარებას და სისტემას, დაკავშირებულს სამედიცინო დახმარების აღმოჩენას შორი მანძილიდან ინფორმაციულ კომუნიკაციური ტექნოლოგიების დახმარებით. ეს ყველაფერი მიმართულია, რომ განვითარდეს ჯანმრთელობის დახმარება, განხორციელდეს ეპიდემიოლოგიური ზედამხედველობა, შესწავლა, მართვა და ჩატარება სამედიცინო გამოკვლევებისა მედიცინის დარგში. არსებობს ტელემედიცინის ასეთი განსაზღვრებაც: მედიცინის მიმართულება დაფუძნებული თანამედროვე კომპიუტერულ და ტელეკომუნიკაციურ ტექნოლოგიებზე, სამედიცინო მონაცემების ინფორმაციის გაცლვა სპეციალისტებს შორის კონკრეტული პაციენტების დიაგნოსტიკის და მკურნალობის ხარისხის ამაღლების მიზნით.

აქედან გამომდინარე დადგენილი ცნება “ტელემედიცინა” არ არსებობს. ყველაზე სრულია ამერიკის ასოციაციის ტელემედიცინის განსაზღვრება: “ტელემედიცინის არსია გადასცეს სამედიცინო ინფორმაციები დაშორებულმა პუნქტებმა ერთმანეთს, სადაც არიან პაციენტები, ექიმები, სხვა პროვაიდერები სამედიცინო სამსახურებისა სხვადასხვა სამედიცინო დაწესებულებებს. ტელემედიცინა განიხილავს ტელეკომუნიკაციების გამოყენებას მედიცინის სპეციალისტებს შორის, კლინიკებს შორის, ავადმყოფებს, ექიმებს შორის, რომლებიც უწევენ სამედიცინო პირველად დახმარებას პაციენტებს შორს მანძილზე დიაგნოსტიკის მიზნით, მკურნალობას, კონსულტაციის და თანმიმდევრობითი სწავლებისათვის.

კავშირის არხებით სარგებლობის ცდები სამედიცინო დახმარების და ინფორმაციის გადაცემის შორს მანძილზე ხდებოდა XX საუკუნის პირველ მეოთხედში სატელეფონო კავშირებით. შვეციაში 1905 წელს განხორციელდა კარდიოგრამის სიგნალის გადაცემა სატელეფონო ხაზის კავშირით, ხოლო 1922 წელს გოტენბურგის უნივერსიტეტის ჰოსპიტალში ტარდებოდა მეზღვაურების სამედიცინო კონსულტაციები რადიოარხებით, 1935 წელს ანალოგიური სამსახური მუშაობს იტალიაში. 1959 წელს ამერიკაში ჩატარდა ფსიქიატრიული ავადმყოფის სატელევიზიო კონსულტაცია, იმავე წელს კანადაში გადასცეს გამოსახულება ფილტვების ფლიუროგრამისა.

XX საუკუნის შუა წლებში მედიცინაში წარმოიშვა ახალი დარგი ბიორადიოტელემეტრია (ან უბრალოდ ტელემეტრია) – რეგისტრაცია, გადაცემა და მონიტორინგი ადამიანის ფიზიოლოგიური პარამეტრების შორს მანძილზე, როგორც მშვიდ მდგომარეობაში, ასევე განსაზღვრული მოქმედების შესრულების პროცესში. სწრაფი განვითარება ამ დარგისა დაკავშირებულია უპირველესად კოსმოსური პროგრამის წარმატებასთან, რადგანაც საჭირო იყო მუდმივი კონტროლი ასტრონავტების ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე.

პირველი ნაბიჯები “ტელემედიცინისა” როგორც “დისტანციური დიაგნოსტიკისა” შეიძლება ჩაითვალოს ფიზიოლოგიური მაჩვენებლების ტელემეტრიული ჩანაწერი პირველი კოსმონავტებისა და ასევე მათი პირველი მონაცემების სამედიცინო რჩევები.

პირველი ქვეყანა, რომელმაც ტელემედიცინა პრაქტიკულ რეალსებზე დააყენა იყო ნორვეგია, სადაც არსებობს ძნელად მისაღწევი ადგილები სამედიცინო დახმარებისთვის. მეორე პროექტი განხორციელდა საფრანგეთში მეზრვაურებისთვის სამოქალაქო და სამხედრო ფლოტებისთვის.

თანამედროვე პერიოდში ბევრ ქვეყანაში და საერთაშორისო ორგანიზაციებში მუშავდება მრავალრიცხოვანი ტელემედიცინის პროექტები. მსოფლიო ჯანმრთელობის დაცვის ორგანიზაციაში მუშავდება იდეა შეიქმნას გლობალური ქსელი ტელეკომუნიკაციისა მედიცინაში, მხედველობაშია ელექტრონული გაცვლა სამეცნიერო დოკუმენტებისა და ინფორმაციებისა, მისი დაჩქარებული მოძებნა და მიღება ტელეკომუნიკაციების ქსელის მეშვეობით. ჩატარება ვიდეოკონფერენციების, დაუსწრებელი დისკუსიების და თათბირების, ელექტრონული ხმის მიცემით [59].

ასევე ვითარდება სამედიცინო ტელეკომუნიკაციების საერთაშორისო ქსელები, მიმართული სხვადასხვა მიზნისკენ. სისტემა “Satellife” – განვითარებად ქვეყნებში სამედიცინო ცოდნის გავრცელებისათვის და კადრების მომზადებისათვის. “Planet Heres” - მსოფლიო ჯანმრთელობის დაცვის ორგანიზაციის მიერ შემოთავაზებული სისტემა გლობალური სამედიცინო ტელეკომუნიკაციების, საერთაშორისო სამეცნიერო ექსპერტიზის და კოორდინაციები სამეცნიერო პროგრამების, სხვადასხვა სისტემები და ქსელები.

დღეს მსოფლიოში ცნობილია 300-ზე მეტი ტელემედიცინის პროექტი, რომლებიც თავისი ხასიათის მიხედვით იყოფა კლინიკურ, საგანმანათლებლო, საინფორმაციო და ანალიტიკურად. გეოგრაფიული გავრცელებით კი ასე იყოფა: ადგილობრივი 27%, რეგიონალური 40%, საერთო ნაციონალური 16%, საერთაშორისო 17%.

ბევრი თანამედროვე ტელემედიცინის სისტემა შექმნილია ინტერნეტის (ინტრანეტი) გლობალური კომპიუტერული ქსელის ბაზაზე. ტელემედიცინის საშუალებით რეალური გახდა სამკურნალო-პროფილაქტიკური დაწესებულებების გაერთიანება, სამედიცინო სასწავლებლების, ცალკეული სპეციალისტების და ცალკეული საინფორმაციო საკონსულტაციო და სასწავლო კომპიუტერული

ქსელები. შეეხება რა ძნელ კლინიკურ შემთხვევას ნებისმიერ ექიმს შეუძლია მიიღოს რჩევა დედამიწის შორეულ წერტილზე მყოფი სპეციალისტისაგან. გარდა კლინიკური მნიშვნელობისა ტელემედიცინა ეკონომიკური მხრივაც საკმაოდ უმჯობესია, რადგან აღარ იხარჯება თანხა “სასწრაფო დახმარების” მივლინებაზე და სხვა. მცირდება გართულებების რაოდენობა და პაციენტის სტაციონარში ყოფნის დრო [41].

თანამედროვე მედიცინაში აქტიურად ვითარდება ახალი დარგი – დისტანციური მართვა დიაგნოსტიკური და ქირურგიული აპარატურისა. შექმნილია რეალურად მოქმედი ქირურგიული ენდოსკოპიული სამუშაოები, დისტანციური მიკროსკოპები, ოფთალმოსკოპები და სხვა. ასევე ფართოვდება ტელემედიცინის პრობლემების გადაწყვეტის მონაწილეთა გეოგრაფია. აქტიურად მუშაობენ ევროპის ბევრი ქვეყნების, ავსტრალიის, ამერიკის მეცნიერები და სპეციალისტები. გამოკვლევების თემატიკა ტელემედიცინის დარგში ფართოა და სხვადასხვანაირი. ტელემედიცინის მიმოხილვის მდგომარეობა სხვადასხვა ქვეყნებში, რეგიონებში ასეთია: ინფორმატიკა და ტელემედიცინა, ახალი ტექნოლოგიები ტელემედიცინისთვის, ქსელები ტელემედიცინისთვის, ინფრასტრუქტურა ტელემედიცინისთვის, ტელედახმარების მართვა, ტელემედიცინის სისტემის გამოცდა, ინტერნეტი და ტელემედიცინა, ტელემედიცინის ეფექტურობა, შეკრება და ანალიზი მკურნალების აზრის ტელემედიცინაზე, სწავლა ტელემედიცინის დახმარებით, კატასტროფების ტელემედიცინა, სახელმწიფოს პოლიტიკა ტელემედიცინის მხარდასაჭერად, ეთიკის და კონფიდენციალობის პრობლემები ტელემედიცინაში, ტელემედიცინის პროტოკოლები და სტანდარტები, ინფორმაციების წარდგენა ტელემედიცინის სისტემაში; ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ელექტრო გადაცემით მონაცემებზე.

ტელემედიცინის წარმატებები განისაზღვრება კავშირგაბმულობის გამოთვლითი ტექნიკის განვითარების დონით. დღეს ისინი საშუალებას იძლევიან დაარეგისტრირონ ნებისმიერი გამოსახულება კომპიუტერში, მოამზადონ ის გადაგზავნისათვის, გადასცენ რეალურ დროში, მიიღონ და გაშიფრონ ეს ინფორმაცია პრაქტიკულად ხარისხის დაკარგვის

გარეშე და წარადგინონ ერთობლივი განხილვისათვის. ბოლო პერიოდში მნიშვნელოვანი მიღწევები ტელემედიცინაში განპირობებულია იმით, რომ ანალოგიურ ტელევიზიის შემცვლელად მოვიდა ინფორმაციის გადაცემების ციფრული არხები, ფართო გავრცელება ჰპოვა ქსელურმა გლობალურმა კომუნიკაციებმა. ამავე დროს ბევრი არხებით, ინფორმაციული, მეთოდოლოგიური, ორგანიზაციული, ტექნიკური და ფინანსურ-ეკონომიკური ასპექტები ჯერ კიდევ რჩება გადაუჭრელი. უფრო მეტიც, ამ საკითხთა ლოკალური გადაწყვეტა ხდება სულ უფრო ძვირი, ამიტომაც ნაკლებ პერსპექტიულია ფართო განვითარებასთან მიმართებაში, საჭიროა საკმაოდ დიდი მასშტაბი ამ პრობლემის მთლიანად დასაყენებლად. რადგანაც მხოლოდ ამ შემთხვევაშია შესაძლებელი ტექნიკურად საფუძვლიანი და ამავდროულად სოციალურად და ეკონომიურად მისაღები გადაწყვეტილებები. ტელემედიცინა – ეს ახალი სახეობაა სპეციალიზირებული და მაღალკვალიფიცირებული სამედიცინო დახმარებისა. ეს ახალი ფორმაა XXI საუკუნის ჯანმრთელობის დაცვის ორგანიზაციისა.

ტელემედიცინის სისტემა – ეს ერთობლიობაა საბაზო სამუშაო სადგურების, რომლებიც კავშირგაბმულობის ხაზებითაა გაერთიანებული, განკუთვნილია შეასრულოს კლინიკური და სამეცნიერო ამოცანები ტელესამედიცინო პროცედურების დახმარებით. ტელემედიცინის უმარტივეს სახეს წარმოადგენს მედლის მიერ კონტროლი და კონსულტაციები ავადმყოფთან სატელეფონო კავშირის საშუალებით. რთული ტელესამედიცინო სისტემა იყენებს ინტერაქტიურ ვიდეოს და აუდიოარხებს. ის შედგება მაღალმზარდი სატელეფონო ხაზებისგან, ციფრული საინფორმაციო ტექნოლოგიებისგან, კომპიუტერებისგან, პერიფერიული მოწყობილობებისგან, ბოჭკოვანი ოპტიკისგან, თანამგზავრული კავშირისგან, პროგრამული უზრუნველყოფისგან. ტელეკონსულტაციების ჩასატარებლად გამოიყენება სხვადასხვა ტექნოლოგიები გავრცელებული სახეობაა ვიდეოკონფერენციები (ტელეხედვები) და სამედიცინო ინფორმაციის გადაცემა ინტერნეტით on-line რეჟიმში ან e-mail-ით (ელექტრონული ფოსტა). ყველა

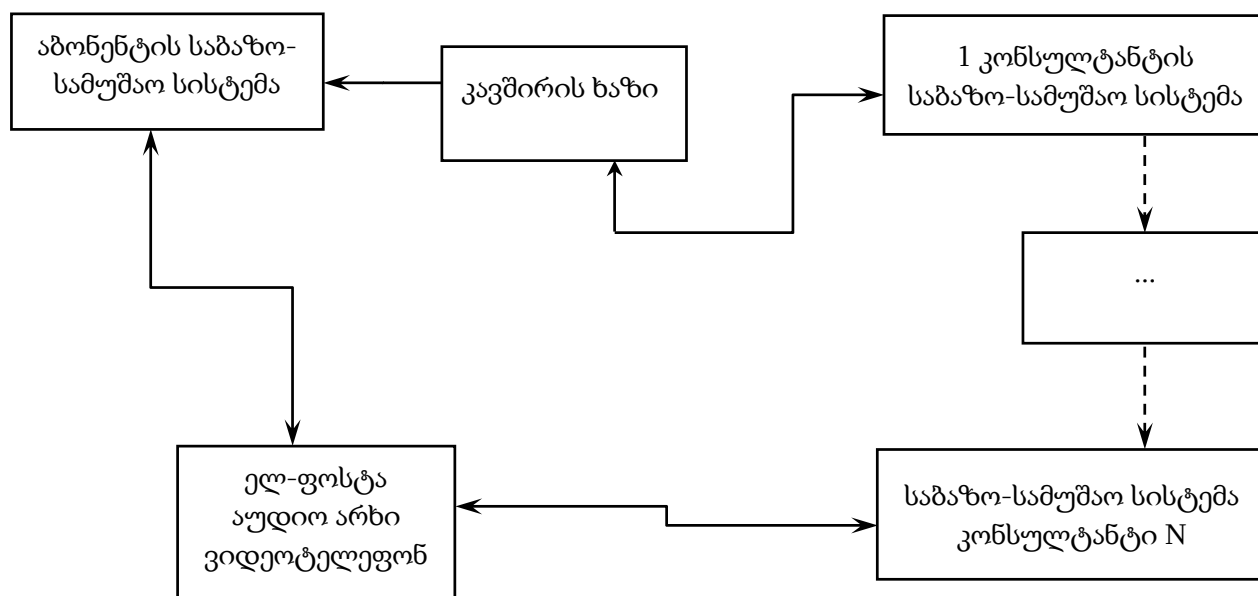
ტელესამედიცინო სისტემა შედგება სხვადასხვა კომპლექტაციის საბაზო სამუშაო სადგურების ერთობლიობისგან, რომლებიც შეკავშირებულნი არიან კავშირგაბმულობის ხაზებით.

საბაზო სამუშაო სისტემა – ეს არის აპარატურისა და პროგრამული უზრუნველყოფის კომპლექსი, წარმოადგენს მრავალპროფილურ და მრავალამოცანის მქონე სამუშაო ადგილს სპეციალისტისა, რომლებსაც გააჩნია შესაძლებლობა შეიყვანოს, დაამუშავოს, გარდაქმნას, გადაიყვანოს, გაუკეთოს კლასიფიცირება და არქივირება საყოველთაოდ მიღებულ სახეობებს კლინიკური სამედიცინო ინფორმაციებისა, აგრეთვე შესაძლოა ჩატარდეს ტელეკონფერენციები. საბაზო სამუშაო სისტემა წარმოადგენს სპეციალიზირებულ სამედიცინო სააპარატო-პროგრამულ კომპლექსს, რომელიც გამოიყენება სამედიცინო დაწესებულებებში, სამეცნიერო ცენტრებში სასწავლო დაწესებულებებში კონფერენციების ჩატარების მიზნით სხვადასხვა შინაარსისა, შორეული სამედიცინო კონსულტაციების ჩატარებისას საორგანიზაციო-მეთოდური საკითხების გადასაწყვეტად, საბიბლიოთეკო, სამეცნიერო, სასწავლო და სხვა სამედიცინო ინფორმაციის გადასაცემად, სხვა და სხვა ამოცანების გადასაწყვეტად, რომელიც დგას სამედიცინო დაწესებულებების, ორგანიზაციების და სისტემების წინაშე.

ყველა ტელესამედიცინო სისტემა იყოფა ორ ძირითად ჯგუფად: შორეული კონსულტაციების, დიაგნოსტიკისა და სწავლების საშუალებები და სასიცოცხლო ფუნქციების შორეული მონიტორინგის საშუალება (ბიორადიოტელემეტრული სისტემები).

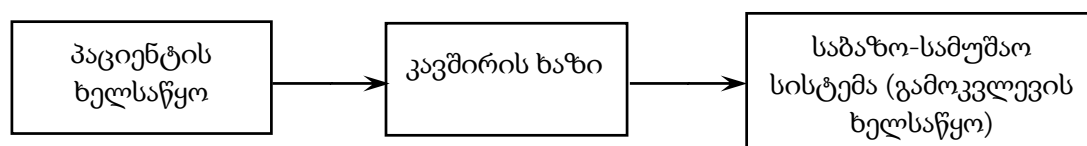
პირველი ჯგუფის ტელესამედიცინო სისტემები შედგება სხვადასხვა კომპლექტაციის მქონე საბაზო სამუშაო სადგურებისგან, რომლებიც დაკავშირებულნი არიან კავშირგაბმულობის ხაზებით. სისტემის პირველი ჯგუფი რეალიზდება მარტივი საშუალებით ორი პერსონალური კომპიუტერის საშუალებით, შეკავშირებული მოდემური კავშირით, შესაძლოა შორეული კონსულტაციების სეანსების ჩატარება ელექტრონული ფოსტით, ჩატ-რეჟიმში, აუდიოარხით, ვიდეოტელეფონით ან ICQ. ამ დროს ნებისმიერი ინფორმაცია გადაიცემა ტექსტის სახით ან დაარქივებული გრაფიკულად და ვიდეოფაილებით. აღსანიშნავია,

რომ ამგვარი მოდიფიკაციის გამოყენება პირველი ჯგუფის სატელემედიცინო სისტემისა გამორიცხავს პაციენტის გამოკვლევას რეალური დროის რეჟიმში. პრინციპიალური სქემა პირველი ჯგუფის ტელესამედიცინო სისტემისა ასახულია ნახ. 5.-ზე



ნახ.5. ტელესამედიცინო სისტემის პირველი ჯგუფის პრინციპიალური სქემა

ტელესამედიცინო სისტემის მეორე ჯგუფი ემსახურება დისტანციურ თვალყურისდევნებას გამოსაკვლევ პაციენტის მდგომარეობას და ორგანოთა ფუნქციებს. ასეთი სისტემა ჩვეულებრივ შედგება პაციენტის ხელსაწყოსგან, კავშირგაბმულობის ხაზის და გამოკვლევის საბაზო-სამუშაო სისტემისგან. მეორე ჯგუფის სქემა წარმოდგენილია ნახ.6.-ზე.



ნახ.6. ტელესამედიცინო სისტემის მეორე ჯგუფის პრინციპიალური სქემა

2.2. ტელემედიცინის ამოცანები, მიმართულებები და ტელემედიცინის ქსელის ეფექტურობის შეფასება

ტელემედიცინა საკმაოდ ფართე ცნებაა. ერთ-ერთი მთავარი ღირსება ტელემედიცინისა არის შესაძლებლობა დაახლოვოს მაღალკვალიფიცირებული და სპეციალიზირებული მიდგომა წამყვანი სამედიცინო ცენტრებისა ცალკეულ რაიონებში და მნიშვნელოვნად შეამცირონ პაციენტთა ხარჯები. ტელემედიცინა ზრდის შესაძლებლობებს ნებისმიერი პაციენტის დახმარებისა, სადაც არ უნდა ცხოვრობდეს ის, აფართოებს სამედიცინო ცენტრების მუშაობის შესაძლებლობებს საკონსულტაციო მუშაობაში და სამედიცინო-დიაგნოსტიკური მეთოდების დანერგვაში.

ტელემედიცინის მიზანია ხარისხიანი სამედიცინო დახმარება ნებისმიერი ადამიანისადმი, მისი სოციალური წარმოშობისა და ადგილმდებარეობის მიუხედავად.

ტელემედიცინის საგანი – ტელეკომუნიკაციისა და კომპიუტერების საშუალებით ყველა სახის სამედიცინო ინფორმაციის მიწოდებაა, ცალკე პუნქტებს შორის (სამედიცინო დაწესებულებებს შორის, ექიმსა და პაციენტს შორის, ჯანდაცვის თანამშრომლებს შორის და ა.შ.).

დახმარება ტელემედიცინის საშუალებით ხასიათდება ორი ნიშნით:

1. ინფორმაციის მიწოდება (ავადმყოფების ისტორიის აღწერა, ვიდეოგამოსახულების ენდოსკოპიური და სურათებით, რენდგენული გადაღებები, მიკროსკოპიული ნაცხები, ლაბორატორიული ანალიზების მონაცემები და ა.შ.);
2. ინფორმაციის გადაცემის საშუალება (სატელეფონო ხაზები, თანამგზავრული კავშირი და ა.შ.).

აქვე შეიძლება ჩამოვთვალოთ ტელემედიცინის ძირითადი ამოცანები:

- მოსახლეობის პროფილაქტიკური მომსახურება;
- სამედიცინო მომსახურების ღირებულების შემცირება;
- შორეული სუბიექტების მომსახურება, იზოლაციის აუცილებლობა;
- მომსახურების დონის ამაღლება.

ტელემედიცინის გამოყენებაში ძირითადი მიმართულებების სახით შეიძლება გამოიყოს:

- ავადმყოფთა ვიდეოკონსულტაციები დიაგნოსტიკის, მკურნალობის მიზნით სპეცცენტრებში სამკურნალოდ გაგზვნის გადაწყვეტილება;
- ექიმთა კვალიფიკაციის ამაღლების მიზნით ტელესწავლება;
- ახალი მეთოდების განხილვისა და დემონსტრირების მიზნით ტელეკონფერენციები, სამსახურის ძირითადი ადგილიდან მოწყვეტის გარეშე;
- წამყვანი სამედიცინო ცენტრების გამოცდილების ტირაჟირება უშუალო და აქტიური მსჯელობა წამყვან სპეციალისტებთან ავადმყოფთა მდგომარეობის შესახებ;
- ქრონიკული ავადმყოფების ხელმისაწვდომობა განმეორებითი კონსულტაციებისა, მკურნალობისა და რეაბილიტაციისა სხვადასხვა დონის დაწესებულებებში (რეგიონალურ, სარეგიონალთაშორისო და ფედერალურ);
- საინფორმაციო-მეთოდური უზრუნველყოფა Web-სერვერების საშუალებით, რომლებიც შეიცავენ მონაცემებს თანამედროვე დიაგნოსტიკისა და მკურნალობის შესახებ, რუსეთისა და უცხოური სამედიცინო ცენტრების სპეციალიზაციის შესახებ;
- აუდიო ვიზუალური მხარდაჭერა ოპერატიულად მიღებული გადაწყვეტილებისა ადმინისტრაციულ-კლინიკურ ცენტრებში, დახმარების აღმოჩენა სტანდარტულ სიტუაციებში და ადეკვატური ზომების მიღება, რომლებიც პასუხობენ კატასტროფის მასშტაბებს საგანგებო შემთხვევებში.

შეიძლება ჩავატაროთ ტელემედიცინის სისტემების შემდეგი კლასიფიკაცია:

- I. ზედნადები ნიშნების მიხედვით:
 1. დაშორებული კონსულტაციების, დიაგნოსტიკისა და სწავლების საშუალებები:
 - ა) დაშორებული კონსულტაციების სისტემები;
 - ბ) დიაგნოსტიკური და სამკურნალო აპარატურით დაშორებული მართვის სისტემები;
 - გ) ინსტრუქტაჟის სისტემები;

დ) დისტანციური სწავლების სისტემები.

2. დაშორებული სასიცოცხლო ფუნქციების მონიტორინგის სისტემა (ბიორადიოტელემეტრული სისტემები):

ა) შიდასასაავადმყოფო სისტემის მონიტორინგი;

ბ) არასასაავადმყოფო სისტემის მონიტორინგი;

გ) საშინაო ტელემედიცინის სისტემები;

დ) ბიორადიოტელემეტრიის სისტემები;

ე) ტაქტიკურ-ტელემეტრული სისტემები.

II. გეოგრაფიული ნიშნის მიხედვით:

1. შიდა სასაავადმყოფო

2. საქალაქო

3. რეგიონალური (საოლქო)

4. ნაციონალური

5. საერთაშორისო

იმისათვის, რომ შევავასოთ ღონისძიებათა ეფექტურობა რეგიონალური კორპორაციული ტელემედიცინის ქსელის დანერგვის შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი შეფასების კრიტერიუმები:

- ტელეკონსულტაციებისა და ტელეკონსილიუმების საერთო რაოდენობა მოსახლეობისა, რომელიც ჩატარდა სარეგიონთაშორისო და ფედერალურ მედიცინის ცენტრებში;
- კლინიკური შემთხვევების რაოდენობა, რომლის დროსაც დიაგნოზის ვერიფიკაცია (ინსტრუმენტალური და მორფოლოგიური) განხორციელდა ტელემედიცინის ტექნოლოგიების გამოყენებით;
- მართვითი ღონისძიებების რაოდენობა (სელექტორული განათებები, კოლეგიები, ბალანსური კომისიები), ჩატარებული ვიდეოკონფერენციაგშირების დახმარებით;
- სამედიცინო სპეციალისტების რაოდენობა, რომლებმაც ჩატარეს გადამზადება (სპეციალიზირება, დახელოვნება), ტელესწავლების საფუძველზე;
- პერინატალური სიკვდილიანობის შემცირება მიღწეული ტელემედიცინის ტექნოლოგიების გამოყენებით;
- თანხობრივი ეკონომიური ეფექტი, მიღებული ტელემედიცინის ტექნოლოგიის დანერგვით, დაზოგილი თანხის რაოდენობა,

ტელედიანოსტიკა და ტელესწავლების ხარჯზე უნდა ფარავდეს ღონისძიებათა ფინანსირების ხარჯებს.

ტელემედიცინის პროექტებისა და პროგრამების დაფინანსება უნდა მოხდეს იმ საშუალებებით, რომლებსაც ითვალისწინებს ტელემედიცინის ტექნოლოგიებისა და არასაბიუჯეტო წყაროების ფედერალური და რეგიონალური პროგრამების განვითარება. მსოფლიო გამოცდილებამ ტელემედიცინის პროექტების განვითარებისამ გვიჩვენა, რომ ეფექტურობა ტელემედიცინის სისტემაში ჩადებული საშუალებებისა საჭიროებს სხვა მიდგომებსაც, რათა გადაიტაროს მნიშვნელოვანი სამედიცინო და სოციალური პრობლემები, რომელიც დგას ჯანდაცვის წინაშე, რადიკალური რეფორმების ეტაპზე.

2.3 ინტერნეტი და მედიცინა

ტელესამედიცინო მომსახურებას საფუძვლად უდევს ტელეკომუნიკაციური ტექნოლოგიები - სამედიცინო დახმარების დისტანციური მეთოდები და სპეციალიზირებული ინფორმაციების გაცვლა ინფორმაციულ-ტელეკომუნიკაციური ტექნოლოგიების ბაზაზე. ტრადიციული ტექნოლოგიების, ისეთები როგორცაა სამედიცინო, ინფორმაციული, კომპიუტერული, ტელეკომუნიკაციური და საგანმანათლებლო ტექნოლოგიები. ზუსტად მათი ერთობლივი გამოყენება წარმოშობს სრულიად ახალ ტექნიკურ გადაწყვეტილებებს.

ტელემედიცინის ამოცანების გადაჭრა მჭიდროდაა დაკავშირებული ვიდეოკონფერენციების ორგანიზაციასთან. ვიდეოკონფერენცია – კომპიუტერული ტექნოლოგიაა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს დავინახოთ ადამიანები, გავიგოთ ერთმანეთის და გავუზიაროთ მონაცემები და ერთობლივად დავამუშავოთ დროის რეალურ რეჟიმში. ესაა სამეცნიერო კონფერენციების ჩატარება, კონსილიუმების, უახლესი მოწიბობილობების დემონსტრაცია, დისტანციური კონსულტაციები და მკურნალობა, ავადმყოფების მეთვალყურეობა წამყვანი სპეციალისტების მიერ, წამყვანი სამედიცინო ცენტრების გამოცდილების ტირაჟირება,

ადგილობრივი სპეციალისტების სწავლება დისტანციური ახალი ტექნოლოგიებისა პრაქტიკული მედიცინის და დიაგნოსტიკის სფეროში.

ტელესამედიცინო კონსულტაციების დროს, აუცილებელია რეალური დროის რეჟიმში დიალოგი კონსულტანტსა და მკურნალ ექიმს შორის: დიაგნოზის დასმა, მკურნალობის ტაქტიკის შერჩევა, განისაზღვროს დამატებითი გამოკვლევები, რომლებიც აუცილებელია ჩატარდეს დიაგნოზის დასადგენად და ა.შ. ამ მიზნების მისაღწევად აუცილებელია მომზადდეს, დაზუსტდეს და კომენტარი გაუკეთდეს ყველა არსებულ მონაცემებს, აღიწეროს სიტუაცია, გაიგზავნოს არსებული მონაცემები და დარწმუნდეს, რომ მონაცემები მიღებულია მიმღები მხარის მიერ; უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს მიღებული ინფორმაციები ხელსაწყოებიდან ან არაციფრობრივი მატარებლებისგან ხარისხით, რომელიც საკმარისი იქნება სწორი ინტერპრეტაციისათვის ექიმისადმი, შესაძლოა გამოვიყენოთ დამატებითი მოწყობილობები, დროულად უნდა მომზადდეს დასკვნები და სხვა საბუთები, უნდა ვაწარმოოთ არქივი და კონსულტაციების სტატისტიკა, რათა შესაძლებელი გახდეს მოვლენეთა ჯაჭვის სრული აღდგენა [57].

ტელემედიცინა დაკავშირებულია ინტერნეტ გლაბალურ ქსელთან, რომლის საშუალებითაც შესაძლოა განხორციელდეს ყველა ამოცანა, რომელიც დგას ტელემედიცინის წინაშე. მაგრამ საგარანტიო ზოლის არქონა ტელეკონსულტაციის მონაწილეთა შორის აფერხებს ვიზუალური ინფორმაციის გადაცემას და ზღუდავს აუდიოინფორმაციის გადაცემას (ურთიერთობის პრაქტიკულ შეუძლებლობამდე და დიდი მოცულობის გამო ვიდეოფრაგმენტების გადაცემას). გარდა ამისა ინტერნეტი არის ღია ქსელი, ხოლო პაციენტთა მონაცემების გადაცემა და მათი განხილვა ყველასათვის ღია რეჟიმში, სამართლებრივი თვალსაზრისით მიუწვდომელი. ინფორმაციის მკაცრი დაცვის შემოღება დაკავშირებულია სამედიცინო კონფიდენციალობის მკაცრი დაცვის აუცილებლობასთან (პირადი, პაციენტის შესახებ).

ამიტომ მედიცინაში ტელეკომუნიკაციის გამოყენება (სპეციალისტებისა და სამედიცინო დაწესებულებების სხვადასხვა მოთხოვნათა და ინფორმაციების დაკმაყოფილება) ვითარდება ორი ძირითადი მიმართულებით: ინტერნეტის ღია ქსელით და დახურული

კორპორაციული ქსელებით საკუთრივ საკუთარ ტელემედიცინისთვის ან დროებით გამოყოფილი ფრაგმენტების ტელეკონსულტაციით არსებული ქსელებისა. რეჟიმში "წერტილი-წერტილი" ან "წერტილი-მრავალწერტილი" ეს შეესაბამება გაცილებით მაღალ მოთხოვნებს ინფორმაციის გადაცემისა, განსაკუთრებით რენდგენოგრაფების, ტოპოგრაფების, მიკროგამოსახულებების და სხვა. აუცილებელია აგრეთვე დამუშავება, დანერგვა და სტანდარტთა დაცვა სამედიცინო გამოსახულებების (რენდგენორადიოლოგიური, მიკროსკოპული, ფერისგადამცემი კანის დაავადებებისა და ა.შ.).

მიუხედავად აღნიშნული შეზღუდვებისა ტელესამედიცინო კონსულტაციები განსაზღვრულ ორგანიზაციებთან ხორციელდება ინტერნეტის საშუალებით (IP-შეერთების გამოყენებით). ამ შემთხვევაში, როგორც წესი მსჯელობის პროცესში არ გადაიცემა ავადმყოფთა ვიდეოგამოსახულება, მკურნალი ექიმის, კონსულტანტის და სხვა ვიდეოგამოსახულებები, არამედ მხოლოდ სტატისტიკური გრაფიკული მასალები, რომლითაც შეიძლება მუშაობა (ხატვა ზედაპირზე, ბეჭდვა უბნების აღნიშვნა) ეგრეთ წოდებული "თეთრი დაფის" გამოყენება რეჟიმში NetMeeting. ხოლო თვითონ კონსულტაცია ნარჩუნდება ინტერაქტიურ ხმოვან ვარიანტში.

ინტერნეტისა და სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება გახდა განუყოფელი ნაწილი სამედიცინო მეცნიერების და პრაქტიკის, მოქმედებს მის ქცევაზე. 400 ამერიკელი ექიმის გამოკითხვამ გვიჩვენა, რომ 356 მათგანი (89%) რეგულარულად იყენებს ინტერნეტს ცოდნის სრულყოფისთვის, მუშაობის ეფექტურობის ამაღლებისთვის და პაციენტებთან კონტაქტისათვის. ინფორმაცია ინტერნეტიდან განსაზღვრული ზომით მოქმედებს დიაგნოზზე, რომელსაც სვავს ექიმი და წამლების შერჩევაზე, რომლებსაც უწერენ თავიანთ პაციენტებს. უკვე 1999 წლისთვის ინტერნეტში იყო 15000 სამედიცინო ვებ-საიტი, რომლებიც მოიცავდნენ ყველა სამედიცინო სპეციალობებს. სამედიცინო საიტებზე ქვეყნდება მიმოხილვითი სამუშაოები ილუსტრაციებით და სხვა საცნობარო-სამედიცინო ინფორმაციებით. ტელემედიცინის გეგმაში ანუ როგორც ეძახიან ინტერნეტ-მედიცინა წარმოდგენილია კლინიკური შემთხვევებით, რათა მივიღოთ მსოფლიო სპეციალისტთა აზრები.

ამგვარი ტექნოლოგიის გამოყენებისას ინტერაქტიური გაზიარების შესაძლებლობები და გარკვეული იურიდიული საკითხები კონსულტანტთა ინდენტიფიკაციის მიმართებაში [60].

ინტერნეტის საშუალებით შეიძლება მოვახდინოთ პროცედურების და ოპერაციების ტრანსლიაცია საგანმანათლებლო დანიშნულებით, მაგრამ ინტერნეტი არ შეიძლება განვიხილოთ როგორც ძირითადი ფაზა უწყვეტი სწავლებისა, მაგრამ შეიძლება გამოვიყენოთ მისი შესაძლებლობები, როგორც შემადგენელი ნაწილი ამ პროცესებისა. სასურველი პირობები იქმნება მხოლოდ იმ შემთხვევაში თუ შეერთება არ ითხოვს ხანგრძლივ დროს, ანუ არსების არსებობისას, რომლებიც პასუხობენ საკმაოდ მაღალ მოთხოვნებს, რასაც შეესაბამება ბოჭკოვანი ან თანამგზავრული კავშირის სახეები [59].

ტელემედიცინა ინტერნეტ-ტექნოლოგიებით კავშირის შესაძლებლობას გვაძლევს რაციონალურად გამოვიყენოთ მედიცინის და ჯანდაცვის სამედიცინო და პრაქტიკული პოტენციალი.

2.4 ტელემედიცინის ქსელის სტანდარტები

სამედიცინო ინფორმაციის შეკრების, დამუშავების და ანალიზის კომპიუტერული სისტემები აუცილებელია დღეს ჯანდაცვის ყველა სტრუქტურაში. ამავე დროს ვიწრო, ლოკალური საკითხების გადაწყვეტაში, დაცვის სტანდარტული საშუალებების არ ქონა და სამედიცინო მონაცემთა გადაცემა ინფორმაციულ სივრცეში წარმოადგენს არსებით დაბრკოლებას ჯანდაცვის ეფექტური ინფორმაციისათვის. შედეგად წარმოიქმნება წინააღმდეგობა მუდმივად მზარდი საინფორმაციო მოთხოვნებისა და ჯანდაცვის საინფორმაციო უზრუნველყოფის დონეს შორის. დღეისათვის უნდა ითქვას, რომ დიდ როლს თამაშობს საინფორმაციო ტექნოლოგიების დანერგვის სფეროში სტანდარტიზაცია. ბოლო ათწლეულში სპეციალისტთა ძალისხმევა სამედიცინო ინფორმატიკის სფეროში ყურადღება გამახვილდა ორ საკითხზე: სამედიცინო ტერმინოლოგიების სტანდარტიზაცია და სამედიცინო მონაცემთა გადაცემის სტანდარტიზაციაზე.

ფუნქციონალური სტანდარტების კონცეფცია გულისხმობს მედიცინის შემდეგ ძირითად ამოცანებს:

1. სამედიცინო საინფორმაციო სისტემას, რომლის შემადგენლობაში უნდა შედიოდეს კომპონენტები დამუშავებული მხოლოდ ერთი წარმოების მიერ, შექმნა შეუძლებელია. ეს იმით აიხსნება, რომ დღეისათვის სამედიცინო ტექნიკის უდიდესი ნაწილი უკავშირდება კომპიუტერს თავისი პროგრამული უზრუნველყოფით. ამგვარ პროგრამებს ან არ გააჩნიათ შესაძლებლობა ურთიერთობა ჰქონდეთ სხვა კომპონენტებთან, ან შეუძლიათ ურთიერთობა რაღაც თავიანთი ფორმით, ან ექვემდებარებიან ამა თუ იმ სტანდარტს ინფორმაციათა გაცვლისა. ინფორმაციათა გაცვლის ერთიანი სტანდარტის დანერგვა საშუალებას მოგვცემს საინფორმაციო სამედიცინო სისტემის შიდა პრობლემების გადაწყვეტაში.
2. ამჟამად მთავრდება პერიოდი ავტომატური სამედიცინო სისტემებისა, რომლებიც იქმნება ავტომატურად ცალკეული სამედიცინო ქვედანაყოფებისაგან თავიანთი ამოცანების გადასატრედად. დგება სხვა პერიოდი – ეს არის პერიოდი ურთიერთმოქმედი კომპიუტერული სისტემებისა. სტანდარტები სამედიცინო საინფორმაციო ტექნოლოგიებში, საშუალებას გვაძლევს გავიზიაროთ ინფორმაცია არა მხოლოდ თავისი სისტემის შიგნით, არამედ სხვა, გარე სისტემებისგანაც. ეს უზრუნველყოფა ურთიერთმოქმედებს რეგიონალურ სამედიცინო დაწესებულებებთან, მსხვილ ცენტრებთან, ადგილობრივ და უცხოურ ცენტრებთან.
3. სტანდარტები უზრუნველყოფენ მედიცინაში თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიების დანერგვის გაადვილებას. პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც ექვემდებარება სტანდარტს ხელს შეუწყობს სამედიცინო დაწესებულებებს ჰქონდეთ საშუალება თანდათანობით დანერგონ საინფორმაციო სისტემები და დაწესებული ცალკეული განყოფილებებიდან და თანდათან შექმნან დიდი მასშტაბის სისტემები.

4. პროგრამული სწავლება, რომელიც ექვემდებარება სტანდარტს დიდხანს არ ძველდება. ადვილად მოდერნიზირდება და ახლდება, როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს მუშაობს უფრო სტაბილურად. ამავე დროს უფრო იაფია, ვინაიდან სტანდარტების შემოღება იწვევს კონკურენციის აღმავლობას პროგრამული უზრუნველყოფის ბაზაზე.

2.5 დისტანციური კონსულტაციებისათვის ტელესამედიცინო ქსელის კომპონენტები და სქემები

შორეული კონსულტაციების სისტემა გამოიყენება მაშინ, როცა გვინდა აღმოვუჩინოთ მაღალკვალიფიციური გადაუდებელი და გეგმიური სამედიცინო დახმარება პაციენტს, რომელიც გეოგრაფიულად დაშორებულია ექიმისგან. განსაკუთრებით აქტუალურია ამგვარი სისტემის გამოყენება მაშინ, როცა ექიმს საქმე აქვს ატიპიურად მიმდინარე ან ახალ დაავადებასთან. შორეული კონსულტაციის სისტემის მეშვეობით, რომელიც ინტერნეტით ხორციელდება შეიძლება დაუკავშირდე სპეციალისტ-კონსულტანტს დედამიწის ნებისმიერი წერტილიდან; აგრეთვე შეკრიბო ვირტუალური კონსილიუმი. უმარტივეს სახეობას შორეული კონსულტაციის წარმოადგენს კონტროლი და კონსულტაცია ექთანის მიერ სატელეფონო კავშირის საშუალებით. რთული ტელესამედიცინო სისტემა იყენებს ინტერაქტიურ ვიდეოს და აუდიოარხებს. ის შედგება სტანდარტული მაღალსიჩქარიანი სატელეფონო ხაზებისაგან, ციფრული საინფორმაციო ტექნოლოგიებისგან, კომპიუტერებისგან, პერიფერიული მოწყობილობებისგან, ბოჭკოვანი ოპტიკისგან, პროგრამული უზრუნველყოფისგან. შორეული კონსულტაციები შეიძლება მოხდეს როგორც რეალურ დროში (ვიდეოკონფერენციები ვიდეოტელეფონების გამოყენებით, და ISDN ა.შ.), აგრეთვე დაუსწრებლად (ტელეკონფერენციები, e-mail, FTP საშუალებით). შესაბამისად, ტელეკონსულტაციები იყოფა სინქრონულად და ასინქრონულად.

შორეული კონსულტაციების შაბლონური სისტემა (სისტემა 1) შედგება შემდეგი კომპონენტებისგან:

1. კონსულტანტის საბაზო სამუშაო სადგური;
2. კონსულტანტის დამხმარე ანალიტიკურ-საინფორმაციო კომპლექსი (ბიბლიოთეკები, ინტერნეტ რესურსი) გაშიფვრის სააპარატო-პროგრამული საშუალებები და დამატებითი გამოკვლევების ანალიზი;
3. აბონენტის საბაზო სამუშაო სადგური;
4. დიაგნოსტიკური აპარატურის კომპლექსი კომპიუტერში აბონენტის ინფორმაციის შესატანი მოწყობილობით;
5. კავშირგაბმულობის ხაზები (სატელეფონო კაბელი, თანამგზავრული კავშირი, რადიოკავშირი და ა.შ.);
6. ადამიანური ფაქტორი: ექიმი-აბონენტი, ექიმი-კონსულტანტი, პაციენტი, დამხმარე ექიმი, საშუალო სამედიცინო პერსონალი, ტექნიკური პერსონალი.

არსებობს უფრო გამარტივებული ვარიანტი შორეული კონსულტაციის სისტემისა, რომელიც გამოდგება მხოლოდ ასინქრონული კონსულტაციებისათვის.

ასეთი შაბლონური სისტემა (სისტემა 2) შედგება:

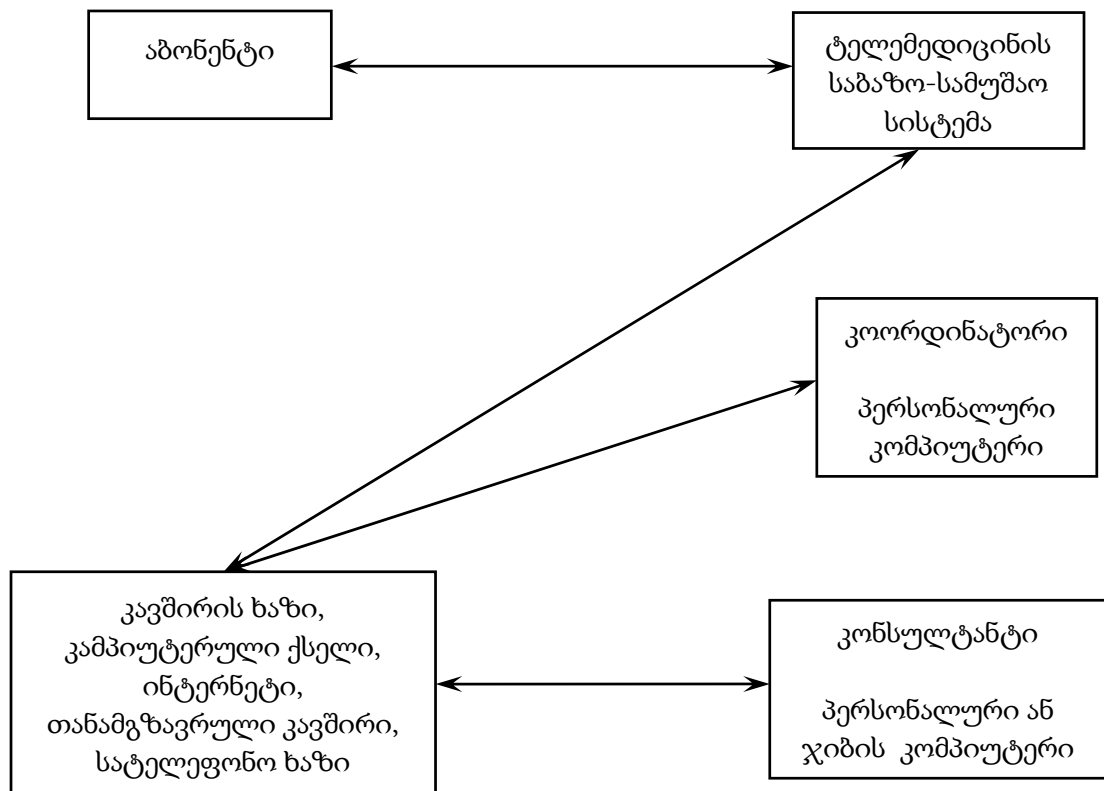
1. ინტერნეტ სერვისისგან;
2. მონაცემთა სპეციალიზირებული ბაზისგან;
3. ადამიანური ფაქტორისგან (ექიმ-კონსულტანტთა ჯგუფი, ექიმი-აბონენტებისგან და ტექნიკური პერსონალისგან).

ძირითადი შაბლონური სცენარი დისტანციური კონსულტაციის (სისტემა 1) არის შემდეგი:

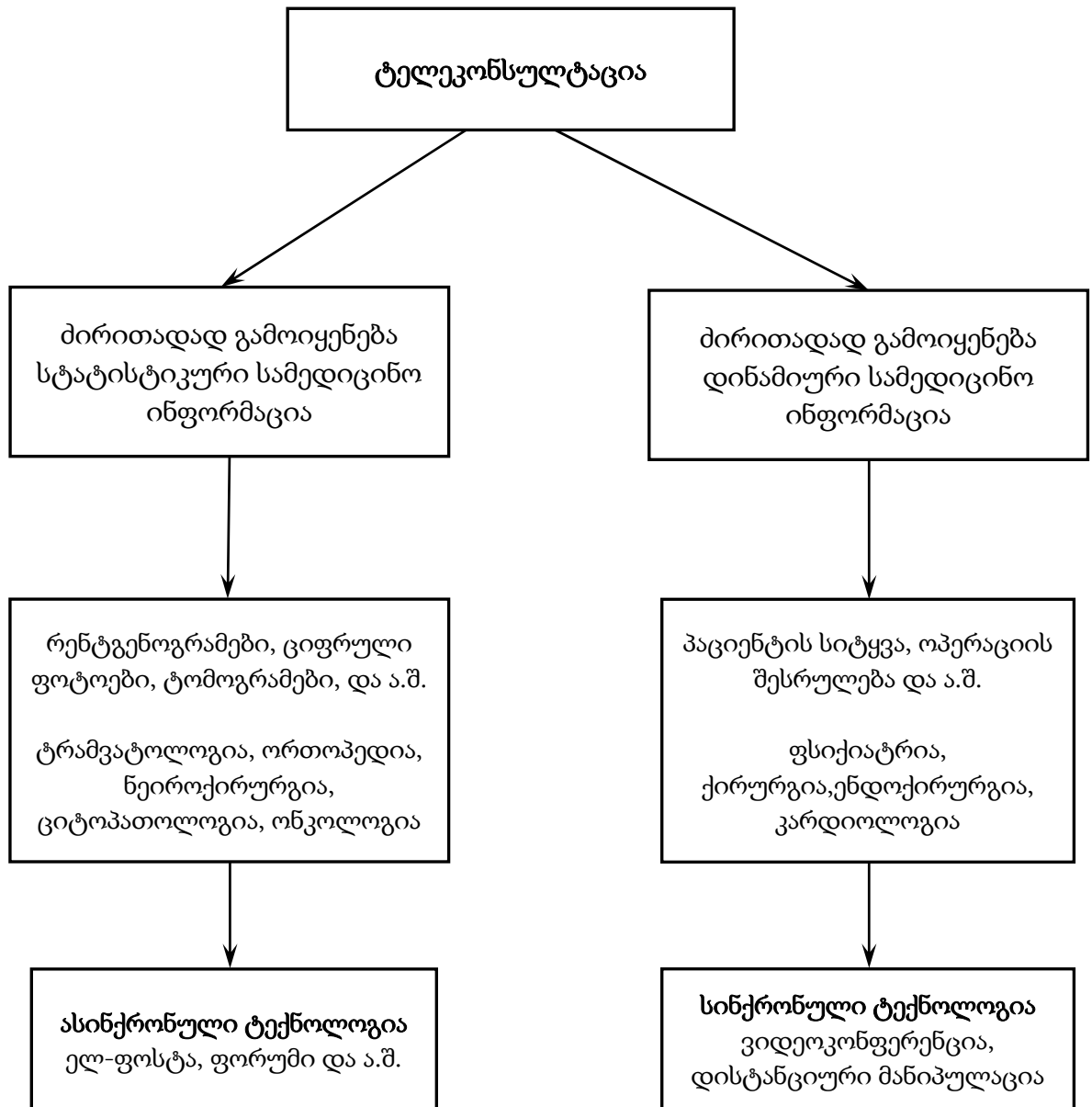
1. მოთხოვნა რათა ჩატარდეს სეანსი დისტანციური კონსულტაციის;
2. პაციენტის მონაცემების მომზადება საბაზო სამუშაო სისტემაში, ორგანიზებული ჯგუფი ფაილებისა ან ქსელური სერვისი დაკავშირებული საბაზო სამუშაო სისტემასთან.
3. ამ ფაილებთან მისაწვდომობა მომთხოვნი კონსულტანტის მიერ;
4. კონსულტანტის მიერ პაციენტის მონაცემების შესწავლა;
5. საკონსულტაციო დასკვნებისა და რეკომენდაციების გაგზავნა ან მონაცემების გაგზავნა მათი ქსელში ლოკალიზაციის შესახებ;

6. მიმართვა განმეორებითი კონსულტაციების ჩატარების შესახებ, ან განმეორებითი მიმართვა კონსულტანტისა პაციენტის მონაცემების განახლებით შეთანხმებულ ვადებში;
7. საჭიროების შემთხვევაში კონსულტაციები, ვიდეოკონფერენციების დანიშვნა.

ნახ.7-ზე წარმოდგენილია ტელეკონსულტირების სისტემის ტიპური სქემა. ნახ.8-ზე წარმოდგენილია ტელეკონსულტირების ტექნოლოგიის სქემების ვარიანტები.



ნახ.7. ტელეკონსულტირების სისტემის ტიპური სქემა



ნახ.8. ტელეკონსულტირების ტექნოლოგიის სქემების ვარიანტები

**თავი 3. ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელების
ეფექტურობის დამუშავებისა და შეფასების საკითხები**
3.1 ტელემედიცინის ქსელების ეფექტურობის კრიტერიუმები

კომპიუტერულ ქსელებში ძალიან მნიშვნელოვანია მწარმოებლურობის საკითხები. ეს განსაკუთრებით ეხება გაერთიანებულ ქსელებს, როდესაც მრავალი კომპიუტერი გაერთიანებულია ერთად, მათი ურთიერთქმედება ძალიან რთული და გაუთვალისწინებელი ხდება. ხშირად ამ სირთულეს მიყვავართ დაბალმწარმოებლურობამდე.

ნაშრომის ამ თავში განვიხილავ მთლიანად კომპიუტერული ქსელების მწარმოებლურობაზე მოქმედ მიზეზებს [17].

მწარმოებლურობის დაქვეითების ერთ-ერთ მიზეზს წარმოადგენს რესურსების დროებითი გადატვირთვით გამოწვეული შეფერხება. თუ უეცრად მიმართულების მიმცემზე მეტი გრაფიკი მოვა, ვიდრე მას შეუძლია დაამუშაოს იქმნება შეფერხება და მწარმოებლურობა მკვეთრად ეცემა.

მწარმოებლურობა მკვეთრად ეცემა, თუ სტრუქტურული დისბალანსი წარმოიშვება. მაგალითად, კავშირის გიგაბიტური ხაზი შეერთებულია კომპიუტერთან, რომელსაც არ შესწევს იმის უნარი, რომ საკმარისად სწრაფად დაამუშაოს შემოსული პაკეტები, ასე, რომ ზოგიერთი პაკეტი დაიკარგება. ეს პაკეტები განმეორებით გადაიცემა, რაც შეფერხების გაზრდამდე, გამშვებუნარიანობის არამწარმოებლურ გამოყენებამდე და საერთო მწარმოებლურობის დაქვეითებამდე მიგვიყვანს.

გადატვირთვა შესაძლოა წარმოიშვას ასევე სინქრონულადაც. მაგალითად, თუ პაკეტი შეიცავს არასწორ მისამართს, მაშინ მიმღები დააბრუნებს უკან შეცდომის შესახებ შეტყობინებას, რის შედეგადაც მოხდება განმეორებითი გადაცემა. თუ არასწორი პაკეტის გადაცემა ხდება ფართემაუწყებლობით, მაშინ, შესაბამისად, ეს გამოიწვევს შეტყობინებათა ზვავის მაგვარ ეფექტს შეცდომის შესახებ და განმეორებით გადაცემებს. ასეთივე ეფექტი ხდება ელექტროენერჯის

გამორთვისას, როდესაც კომპიუტერების გათიშვისას თითოეული მათგანი იწყებს სერვერისადმი მიმართვას.

სინქრონული დატვირთვის არარსებობისას და საკმარისი რესურსების არარსებობისასაც კი, ქსელის მწარმოებლურობა ქვეითდება არასწორი სისტემური აწყოების გამო. მაგალითად, კომპიუტერს შეიძლება ჰქონდეს მძლავრი პროცესორი და საკმარისი მეხსიერება, მაგრამ მას ბუფერის ქვეშ ცოტა ადგილი აქვს გამოყოფილი. ანალოგიურად, თუ შემოსული პაკეტების დამუშავების პროცესებს მინიჭებული აქვს არასაკმარისად მაღალი პრიორიტეტი, შესაძლოა ზოგიერთი პაკეტი დაიკარგოს. ასევე შეიძლება მწარმოებლურობაზე იქონიოს ზემოქმედება ტაიმერების მნიშვნელობების არასწორმა დაყენებამ.

გიგაბიტური ქსელების გამოჩენასთან ერთად ახალი პრობლემები გაჩნდა, რომელიც არსებში მუშაობის ძველებურად ორგანიზაციას ეხება, რაც არ ტვირთავს მაღალმწარმოებლურ არსებს მოძველებული ოქმების გამო. ასეთ შემთხვევებში გამშვებუნარიანობის ანალიზის დროს სასარგებლოა ყურადღების მიქცევა გამშვებუნარიანობის წარმოშობაზე და დაყოვნების დროზე. არხის გამშვებუნარიანობა (ბიტებში/წამში) მრავლდება ორივე ბოლოს სიგნალის გავლის დროზე (წმ.-ებში). შედეგად მიიღება არხის ტევადობა ბიტებში. ამის გამოყენება შეიძლება მაღალი გამშვებუნარიანობის მქონე არხის ჩატვირთვის შეფასების მიზნით. როგორც ავლნიშნე, ამ პრობლემას ადგილი აქვს ძველი ოქმების გამოყენებისას მაღალსიჩქარიან არხებში.

ვიდეო და აუდიო ტიპის დანართებთან მწარმოებლურობის კიდევ ერთი პრობლემაა დაკავშირებული, რომელთათვის დროებითი პარამეტრები არიან კრიტიკულები. არასაკმარისია აქ გადაცემის მოკლე საშუალო დროის უზრუნველყოფა. საჭიროა აგრეთვე მისი საშუალო ადეკვატური გადახრის პატარა მნიშვნელობის უზრუნველყოფა. ორივე მიზნის მისაღწევად არანაკლები საინჟინრო ძალისხმევაა საჭირო.

აღწერილი ქსელების ფუნქციონირების ხარისხი ფასდება ეფექტურობის მაჩვენებლების საშუალებით, ე.ი. მახასიათებლებით, რომლებიც განსაზღვრავენ სისტემის მოწყობილობის ხარისხს მასზე დაკისრებული ამოცანის გადასაწყვეტად [25].

ეფექტურობის მაჩვენებელმა ყველა ძირითადი თავისებურება, სისტემის თვისებები და მისი ფუნქციონირების პირობები უნდა გაითვალისწინოს, შედეგად კი, საერთო ჯამში დამოკიდებული იყოს სამუშაოს შესრულებაზე შესული განაცხადების დინების პარამეტრებზე, შესასრულებელი სამუშაოების მახასიათებლებზე, აპრატურული კომპლექსების სტრუქტურაზე, პარამეტრებზე და მონაცემთა გადაცემის ქსელებზე, აგრეთვე პარამეტრებზე, რომლებიც სისტემაზე გარე გარემოს ზემოქმედებას ახასიათებენ. ამასთანავე ეფექტურობის მაჩვენებელი განისაზღვრება სისტემის ფუნქციონირების პროცესით, ე.ი. ფუნქციონირების პროცესებისგან შედეგად ისე, რომ ფუნქციონირების მრავალი პროცესი, რომლებიც სამუშაოს პირობებითა და რეჟიმებით განსხვავდება, აისახება ეფექტურობის მაჩვენებლის მრავალ მნიშვნელობაზე [26].

ასეთი სახით, ქსელის ფუნქციონირების ეფექტურობის მაჩვენებელი საერთო ჯამში შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ზოგიერთი დამოკიდებულების სახით:

$$F = F(\Lambda, M, S, V) \quad (1)$$

სადაც Λ – სამუშაოს შესრულებაზე სისტემაში განაცხადების დინების მრავალი პარამეტრია (სხვადასხვა კლასის განაცხადების დინების შემადგენელი რიცხვი და ინტენსივობა, სხვადასხვა განაცხადის მიღების მომენტებს შორის დროის ინტერვალების განაწილების კანონების ტიპები და პარამეტრები, სხვადასხვა აბონენტისთვის პასუხის დალოდების დასაშვები დრო და ა.შ.); M – შესაბამისი კლასების განაცხადების რეალიზაციასთან დაკავშირებული ცალკე საინფორმაციო სამუშაოს დამახასიათებელი მრავალი პარამეტრი, და ამ სამუშაოების შესასრულებლად სისტემის რესურსების საჭირო დანახარჯის განმსაზღვრელი (მეხსიერების დანახარჯები, პროცესორისა და გარე მოწყობილობათა დრო, მონაცემთა გადაცემის არხებისა და ა.შ.); S – ქსელის სტრუქტურების განმსაზღვრელი სისტემური პარამეტრების სიმრავლე, მონაცემთა, ცალკეული კომპლექსის გადაცემის სისტემა, სისტემის ტექნიკური და პროგრამულ საშუალებათა დახასიათება, სისტემაში საინფორმაციო პროცესების მართვის ალგორითმები და ა.შ., V – გარე ფაქტორების

ზემოქმედებით სისტემის კომპონენტების წყობიდან გამოსვლის საშუალებით გარე გარემოს ზემოქმედების დამახასიათებელი მრავალი პარამეტრი, რომელიც ახასიათებს გარე გარემოს ზემოქმედებას დავალების დინების წყობიდან გამოსვლის საშუალებით გარე ფაქტორების ზემოქმედების ქვეშ.

თავის მხრივ ქსელის ფუნქციონირება დაკავშირებულია ურთიერთმოქმედი პროცესების გადაცემის თავმოყრის რეალიზაციასთან და ინფორმაციის დამუშავებასთან. ე.ი. განსაზღვრება ურთიერთმოქმედი საინფორმაციო პროცესების თავმოყრა. ამასთანავე მრავალი ელემენტი Λ და M 3.1.-დან საშუალებას იძლევა განსაზღვროს იზოლირებულად განხილული ცალკეული საინფორმაციო პროცესის თითოეული დავალებული S პარამეტრი, S და V ელემენტები შეიძლება გამოყენებული იქნას რეალურ სისტემაში ერთობლივი რეალიზაციისას საინფორმაციო პროცესების ურთიერთმოქმედების დახასიათებისათვის. აქედან გამომდინარეობს, რომ ქსელის ფუნქციონირების ხარისხის შეფასება შეიძლება დაყვანილი იქნას მთლიანად სისტემაში საინფორმაციო პროცესების ორგანიზაციის ხარისხის შეფასებამდე.

შემთხვევითი პროცესების ზემოქმედების პირობებში მომუშავე რთული სისტემების ფუნქციონირების ეფექტურობის მაჩვენებლების არჩევისას, ჩვეულებრივად იყენებენ შესაბამისი ფუნქციონალების საშუალო მნიშვნელობებს ან ზოგიერთი შემთხვევითი მოვლენების ალბათობებს. ქსელისთვის ასეთი სიდიდეები შეიძლება იყოს: საინფორმაციო სამუშაოების ზოგიერთი აკრეფის რეალიზაციის საშუალო დრო, განსაზღვრული სისტემაში პროცესების მართვის თავმოყრით განსაზღვრული; ზოგიერთი კლასის განაცხადებზე სისტემის რეაქციის საშუალო დრო, ათვლილი, მაგალითად, სისტემაში განაცხადის შემოსვლის მომენტიდან აბონენტის მიერ საინფორმაციო სამუშაოების შედეგის მიღების მომენტამდე (ამ სიდიდეს ზოგჯერ ინფორმაციის აბონენტამდე მისვლის დროს უწოდებენ, განსაკუთრებით, როდესაც განაცხადის წყარო და საინფორმაციო სამუშაოების შედეგების მიმღები არ ემთხვევა); დროში განსაზღვრული ინფორმაციის მისვლის ალბათობა, რომელიც არ აღემატება დავალებულს და ა.შ. მითითებული მაჩვენებლები ადვილად ინტერპრეტირდება საინფორმაციო

პროცესების ცნებებში. სინამდვილეში სისტემის რეაქციის საშუალო დრო არის სხვა არაფერი, თუ არა შესაბამისი საინფორმაციო პროცესის რეალიზაციის საშუალო დრო, გამოთვლილი დაბრკოლების დათვლით, რომლებიც სხვა საინფორმაციო პროცესებთან ურთიერთმოქმედების შედეგად წარმოიშვება; ანალოგიურად საინფორმაციო სამუშაოების დავალებული აკრეფის შესრულების საშუალო დრო განისაზღვრება საინფორმაციო პროცესების შესაბამისი აკრეფის რეალიზაციის საშუალო დროის დათვლის გზით, რომელშიც სისტემაში განაცხადების შემოსვლის მომენტები ასახავენ მართვის პროცესების მოთხოვნებს; დროის მოცემულ ინტერვალში ინფორმაციის მიწოდების ალბათობა გათვლილია შესაბამისი საინფორმაციო პროცესების დროის რეალიზაციის ზოგიერთი სტატისტიკის საფუძველზე [27].

ქსელების ფუნქციონირების ხარისხის შეფასებისას იყენებენ მაჩვენებლებს, რომლებიც არ წარმოადგენენ ეფექტურობის მაჩვენებლებს, არამედ ახასიათებენ სისტემის ელემენტების გამოყენების ხარისხს (მაგალითად, ცალკეულ კომპლექსებს, მიმართულების მიმცემს, მონაცემთა გადაცემის არხებს) და სხვა თვისებებს. ასეთი მაჩვენებელი შეიძლება გამოსახული იყოს გაზომვის ვექტორის სახით N (სადაც N – სისტემის შესაფასებელი ელემენტების რიცხვია), რომელთა კომპონენტები ახასიათებენ ცალკეული ელემენტების დატვირთვას და გამოითვლება, მაგალითად, როგორც ელემენტების დაკავებულობის ჯამური დროის დამოკიდებულებით ამ ინტერვალის ხანგრძლივობისადმი დროის გარკვეული ინტერვალის მანძილზე. მითითებული მაჩვენებელი საკმაოდ მოსახერხებელია სისტემის ანალიზისას ვიწრო ადგილების გამოსაგლენად და სისტემაში სამუშაო დატვირთვის გადანაწილებისათვის მაჩვენებლების გამოსაძებნად. გამოთვლითი კომპლექსების დონეზე საინფორმაციო პროცესების კვლევა დაკავშირებულია ისეთი მაჩვენებლის შეყვანასთან, როგორცაა კომპლექსის გამშვებუნარიანობა, განსაზღვრული საინფორმაციო სამუშაოს განაცხადების საშუალო რიცხვით, რომელთა მომსახურება გამოთვლით კომპლექსს დროის ერთეულში შეუძლია. საერთო კომპეტენციის ჩარჩოებში, დაკავშირებული საინფორმაციო პროცესების

ერთობლიობის განსაზღვრასთან და განხილვასთან, მსგავსი მაჩვენებლები გათვლილია საინფორმაციო პროცესების მოცემული ერთობლიობის ანალიზის შედეგებზე და საინფორმაციო პროცესების მართვის ალგორითმებზე, რაც ქსელის თითოეული ელემენტის გამოყენებაზე მოთხოვნების ნაკადის განსაზღვრის საშუალებას გვაძლევს, შედეგად კი, მისი დატვირთვის გამოთვლის, გამშვებუნარიანობის და ა.შ.

რთული სისტემებისათვის, რომელთაც მიეკუთვნებათ ტელემედიცინის განაწილებული ქსელები, პრაქტიკულად შეუძლებელია ეფექტურობის ერთადერთი მაჩვენებლის გამოყოფა, რომელიც მომხმარებლისათვის საინტერესო სისტემის ფუნქციონირების ასპექტების დახასიათების საშუალებს იძლევა. ამიტომ განიხილავენ ეფექტურობის მაჩვენებლების ზოგიერთ ერთობლიობას, რომელთაგან თითოეული ახასიათებს სისტემით ზოგიერთი კერძო მიზნის მიღწევის ხარისხს. ამასთანავე კერძო მიზნები და ეფექტურობის შესაბამისი მაჩვენებლები შეთანხმებული უნდა იყოს სისტემურ გეგმაში, ე.ი. კერძო მიზნის მიღწევამ ხელი უნდა შეუწყოს სისტემის ძირითადი ამოცანის შესრულებას. ზემოთ აღნიშნულის ანალოგიურად შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ ნებისმიერი კერძო მაჩვენებელი, ქსელის ფუნქციონირების ზოგიერთი ასპექტის მახასიათებლად მყოფი, შეიძლება გათვლილი იყოს საინფორმაციო პროცესების ურთიერთმოქმედი ერთობლიობის ანალიზის შედეგების მიხედვით, რომლებიც ასახავენ სისტემის ფუნქციონირების პროცესს.

3.2. ვიდეოკონფერენციების ორგანიზაციის და ჩატარების ამოცანები

შეიძლება სისტემების მწარმოებლურობის პროექტირების შემდეგი საერთო რეკომენდაციების მოყვანა.

პირველ რიგში, აუცილებელია იმის აღნიშვნა, რომ ქსელის მწარმოებლურობის ამადლებაში ცენტრალური პროცესორის სიჩქარე არანაკლებ მნიშვნელოვან როლს თამაშობს. ქსელის სიჩქარეზე უფრო

მნიშვნელოვანია პროცესორის სიჩქარე. ოპერაციული სისტემის ზედნადები გასაგლები და პროტოკოლები შეადგენენ ქსელური ოპერაციის დაყოვნების ძირითად დროს. პროცესორის მწარმოებლურობის გაორმაგებამ ხშირად არხის გამშვებუნარიანობის გაორმაგებასთან შეიძლება მიგვიყვანოს [34].

თითოეული პაკეტის დამუშავება იწვევს დიდ ზედნადებ გასაგლებს, რომლებიც დაკავშირებულია სათაურის დამუშავებასთან და განსაზღვრული დანახარჯები მიდის ბაიტების დამუშავებაზე. ზედნადები გასაგლების გარდა პაკეტების სათაურის დამუშავება იწვევს პროცესორის შეწყვეტას, რაც RISK-პროცესორებში არღვევს მუშაობის კონვეიერს, აქვეითებს ქეშის მუშაობის ეფექტურობას, ითხოვს მეხსიერებით მართვის მუშაობის კონტექსტის შეცვლას და სტეკში პროცესორის რეგისტრების მნიშვნელოვან რიცხვს. შეიძლება დასკვნის გაკეთება, რომ პროცესორების შესაკვცად და პროგრამული გასაგლისთვის საჭიროა პაკეტების რაოდენობის შეკვეცა.

მწარმოებლურობის დაქვეითებაში დიდ როლს თამაშობს კონტექსტის გადართვა (ბირთვის რეჟიმიდან მომხმარებლის რეჟიმში და პირიქით), რომლებიც წყვეტების მსგავსად, ფლობენ რიგ უსიამოვნო თვისებებს. მათში ყველაზე უსიამოვნოა – ქეშის დაკარგვა. კონტექსტის გადართვის რაოდენობა შეიძლება შეკვეცილი იყოს პროცედურებით გამოწვეული მონაცემთა შინაგანი ბუფერირებისას. ანალოგიურად, საჭიროა მიმღებ გვერდზე ერთად შეგროვდეს პატარა პაკეტები და ერთჯერადად გადაეცეს მომხმარებელს, კონტექსტის გადართვის რაოდენობის მინიმიზირებით [33].

კოპირების ოპერაციების რაოდენობის შეკვეცაც დადებითად ზემოქმედებს ქსელის მწარმოებლურობაზე. მიღებული პაკეტი ხშირად გადაიღება სამ ან ოთხჯერად ასლად, ვიდრე პაკეტში შემცველი მოდული მომხმარებლისთვის არ იქნება მიწოდებული. პაკეტი ჯერ ქსელური ინტერფეისით მიიღება სპეციალურ აპარატულ ბუფერში, მდებარე ქსელურ რუკაზე. შემდეგ პაკეტს გადაეღება ასლი ბირთვის სისტემურ ბუფერში, საიდანაც მას გადაეღება ასლი ქსელურ დონეზე. შემდეგ კი სატრანსპორტო დონის ბუფერში, და საბოლოოდ მიეწოდება

მიმდებს. სწორად აგებულ ოპერაციულ სისტემაში მონაცემებს გადაელება ასლი სათითაო სამანქანე ციკლით.

შეიძლება განსაზღვრული წესების მოყვანა, რომლებიც განსაზღვრავენ გამშვებუნარიანობისა და დაყოვნების მიმართ მდგომარეობას. პირველ რიგში, მაღალი გამშვებუნარიანობის უბრალოდ ყიდვა. მეორე – პარალელური არხის გამოყენების გზით, გამშვებუნარიანობა გაორმაგდება, მაგრამ ამის გამო დაყოვნების დრო ნაკლები არ გახდება. დაყოვნება რომ დაქვეითდეს, საჭიროა პროტოკოლის, ოპერაციული სისტემის ან ქსელური ინტერფეისის პროგრამული უზრუნველყოფის გაუმჯობესება.

დატვირთვის მიმართ შეიძლება ითქვას, რომ კომპიუტერული ქსელის შემთხვევაში უკეთესია გადატვირთვის თავიდან აცილება, რათა ვებრძოლოთ უკვე წარმოშობილ გადატვირთვას. როდესაც ქსელში წარმოიშვება შეფერხება, პაკეტები იკარგება, გამშვებუნარიანობა ტყუილუბრალოდ იხარჯება, იზრდება დაყოვნებები. გადატვირთვისგან აღდგენის პროცესი დროს და მოთმინებას მოითხოვს. გაცილებით მეტად ეფექტურ სტრატეგიას წარმოადგენს გადატვირთვის თავიდან აცილება. ამისათვის საჭიროა ტაიმ-აუტების თავიდან აცილება. აუცილებელია ქსელში ტაიმერები, მაგრამ საჭიროა მათი გამოყენება მოხდეს ზომიერად და ტაიმ-აუტების რაოდენობის მინიმიზირება. როდესაც მოქმედებს ტაიმერი, ჩვეულებრივად მეორდება რაღაც მოქმედება. თუ ამ მოქმედების გამეორება აუცილებელია, საჭიროა მისი განმეორება, მაგრამ მოქმედების განმეორება ყოველგვარი საჭიროების გარეშე – ნიშნავს მფლანგველობას. ტაიმერების ზედმეტი მუშაობის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა დაყენდეს გონიერ ზღვარზე – პატარა მარაგით, რამდენადაც ტაიმერის დიდმა ინტერვალმა შეიძლება გამოიწვიოს პაკეტის დაკარგვა. ტაიმერის ნაადრევი ამოქმედება კი ხარჯავს პროცესორის დროს [34].

ვიდეოკონფერენციის ორგანიზაციისას და ჩატარებისას საჭიროა შემდეგი ძირითადი მოთხოვნის გათვალისწინება: ვიდეოკონფერენციის ქსელით საჭიროა ვიდეოინფორმაციის გადაცემა რეალურ დროში. ამავე დროს საჭიროა ვიდეოინფორმაციის სირთულის გათვალისწინება, რომელიც ტექსტურ, ბგერით ინფორმაციას, გამოსახულებას – მოძრავს

და უძრავს მოიცავს. ამ თვისებიდან გამომდინარეობენ ვიდეოფაილების დიდი ზომები. ცნობილია ვიდეოინფორმაციის გადაცემის სხვა მოთხოვნები, მაგრამ მათგან მთავარია კადრების სიხშირე. ამ დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს არა მხოლოდ კადრების სიხშირეს, რომელთანაც ერთად გადაიცემა გამოსახულება ან ფილმი, არამედ ეკრანის ზომასაც, რომელზედაც საჭიროა ინფორმაციის ასახვა. ამასთანავე ინფორმაციის მოცულობები იზრდება ვიდეოკონფერენციის მონაწილეთა რაოდენობის მიხედვით, რამდენადაც ინფორმაციის დინებები საჭიროა გადაიცეს ვიდეოკონფერენციის ყველა მონაწილის აპარატურაზე.

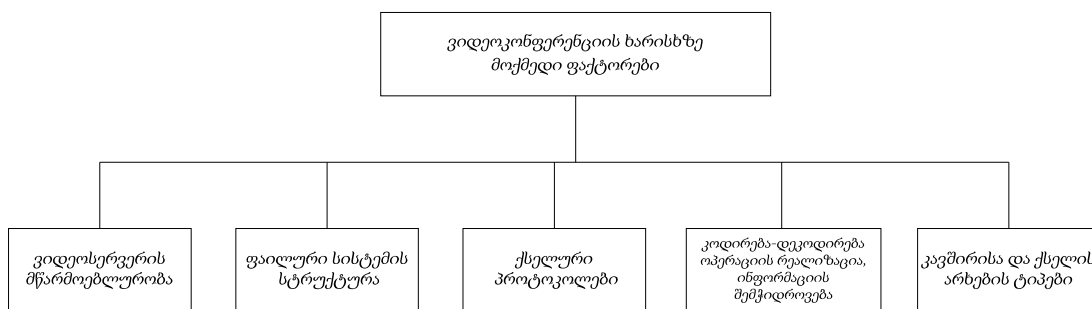
ყველა მითითებული გარემოება თავის მხრივ წარადგენს ქსელის მიმართ განსაზღვრულ მოთხოვნებს. ამ მიზნით მნიშვნელოვანი ხდება იმ პარამეტრების განსაზღვრა, რომლებიც უმეტეს წილად ასახავენ ვიდეოკონფერენციის ჩატარების ხარისხს, დონეს და იმ ფაქტორებს, რომლებიც მეტად ზემოქმედებენ მათზე.

პირველ რიგში, აუცილებელია ვიდეოკონფერენციის ქსელის ძირითადი პარამეტრებისა და დახასიათებების განსაზღვრა, რომლებიც გათვალისწინებული უნდა იყოს ვიდეოკონფერენციის ქსელების შექმნისას განსაზღვრული ხარისხის უზრუნველყოფისათვის. არსებობს უამრავი პარამეტრი, რომლებითაც შეიძლება შეფასებული იქნას კომპიუტერული ქსელის ხარისხი. აქ შეიძლება ჩამოითვალოს: ქსელის მწარმოებლურობა (ხასიათდება ისეთი მახასიათებლებით, როგორცაა რეაქციის დრო, გამშვებუნარიანობა, დაყოვნება), სანდობა (ხასიათდება მზაობის კოეფიციენტით და უარმდგრადობით), უსაფრთხოება, შეთავსებადობა, მმართველობა, გაფართოებულობა და მაშტაბურობა [59].

ვიდეოკონფერენციის ქსელების შეფასებისათვის შეიძლება აირჩეს მწარმოებლურობის შემდეგი ძირითადი მახასიათებლები, როგორც გამშვებუნარიანობა, დაყოვნება და სანდობა. ამა თუ იმ პარამეტრის მნიშვნელობა შეიძლება იცვლებოდეს ვიდეოკონფერენციის სხვადასხვა ტიპებისათვის. მაგალითად, გამშვებუნარიანობას წარუდგენენ სხვადასხვა მოთხოვნებს სტუდიური, ჯგუფური და პერსონალური ვიდეოკონფერენციები. მაქსიმალურ გამშვებუნარიანობას ითხოვს

სტუდიური ვიდეოკონფერენცია, ამ დროს პერსონალური ვიდეოკონფერენციები არ ითხოვენ გამშვებ ფართო ზოლს, ჯგუფური ვიდეოკონფერენციები კი საჭიროა უზრუნველყოთ ისეთი გამშვებუნარიანობით, რომელიც დამოკიდებულია ვიდეოკონფერენციის მოთხოვნილ ხარისხზე. შეიძლება დავამატოთ, რომ მთელ რიგ შემთხვევაში აუცილებელი დახასიათება ხდება უსაფრთხოება, მაგალითად, ტელემედიცინის ქსელში ვიდეოკონფერენციის ჩატარების შემთხვევაში კონფიდენციალური უნდა იყოს ინფორმაცია ავადმყოფზე, მის დაავადებაზე, მკურნალ ექიმზე და ა.შ.

ვიდეოკონფერენციის მოთხოვნილი დონის მიღწევამდე აუცილებელი ხდება განსაზღვრული დონისძიებების ჩატარება მითითებული მაჩვენებლების აუცილებელი დონის უზრუნველყოფის მიზნით. შეიძლება დავასახელოთ ვიდეოკონფერენციის ხარისხზე მოქმედი უამრავი ფაქტორი (ნახ.9).



ნახ.9. ვიდეოკონფერენციის ხარისხზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორები

პირველ რიგში საჭიროა ავღნიშნოთ, რომ ვიდეოკონფერენციის ქსელის მწარმოებლურობისათვის უზარმაზარი მნიშვნელობა აქვს ვიდეოსერვერის მწარმოებლურობას, რამდენადაც მასზე დაკისრებულია ქსელის დინების მართვის პასუხისმგებლობა, მან უნდა გადაწყვიტოს ინფორმაციის კოდირება-დეკოდირების ამოცანა და მისი შემჭიდროვება, კლიენტების აპარატურაზე კადრების გადაცემის მართვა. აქ გადამწყვეტია ისეთი საკითხები, როგორიცაა ვიდეო-სერვერის მუშაობის

ალგორითმის ეფექტურობა, ბუფერებთან მუშაობა, მისი დისკებისა და ქსელური ოპერაციების ორგანიზაცია [20].

დიდი მნიშვნელობა აქვს სტრუქტურისა და ფორმატების მულტიმედია-ფაილების არჩევას. არანაკლები მნიშვნელობა აქვს კოდირება-დეკოდირების ალგორითმს იმაზეც, როგორი სახითაა ეს ოპერაციები რეალიზებული – პროგრამულია თუ პროგრამულ-აპარატული გზით [57].

პროგრამულ გადაწყვეტაში იგულისხმება ვიდეო და აუდიო-კოდირებისა და დეკოდირების პროცესის რეალიზაცია პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით, რომელიც იყენებს კომპიუტერის მხოლოდ ცენტრალურ პროცესორს. პროგრამულ-აპარატული გადაწყვეტილებები კოდირება/დეკოდირების მძლავრი სპეციალიზირებული პროცესორების გამოყენებაზეა დაფუძნებული. პროგრამული რეალიზაციის ღირებულება ნაკლებია, ვიდრე აპარატულის, და ისინი შეიძლება დაყენებული იყოს პრაქტიკულად ნებისმიერ თანამედროვე პერსონალურ კომპიუტერზე, რომელთაც აქვთ ხმის პლატა და ვიდეო-მხარდაჭერის შესაძლებლობა, მაგრამ მათში საჭირო ვიდეო ხარისხის მიღწევა არ ხერხდება. საქმე იმაშია, რომ ვიდეო-დინების კოდირება წარადგენს ტერმინალის გამოთვლითი რესურსების მიმართ მაღალ მოთხოვნებს. პროცესორის მაღალი სიმძლავრეც კი უძლურია უზრუნველყოს ვიდეოკონფერენციის სიგნალების ხარისხიანი კოდირება და დეკოდირება. ამ სიტუაციიდან გამოსასვლელად კოდირების პროცესზე განსაზღვრული შეზღუდვების შეტანაა საჭირო, რაც საერთოდ, ზემოქმედებს ვიდეოკონფერენციის ხარისხზე. უფრო მაღალი დონე უზრუნველყოფს აპარატულ-პროგრამულ რეალიზებებს, რომლებსაც კოდეკებს უწოდებენ.

ძალიან მნიშვნელოვანია ინფორმაციის შემჭიდროვება, რამდენადაც ქსელით გადაიცემა ვიდეოინფორმაცია, რომელიც ინფორმაციისა და ფაილების უზარმაზარი მოცულობებით ხასიათდება. ამიტომ შემჭიდროვების მეთოდის შერჩევა ძლიერად ზემოქმედებს გადასაცემი ინფორმაციის მოცულობაზე. ცნობილია სხვადასხვა სტანდარტი აუდიო-ინფორმაციის, გამოსახულებების – მოძრავის და უძრავის

შემჭიდროვებისათვის სხვადასხვა სტანდარტი, რომლებიც საშუალებას იძლევა გამშვებუნარიანობის დასაშვები დონის უზრუნველყოფის [34].

ქსელით გადასაცემი ინფორმაციის დიდ მოცულობებთან დაკავშირებით არანაკლებ მნიშვნელოვანია კავშირის ტიპისა და არხების შერჩევა, რომლებიც ფლობენ თავის საკუთარ გამშვებუნარიანობას.

სატელეფონო არხები ჩვეულებრივად ბრწყინვალედ შეესაბამება აუდიო-სიგნალების გადაცემას, მაგრამ ვიდეო-დინების ხარისხიან გადაცემას ისინი ვერ უზრუნველყოფენ. ვიდეოკონფერენციის ჩასატარებლად ჩვეულებრივად გამოიყენება ხაზები გამშვები ზოლით 128 კბიტ/წ - დან 512 კბიტ/წ - მდე კონფერენციების ISDN ქსელებისთვის და 1-1,5 მბიტ/წ-მდე IP - ქსელებისთვის, მაგრამ გასათვალისწინებელია, რომ ვიდეო გამოსახულების მისაღები ხარისხი მიიღება 200 კბიტ/წ სიჩქარის დროს, კარგ სისტემებში კი მაღალხარისხიანი გამოსახულება მიიღწევა დაახლოებით 300 კბიტ/წ და მეტი სიჩქარისას.

რაც შეეხება ქსელის ტიპს, შეიძლება ავლნიშნოთ შემდეგი: ISDN - ქსელები უფრო ძვირია, მაგრამ იძლევა მაღალ სანდობას, სწრაფ შეერთებას და გარანტირებულ ხარისხს. IP - ქსელები ხასიათდება მისაღები ფასით, მაგრამ პერიოდულად შეიძლება აღინიშნებოდეს გამოსახულების ხარისხის გაუარესება და საჭიროა უფრო მაღალი გამშვებუნარიანობა, რამდენადაც გადაიცემა დიდი რაოდენობის დამატებითი სამსახურებრივი ინფორმაცია. მეტად ოპტიმალურ სწრაფმოქმედ დონეს წარმოადგენს ლოკალური ქსელი, მაგრამ სწრაფქმედობის მქონე ლოკალური ქსელის გამოსაყენებლად, იგი ვიდეოკონფერენციისათვის სრულიად გამოყოფილი უდა იყოს. ჯერ კიდევ არსებობს ვიდეოკონფერენციის სხვადასხვა სახის ქსელების კორექტული შეერთების პრობლემა.

ქსელური პროგრამული უზრუნველყოფის შერჩევისას საჭიროა იმის გათვალისწინება, რომ ის პროტოკოლები, რომლებიც ჩვეულებრივად გამოიყენება ქსელებში, არ უზრუნველყოფენ

ვიდეოკონფერენციის ჩატარებას. კერძოდ, ეს შეიძლება ითქვას TCP პროტოკოლზე.

მოცემული პროტოკოლი არ შეიძლება გამოყენებული იქნას რეალური დროის დანართებისთვის შემდეგი მიზეზების გამო:

1. TCP პროტოკოლი მხოლოდ ბოლო ორ წერტილს შორის შეერთების დაყენების საშუალებას იძლევა, შედეგად, იგი არ შეეფერება მრავალმისამართიან გადაცემას;
2. TCP პროტოკოლი ითვალისწინებს დაკარგული კადრების განმეორებით გადაცემას, რომლებიც მოდიან, როდესაც რეალური დროის დანართი მათ უკვე აღარ ელის;
3. მოცემულ პროტოკოლს არა აქვს მოსახერხებელი მექანიზმი ინფორმაციის მისაბმელად კადრებთან სინქრონიზაციის შესახებ, რაც წარმოადგენს რეალური დროის დანართების დამატებით მოთხოვნას.

ფართოდ გამოყენებულ პროტოკოლს – UDP – არა აქვს TCP შეზღუდვების ნაწილები, მაგრამ ისიც არ წარმოადგენს სინქრონიზაციის შესახებ კრიტიკულ ინფორმაციას. ამიტომ წარმოიშევა ქსელური პროგრამული უზრუნველყოფის სწორი შერჩევის საკითხი. ამ ამოცანის გადასაწყვეტად მოწოდებულია რეალური დროის სხვა სატრანსპორტო პროტოკოლი – RTP (Real Time Transport Protocol). მოცემული პროტოკოლი ერთ ან რამოდენიმე მისამართზე მოცემული ზღვარით შეფერხებით მონაცემთა მიწოდების გარანტიას იძლევა, ე.ი. მონაცემები შეიძლება იყოს განახლებული რეალურ დროში.

პროტოკოლი RTP გამოიყენება მხოლოდ სამომხმარებლო მონაცემთა გადასაცემად. RTP პროტოკოლთან ერთად მუშაობს RTCP (Real Time Transport Protocol) პროტოკოლი, რომლის ძირითადი ამოცანა მდგომარეობს RTP გადაცემების მართვაში. მითითებული პროტოკოლი ასრულებს რამოდენიმე ფუნქციას:

- მომსახურების ხარისხის უზრუნველყოფა და კონტროლი და უკუკავშირი გადატვირთვის შემთხვევაში;
- გამგზავნის იდენტიფიკაცია;
- სენსის ზომების შეფასება და მასშტაბირება.

3.3. ტელემედიცინის ქსელების პროექტირებაში მასობრივი მომსახურების სისტემის გამოყენება

ტელემედიცინის ქსელების პროექტირებისას და შექმნისას აუცილებელია რიგი ამოცანების და პრობლემის გადაწყვეტა.

ძირითადი საკითხები, რომელთა გადაწყვეტა აუცილებელია, მდგომარეობს შემდეგში:

1. სამსახურის სტრუქტურის განსაზღვრა, რომელიც უნდა მოიცავდეს:

- ტელემედიცინის ქსელის ცენტრი (ცენტრი, რომელიც ფორმირდება უშუალოდ წამყვანი სამედიცინო ცენტრის შემადგენლობაში);
- ტელემედიცინის ქსელის სადისპეტჩერო ცენტრი (სადისპეტჩერო პუნქტი, სადაც მუდმივად მორიგეობენ მაღალკვალიფიციური ექიმები, და რომლის პერსონალი ასრულებს სპეციალისტების მონაწილეობით ვიდეოკონფერენციებისა და კონსილიუმების ორგანიზაციის, მომზადებისა და ჩატარების ამოცანებს, რომლებიც იმყოფებიან სამკურნალო დაწესებულებების ტელემედიცინის პუნქტებში);
- ტელემედიცინის ქსელის კაბინეტი (ტელემედიცინის სამუშაო სადგური ციფრული დიაგნოსტიკური მოწყობილობების გაფართოებული კომპლექტით და ტექნიკურ საშუალებათა აწყობით ფართოფორმატიანი ვიდეოკონფერენციის ჩასატარებლად);
- ტელემედიცინის ქსელის პუნქტი (მოწყობილობის გამარტივებული კომპლექტი ტელესკრინინგისთვის – აწყობა, გაციფრინება, და პირველადი დიაგნოსტიკური ინფორმაციის გაგზავნა კურირებულ სამკურნალო დაწესებულებაში);
- ტელემედიცინის ქსელის სამუშაო სადგურები (აპარატული და პროგრამული უზრუნველყოფის კომპლექსი, რომელიც წარმოადგენს სპეციალისტის მრავალპროფილიან და მრავალამოცანიან სამუშაო ადგილს მონაცემების შეყვანის, დამუშავების, გარდაქმნის, გამოყვანის, კლინიკური სამედიცინო ინფორმაციის საყოველთაოდ მისაღები სახეების კლასიფიკაციისა

და დაარქივების და ტელემედიცინის პროცედურების ჩატარების შესაძლებლობებით, როგორც წესი, ცენტრის შიგნით მყოფი);

– ამოღებული ტელემედიცინის ქსელის სამუშაო სადგურები (ცენტრის გარე მყოფი);

2. განისაზღვროს ტელემედიცინის ქსელის რომელი მომსახურებების აღმოჩენა იგეგმება და ტელემედიცინის რომელი ღონისძიების ჩატარება იგეგმება შესაქმნელ ტელემედიცინის ქსელის ცენტრში;

3. განისაზღვროს ორგანიზაციების სია, რომლებთანაც იგეგმება ტელემედიცინის ღონისძიებების ჩატარება;

4. დამუშავდეს ქსელის სტრუქტურა;

5. აუცილებელი მოწყობილობის ამორჩევასთან დაკავშირებული საკითხის გადაწყვეტა (სამედიცინო, კომპიუტერული და ქსელური);

6. კავშირის არსების საკითხის გადაწყვეტა, კავშირის რომელი არსები არსებობენ და საკმარისია თუ არა მათი გამშვებუნარიანობა ტელემედიცინის ღონისძიებების დაგეგმვის ჩასატარებლად. თუ აღმოჩნდება, რომ არსებული არსები ვერ უზრუნველყოფენ ინფორმაციის გადასაცემად მოთხოვნილ ხარისხს, მაშინ აუცილებელია არსებული კავშირის ხაზის გაფართოების საკითხის გადაწყვეტა ან დამატებითების ჩართვა.

ტელემედიცინის ქსელის ცენტრი მოიცავს სერვერს და სამუშაო სადგურს, რომლებიც პასუხისმგებელი არიან სერვერზე დაგროვილი გამოსახულებების დათვალიერებასა და დიაგნოსტიკაზე. სხვადასხვა ტიპის არსების საშუალებით ცენტრთან მიერთდება ამოღებული სამუშაო სადგურები, რომლებიც სამუშაო სადგურების ფუნქციებს ასრულებენ, მაგრამ ტელემედიცინის ცენტრის საზღვრებს გარეთ. საკუთრივ ამოღებული სამუშაო სადგურები წარმოადგენენ ტელემედიცინის იდეას. ტელემედიცინის ქსელის სადისპეჩერო ცენტრი დღე-ღამის ნებისმიერ დროს უზრუნველყოფს რაიონებში განლაგებული ტელემედიცინის პუნქტების მოთხოვნათა მომსახურებას. ტელემედიცინის ქსელის კაბინეტებთან შეფარდებით შეიძლება ითქვას, რომ ამგვარი ხარისხით შეიძლება შეერთებული იყოს პოლიკლინიკები, ინდივიდუალური მომხმარებლები, სასწვლო ცენტრები და ა.შ. [34].

3.4. ვიდეოკონფერენციის საქმიანობის ტიპური გადაწყვეტილებები

ტელემედიცინის ქსელების საფუძველს ვიდეოკონფერენციების ჩატარება შეადგენს. ეს იმ უამრავი პრობლემიდან გამომდინარეობს, რომლებიც წყდება ტელემედიცინის ქსელების საშუალებით. კერძოდ, შეიძლება ითქვას, რომ ტელემედიცინისა და მთლიანობაში, მედიცინის ერთ-ერთ მთავარ ამოცანას წარმოადგენს დიაგნოსტიკა. დიაგნოსტიკის მეთოდის კვლევისას შესამჩნევია, რომ არსებობს მისი სხვადასხვა სახე.

დიაგნოსტიკის ერთ-ერთი ყველაზე ოპტიმალური მეთოდი არის კლინიკური, რომელიც მდგომარეობს ავადმყოფის უშუალო გამოკითხვაში. ტელემედიცინა უშუალოდ კი, ტელემედიცინის განაწილებული ქსელები წარმოადგენენ ნაშრომის კვლევის ობიექტს, განხილულია დისტანციური დიაგნოსტიკის საკითხი, ავადმყოფის დისტანციური გამოკითხვის შესახებ. ასევე ხშირად ავადმყოფის კონსულტირებისთვის აუცილებელი ხდება დაშორებულ მანძილზე კონსულტაციის ჩატარება. შეიძლება კიდევ მრავალი მაგალითის მოყვანა, სადაც აუცილებელია დაშორებულ მანძილზე რეალურ დროში ექიმებისა და ავადმყოფების ვიზუალური კონტაქტი. მოცემული მიდგომის განსახორციელებლად აუცილებელია ვიდეოკონფერენციის ჩატარება.

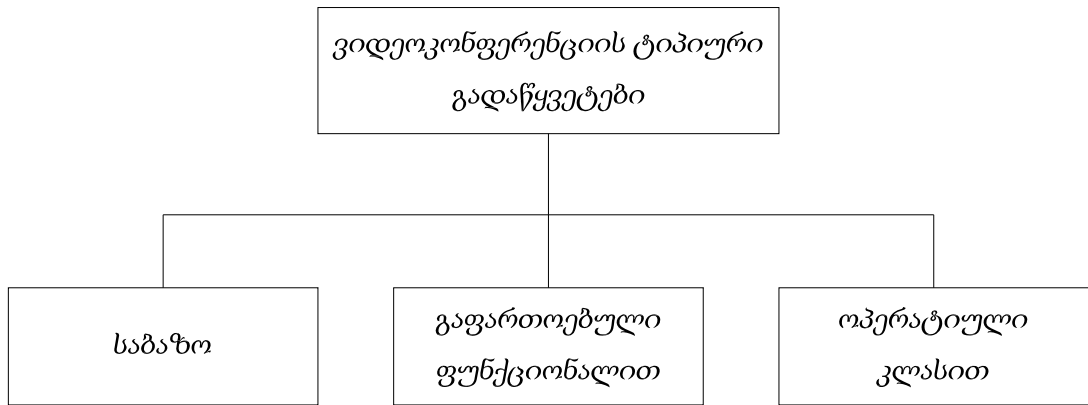
საერთოდ უნდა ითქვას, რომ ვიდეოკონფერენციის გამოყენება იძლევა შემდეგ უპირატესობას: იზრდება შრომის მწარმოებლურობა, ხდება ხელმძღვანელობის დროის ეკონომია, შესაძლებელი ხდება რესურსების სწრაფად და ეფექტურად განაწილება, ჩქარდება გადაწყვეტილებების მიღების პროცესი, აუცილებლობისას დამატებითი ექსპერტების მოწვევის ხარჯზე ჩნდება საფუძვლიანი გადაწყვეტილებების მიღების შესაძლებლობა, ამცირებს გადასვლის დროს და მასთან დაკავშირებულ გასაუფლებს, თავიდან აცილებულია დაღლა და სტრესი.

ვიდეოკონფერენციის ჩატარებამ ფართო გამოყენება ჰპოვა ადამიანის საქმიანობის პრაქტიკულად ყველა სფეროში: ტექნიკაში,

მეცნიერებაში, მმართველობაში, ვაჭრობაში, რეკლამაში, ბიზნესში, განათლებაში, პოლიტიკაში, იურისპრუდენციაში, სამხედრო საქმეში, მედიცინაში.

უფრო მეტიც, როგორც ზემოთ ავნიშნე, დღეისათვის მედიცინაში ჩამოყალიბდა ახალი მიმართულება – ტელემედიცინა, რომლის საფუძველს წარმოადგენს ვიდეოკონფერენცია. ექიმებსა და პაციენტებს შორის ვიდეო კავშირის საშუალება მნიშვნელოვანი სახსრების ეკონომიის ნებართვას იძლევა, რომლებიც აუცილებელია დაშორებულ რაიონებში ხალხის სამკურნალოდ. მადლდება სამედიცინო მომსახურების ხარისხი, რამდენადაც აქ გადამწყვეტ მნიშვნელობას იძენს დიაგნოზის ოპერატიულად დასმა და ავადმყოფის მაღალეფექტური მკურნალობის უზრუნველყოფა, კონსულტაციების მიღება მკურნალობის პროცესში. დღეისათვის სამედიცინო აპარატურის ვიდეოკონფერენციაკავშირის აპარატურასთან ჩართვით შესაძლებელია აუცილებელი ოპერაციების ჩატარება. ვიდეოკონფერენციების საშუალებით შესაძლებელი გახდა თათბირების, კონფერენციების, სემინარების, ლექციების, გამოცდილების გაცვლის, გამოფენის და ა.შ. ჩატარება. სულ უფრო მეტად იზრდება როგორც ორგანიზაციების, ასევე კერძო პირების ვიდეოკონფერენციაში ორგანიზების, ჩატარებისა და მონაწილეობის მიღების მსურველთა რიცხვი. ამასთან დაკავშირებით სულ უფრო მეტად აქტუალური ხდება სხვადასხვა ტიპის ქსელების გაერთიანება – ლოკალურის, გლობალურის, სატელეფონო და სხვ. მათი კლიენტების ვიდეოკონფერენციებში მონაწილეობისათვის. თავის მხრივ ქსელების გაერთიანება თავისთავად წარმოადგენს საკმაოდ რთულ საკითხს, რომლის წარმატებით განსახორციელებლად უნდა გადაწყდეს მთელი რიგი პრობლემები.

ქვემოთ განვიხილავ ვიდეოკონფერენციის ორგანიზაციის საკითხებს. ვიდეოკონფერენციების მრავალსახოვანი გადაწყვეტილებების მთელი სპექტრი შეიძლება დაყვანილ იქნას რამოდენიმე ტიპიურზე: საბაზო გადაწყვეტილებებზე, გაფართოებული ფუნქციონალით და ოპერატორულ კლასზე. (ნახ.10).



ნახ.10. ვიდეოკონფერენციების ტიპური გადაწყვეტილებები

საბაზო გადაწყვეტილებები უზრუნველყოფენ ვიდეოკონფერენციაში მონაწილეების ჩატარებას ორ ნებისმიერ ამოღებულ ოფისს შორის. ამასვე შეიძლება მივაკუთვნოთ რამოდენიმე ოფისს შორის კავშირის უზრუნველყოფა (მაგრამ არაუმეტეს 10). გადაწყვეტილებების ბლოკი გაფართოებული ფუნქციონალით უზრუნველყოფს მონაწილეთა პრაქტიკულად განუსაზღვრელი რიცხვით ვიდეოკონფერენციების ჩატარებას. ოპერატიული კლასის გადაწყვეტილებებს მიეკუთვნება ერთბაშად რამოდენიმე ორგანიზაციის მიერ ვიდეოკონფერენციების ჩატარების შემთხვევები.

არსებობენ სხვადასხვა ტიპის ვიდეოკონფერენციები მათი ორგანიზაციებისა და ღირებულებების თვალსაზრისით (ნახ.11). აქ ვიდეოკონფერენციების ისეთი ძირითადი ტიპების გამოყოფა შეიძლება, როგორცაა: პერსონალური (სამაგიდო), ჯგუფური და სტუდიური. პერსონალური ვიდეოკონფერენციები ეხმარებიან ორ მონაწილის დიალოგს, და ისინი ორგანიზდებიან როგორც პროგრამულ-აპარატული ტიპის სისტემები. ასეთი ტიპის ვიდეოკონფერენციის ორგანიზაციისათვის საკმარისია პერსონალური კომპიუტერი მულტიმედიაური შესაძლებლობებით და კავშირის არხი.



ნახ.11. ვიდეოკონფერენციის ტიპები ორგანიზაციის მიხედვით

ჯგუფური ვიდეოკონფერენციები ორიენტირებულნი არიან მონაწილეთა ჯგუფებს შორის კავშირის უზრუნველყოფაზე. ისინი უპირატესად რეალიზდებიან აპარატული საშუალებებით, ძირითადად, ვიდეოტერმინალების უფროსი თაობის მოდელებზე.

სტუდიური ვიდეოკონფერენციები ორიენტირებულნი არიან დიდ აუდიტორიასთან ვიდეოკონფერენციის მონაწილეთაგან ერთ-ერთის კავშირის მხარდასაჭერად, პრაქტიკულად ისინი წარმოადგენენ მაღალი კლასის სისტემებს და რეალიზდებიან აპარატული საშუალებებით. ისინი ითხოვენ მაღალსიჩქარიანი ხაზისა და სენსების მკაფიო რეგლამენტს.

ვიდეოკონფერენციების ზემოთ ჩამოთვლილი ტიპები შეიძლება დახასიათდეს შემდეგი ძირითადი პარამეტრებით:

- ხელმისაწვდომი აუდიტორია და ურთიერთობის ვარიანტი;
- კავშირის ხარისხიანი დახასიათება;
- ურთიერთობის სტილი;
- აუცილებელი დანახარჯები;
- საჭირო მოწყობილობა;
- ოპტიმალური გამოყენება;
- დამახასიათებელი პროდუქტები.

ვიდეოკონფერენციების ზემოთხსენებული ტიპების გამოკვლევები აჩვენებენ, რომ მცირე გავრცელება მიიღეს პერსონალურმა და ჯგუფურმა ვიდეოკონფერენციებმა.

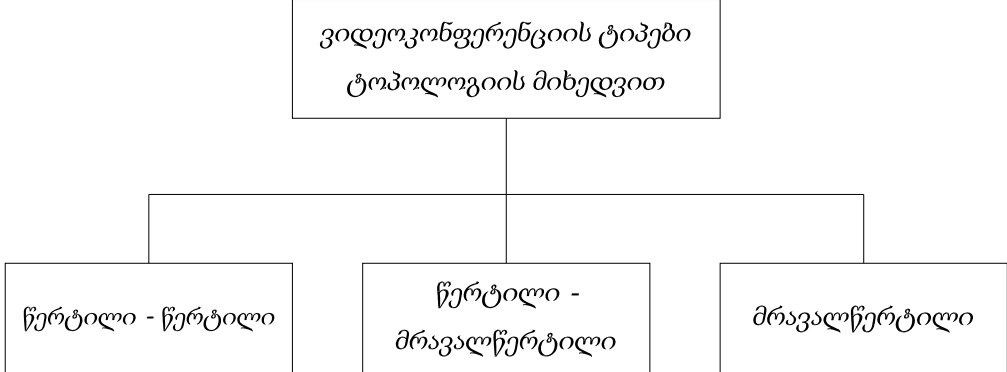
სტუდიური ვიდეოკონფერენციები სპეციალიზირებულ მოწყობილობას ითხოვენ, ხასიათდებიან ჩატარების მკაცრი რეგლამენტით და ითხოვენ მაქსიმალურ გამშვებუნარიანობას. საერთოდ მათ იყენებენ მაქსიმალური შესაძლებლობების ამოცანების გადასაწყვეტად.

ჯგუფური ვიდეოკონფერენციები ითხოვენ სპეციალიზირებულ მოწყობილობას, ხასიათდებიან ურთიერთობის რეგლამენტირებული სტილით და ითხოვენ გამშვებუნარიანობის უნარის უზრუნველყოფას ვიდეოკონფერენციის მოთხოვნილ ხარისხზე დამოკიდებულებით.

ხოლო რაც შეეხება პერსონალურ ვიდეოკონფერენციებს, ისინი პრაქტიკულად არ ითხოვენ სპეციალიზირებულ მოწყობილობებისა და პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნას, ურთიერთობის სტილი აქ არაფორმალურია, და არაა აუცილებლობა ფართო ზოლის გაშვების.

ტოპოლოგიის თვალსაზრისით ასევე განსხვავდება ვიდეოკონფერენციის განსაზღვრული ტიპები. აქ განიხილება ვიდეოკონფერენციების შემდეგი ტიპები „წერტილი-წერტილი“, „წერტილი-მრავალწერტილი“ და „მრავალწერტილი“. (ნახ.12.).

საბაზო გადაწყვეტილება „წერტილი-წერტილი“ უზრუნველყოფს ვიდეოკონფერენციაში ორ მომხმარებელს ან ნებისმიერ ორ ტიპიურ სტუდიას შორის, განლაგებული ამორიდებულ ოფისებში.

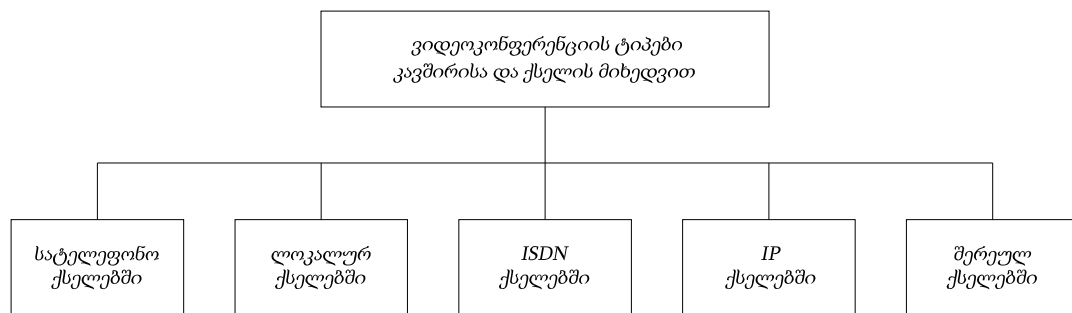


ნახ.12. ვიდეოკონფერენციის ტიპები ტოპოლოგიის მიხედვით

ერთ შენობაში ორი კაბინეტის ვიდეოკავშირით

უზრუნველყოფისთვის შეიძლება გამოვიყენოთ მოცემული გადაწყვეტილება ვიდეოკონფერენციაკავშირის უზრუნველსაყოფად. ტოპოლოგია „წერტილი-წერტილი“ გამოიყენება ჯგუფური და პერსონალური ვიდეოკონფერენციების ორგანიზაციისას. „მრავალწერტილი“ ან მრავალწერტილოვანი ვიდეოკონფერენციები უზრუნველყოფენ იმავდროულ კავშირს სტუდიებისა და მონაწილეთა დიდ რაოდენობას შორის, ტოპოლოგია „წერტილი-მრავალწერტილი“ კი დამახასიათებელია სტუდიური კონფერენციების ჩასატარებლად.

ქსელისა და კავშირის თვალსაზრისით, შეიძლება გამოიყოს შემდეგი ვიდეოკონფერენციები: ლოკალურ ქსელებში, სატელეფონო ქსელებში, ISDN ქსელებში, IP და შერეულ ქსელებში. (ნახ.13). დავახასიათებ თვითოეულ ტიპს ცალ-ცალკე.



ნახ.13. ვიდეოკონფერენციის ტიპები კავშირისა და ქსელის მიხედვით

ანალოგიურ სატელეფონო არხებზე ვიდეოკონფერენციების მიმართ შეიძლება ითქვას, რომ კავშირის სატელეფონო ხაზების გამშვებუნარიანობა უკიდურესად დაბალია შეკუმშული ვიდეო გამოსახულების გადაცემის დროსაც კი (არაუმეტეს 33,6 კბიტ/ს). ამიტომ, ვიდეოკონფერენციების მცირე რაოდენობა მხარს უჭერს ამ სახის ჩართვას. მუშავდება სტანდარტები, რომლებმაც უფრო ხარისხიანი და სტაბილური გამოსახულება უნდა უზრუნველყონ მსგავსი დაბალი სიჩქარისას.

ISDN ქსელებში ვიდეოკონფერენციები მუშაობენ 64 კბიტ/წ-დან 2000 კბიტ/ს გადაცემის სიჩქარით. მსგავსი ტიპის ქსელებთან შეიძლება შეერთდეს ვიდეოტელეფონები, ვიდეოტერმინალები და პერსონალური კომპიუტერები.

კონფერენციების მიმართ ლოკალურ ქსელებში შეიძლება ითქვას, რომ ისინი მუშაობენ TCP/IP ოქმის ჩარჩოებში. სხვა ოქმები ვიდეოკონფერენციის ამოცანების ისეთ ამოცანებს უწყობენ ხელს, როგორცაა გამყოფი დანართები, ელექტრონული დაფა. სტუდიური ვიდეოკონფერენციებისათვის გამოიყენება ATM სტანდარტი, რომლის მთავარი განსაკუთრებულობაა – მომსახურების კლასების მხარდაჭერა (QoS).

რაც შეეხება გლობალურ ქსელებში ვიდეოკონფერენციების ჩატარებას, აქ ხარისხი დამოკიდებულია გამშვებ ხელმისაწვდომ ზოლზე და სატრანსპორტო დონის გამოსაყენებელ ოქმზე. გლობალურ ქსელში ვიდეოკონფერენციის მისაღები ხარისხი შეიძლება მივიღოთ მხოლოდ არანაკლებ 64 კბიტ/ს გადაცემის სიჩქარისას. მნიშვნელოვან როლს ასევე თამაშობს გამოსაყენებელი ოქმები.

აღსანიშნავია, რომ ამჟამად სულ უფრო მეტად ჩნდება ე.წ. შერეული ვიდეოკონფერენციები, რომლებშიც ერთიანდება სხვადასხვა ქსელი.

შედეგად, ვიდეოკონფერენციების კლასიფიკაცია შეიძლება მივაკუთვნოთ შემდეგ ნიშან-თვისებებს:

- ტიპურ გადაწყვეტილებებს;
- ორგანიზაციის მიხედვით;
- ტოპოლოგიის მიხედვით;
- კავშირის ტიპის მიხედვით.

3.5. ვიდეოკონფერენციის მწარმოებლობის ამაღლების მეთოდები

განვიხილავ ტელემედიცინის ქსელების ვიდეოკონფერენციის პროექტირებასთან დაკავშირებულ ძირითად საკითხებს და პრობლემებს.

ტელემედიცინის ქსელის ერთ-ერთ ფუძემდებელი კომპონენტია ორგანიზაცია და ვიდეოკონფერენციის ჩატარება. ვიდეოკონფერენცია, როგორც უკვე ავლინებთ კომპიუტერული ტექნოლოგიაა, რომელიც ადამიანებს საშუალებას აძლევს დაინახონ და მოუსმინონ ერთმანეთს, გაუცვალონ მონაცემები და ერთობლივად დაამუშაონ ისინი დროის რეალურ რეჟიმში. ვიდეოკონფერენციების საშუალებით დროის რეალურ რეჟიმში შესაძლებელი ხდება კონსულტაციების, სხვადასხვა ხასიათის თათბირების ჩატარება და სასწავლო პროგრამების დემონსტრაცია, შესწავლა.

ვიდეოკონფერენციაკავშირების სეანსების ჩასატარებლად აუცილებელია ორი მნიშვნელოვანი პირობის შესრულება: აუცილებელია შესაბამისი მოწყობილობებისა და ვიდეოკონფერენციაკავშირის პროგრამული უზრუნველყოფის ქონა; საჭიროა შეერთების საშუალების ქონა ვიდეოკონფერენციის სხვა მონაწილეებთან კავშირის ნებისმიერ არსზე, რომლებიც პასუხობენ ვიდეოკონფერენციაკავშირის მოთხოვნებს. შესაძლებელია ტოპოლოგიური გადაწყვეტილებისადმი სხვადასხვა მიდგომები ტელემედიცინის ქსელების პროექტირებისას, რომლებშიც ვიდეოკონფერენციის ჩატარების საშუალება უნდა იყოს რეალიზებული. ეს შეიძლება იყოს: ორწერტილოვანი ვიდეოკონფერენცია, როდესაც ერთდება სულ ორი აბონენტი, და მრავალწერტილოვანი ვიდეოკონფერენცია ერთდროულად რამოდენიმე მონაწილის შეერთებით. თავის მხრივ, მრავალწერტილოვანი კონფერენციები შეიძლება შემდეგი სახის იყოს: მრავალწერტილოვანი ვიდეოკონფერენციები ლოკალურ ქსელებში, მრავალწერტილოვანი ვიდეოკონფერენციები ტერიტორიულად განაწილებული IP-ქსელებში, მრავალწერტილოვანი ვიდეოკონფერენციები ISDN ქსელებში და მრავალწერტილოვანი

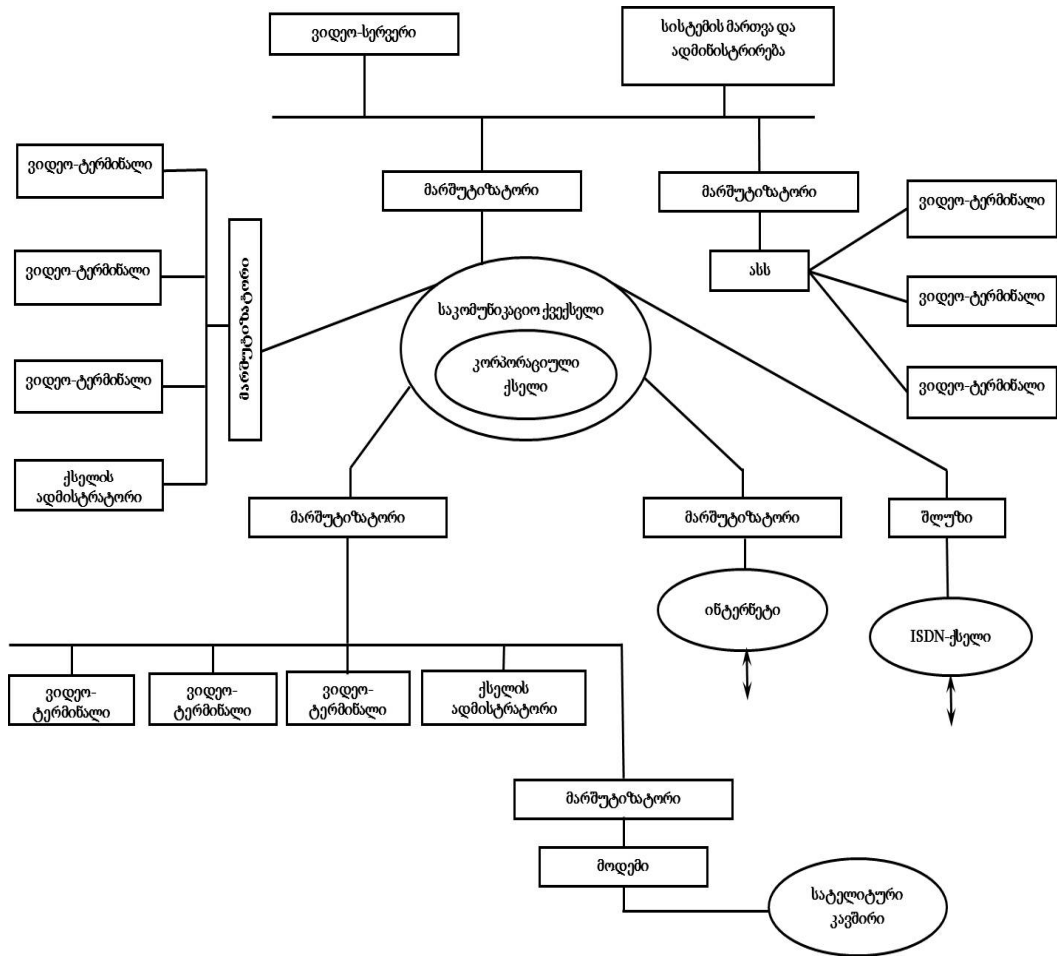
ვიდეოკონფერენციები სხვადასხვა სახის ქსელებში.

რამოდენიმე მომხმარებლის მონაწილეობით მრავალწერტილოვანი ვიდეოკონფერენციების ორგანიზაციისას ერთდროულად შესაძლებელია შემდეგი ორი პრინციპის რეალიზება:

1. სხვადასხვა მონაწილისაგან აუდიო-ნაკადები ქსელში ერევა ისეთი სახით, რომ ვიდეოკონფერენციის ყველა მონაწილეს შეუძლია ერთმანეთის მოსმენა, ვიდეო-ნაკადები კი გადაირთვება ისეთი სახით, რომ ყველა ხედავს კავშირის მხოლოდ ერთ მონაწილეს, ამასთან არჩევანი შეიძლება გაკეთებული იყოს ვიდეოკონფერენციის თავმჯდომარის, ოპერატორის მიერ ან ავტომატურად მონაწილის აქტიურობის მიხედვით.
2. ქსელით გადასაცემ ვიდეო-დინებაში შესაძლებელია რამოდენიმე მონაწილის გამოსახულების კომბინება.

ვიდეოტერმინალის სახით ვიდეოკონფერენციის ქსელთან შეიძლება შეერთდეს ნებისმიერი ტიპის კომპიუტერები, რომლებიც სპეციალური ქსელური პლატებით არიან აღჭურვილნი. ამას გარდა, ვიდეოკონფერენციისათვის ვიდეო კამერით, მიკროფონით და ტელესაკომუნიკაციო ქსელებთან შეერთების შესაძლებლობით, ქსელში შეიძლება შეერთებული იყოს სპეციალიზირებული დასრულებული მოწყობილობები.

ყოველივე ზემოთ განხილულის გათვალისწინებით ტელემედიცინის პროექტირებული ქსელი შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით. (ნახ.14.).



ნახ.14. ტელემედიცინის გაერთიანებული ქსელი

მოცემულ ქსელში გათვალისწინებულია ინტენეტთან, ციფრულ და ანალოგიურ სატელეფონო ხაზთან შეერთება. ამის გარდა, შესაძლებელია თანამგზავრის კავშირის გამოყენება. ორგანიზაციისა და ვიდეოკონფერენციების ჩასატარებლად საჭიროა შესაბამისი სპეციალიზირებული პროგრამული და აპარატული უზრუნველყოფის ქონა. აპარატული უზრუნველყოფის გარემოში შეიძლება გამოიყოს ვიდეოსერვერები, რაბები, კოდეკები.

ვიდეოსერვერები (MCU – მრავალწერტილოვანი კონფერენციების მიერ მმართველობის მოწყობა) გამოიყენება ვიდეოკონფერენციის სეანსების ორგანიზაციისათვის. ვიდეოკონფერენციის ქსელებში ცირკულირდება ინფორმაციის უზარმაზარი ნაკადი რამოდენიმე მონაწილის მონაწილეობისას, ამიტომ დატვირთვა მონაწილის

თითოეულ სამუშაო ადგილზე იზრდება კონფერენციის მონაწილეთა რიცხვის პროპორციულად. სწორედ იმისათვის, რომ დამუშავდეს ინფორმაციის ეს უზარმაზარი დინებები და განთავისუფლდეს მონაწილეთა ვიდეოტერმინალები დიდი სამუშაოებისგან, გამოიყენება ვიდეოსერვერები, რომლებიც ხსნიან ამ დატვირთვას, რამდენადაც თავად ამუშავენ ყველა დინებას და მონაწილეთა ტერმინალებზე გზავნიან მხოლოდ მათთვის განკუთვნილ დინებებს.

პროგრამული რეალიზაციების ღირებულება ნაკლებია, ვიდრე აპარატურის და ისინი პრაქტიკულად შეიძლება დაყენებული იყოს ნებისმიერ თანამედროვე კომპიუტერზე, რომელსაც აქვს ხმის პლატა და რომელიც ფლობს ვიდეოდაპყრობის შესაძლებლობას.

ამავდროულად არ ხერხდება მათში ვიდეოს აუცილებელი ხარისხის მიღწევა. საქმე იმაშია, რომ ვიდეო ნაკადის კოდირება წარმოადგენს მაღალ მოთხოვნას ტერმინალის გამოსათვლელი რესურსებისადმი.

H.261 ვიდეოს კოდირების სტანდარტით H.320 და H.323 რეკომენდაციების ჩარჩოებში მიღების შესაბამისად, აუცილებელია რეალურ დროში საწყისი სიგნალის შეკუმშვის უზრუნველყოფა 100 – დან 1000-მდე კოეფიციენტით. საერთო დანიშნულების პროცესორების სიმძლავრის გამაღებულ ზრდასაც კი არ შეუძლია უზრუნველყოს ვიდეოკონფერენციის ხარისხიანი კოდირება და სიგნალის დეკოდირება.

პროგრამირების გზით ამ ფუნქციების რეალიზება რომ მოხდეს, აუცილებელია კოდირების პროცესისათვის განსაზღვრული შეზღუდვების დადგენა: კადრების დაბალი სიხშირის გამოყენება, ვიდეოს გარდაქმნის გამარტივებული ალგორითმები, რომლებსაც მიყვავართ გამოსახულების ზომის შემცირებამდე, სიმკვეთრის დაცემამდე და ფერადი გადაცემის გაუარესებამდე. შეიძლება, რა თქმა უნდა, გამოსახულების შავ-თეთრად გადაცემა და არასტანდარტული ალგორითმების გამოყენება, მაგრამ ამასთანავე გათვალისწინებულ უნდა იქნას ის, რომ თუ მომდევნო კადრი პროგრამულ დეკოდერზე შემოდის მიმდინარის დამუშავების დასრულებამდე, იგი იგნორირდება. ვიდეოინფორმაცია იკარგება, გამოსახულება იშლება ნაწილებად და სურათი არადამაკმაყოფილებელი ხდება. ამიტომ კოდირებისას

აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას არა მხოლოდ საკუთარი გამოთვლითი შესაძლებლობები, არამედ საპირისპირო მხარის დეკოდერის მწარმოებლურობაც. შედეგად, მისაღები ხარისხის მიღება შესაძლებელია მიღწეულ იქნას მხოლოდ პატარა ზომის (QCIF) ვიდეოკადრის დროს და კადრების შედარებით დაბალი სიხშირისას (დაახლოებით 10).

პროგრამული გადაწყვეტილებების უპირატესობა ვლინდება ვიწროხოლიანი არხების გამოყენებისას, მაგალითად, მოდემური კავშირისას სიჩქარით 56 კბიტ/ს. რამდენადაც არხის ზოლი პატარაა, კოდებით დამუშავებული ინფორმაციის მოცულობაც არაა დიდი და მას წარმატებით უმკლავდება პროგრამული ტერმინალი. მაგრამ ვიდეოკონფერენციის ხარისხში არ გვიწევს ლაპარაკი: ხმა ყრუა, გადაცემის სიჩქარე წამში რამოდენიმე ვიდეოკადრიდან ერთამდე რამოდენიმე წამში, რაც უპირველესად გვახსენებს სლაიდების ჩვენებას. ამ შემთხვევაში პროგრამული გადაწყვეტილებები არიან სრულყოფილი – აპარატული გადაწყვეტილებების ძალიან გამარტივებული ანალოგები ფუნქციონალური შესაძლებლობებითაც. მთლიანობაში, ვიდეოტერმინალების წმინდა პროგრამული რეალიზება მათი ფუნქციონალობის შეზღუდულობისა და ხარისხის გამო არ შეუძლიათ ვიდეოკონფერენციების დარგში პროფესიული გადაწყვეტილებების უზრუნველყოფა.

ზემოთთქმულიდან გამომდინარე, როგორც წესი, გამოყენება აპარატული გადაწყვეტილებები – კოდეკები, რომლებიც რეალიზდება სხვადასხვა სახით: როგორც PC-ის თავისუფალ სლოტებში ჩასაყენებელი პლატები, ასევე ფუნქციონალურად დასრულებული გადაწყვეტილებები. კოდეკები კუმშავენ სიგნალებს და კოდერებენ მას არხის კავშირისთვის და, შესაბამისად, განკუმშავენ და დეკოდირებას უკეთებენ მისაღებ მხარეზე.

სხვა სპეციალიზირებული მოწყობილობა, რომელიც გამოიყენება ვიდეოკონფერენციების ქსელებში, ესაა – შლუზები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ინფორმაციის გადაცემას სხვადასხვა სახის ქსელების შეერთებისას. როგორც ავლნიშნე ვიდეოკონფერენცია შეიძლება ჩატარდეს ე.წ. შერეულ ქსელებში (მაგალითად, ტელეფონის ქსელებში

არხებისა და კომპიუტერულ ქსელებში პაკეტების კომუტაციასთან). ამგვარ ქსელებში ინფორმაცია გადაიცემა სხვადასხვა ფორმატში. სწორედ სხვადასხვა ქსელის შეერთებისათვის გამოიყენება რაბები.

კიდევ ერთი მოწყობილობაა მეკარე – მოწყობილობა, რომელიც გამოიყენება სადგურის, შლუზებისა და მრავალწერტილოვანი კონფერენციების ჩართვის უზრუნველსაყოფად, რომელიც აგრეთვე მოიცავს შესაბამის პროგრამულ უზრუნველყოფას.

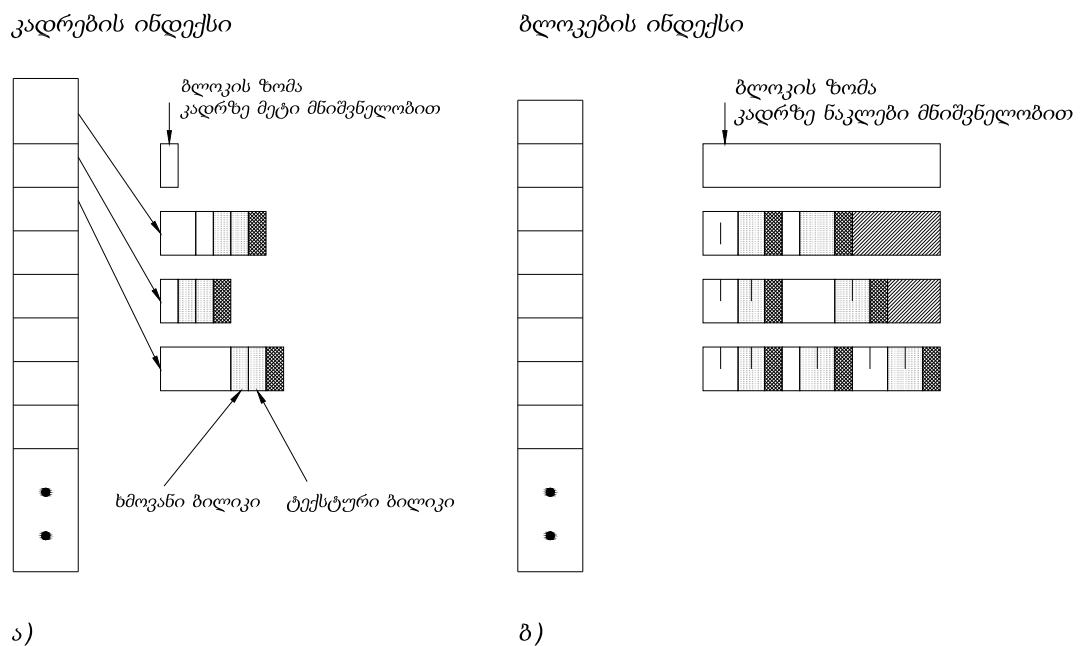
განვიხილავ სერვერის მუშაობის ორგანიზაციის საკითხს. ვიდეოკონფერენციების ორგანიზაციისას სერვერი დიდ სამუშაოს ასრულებს ქსელში ინფორმაციის ნაკადების სამართავად. ამის გარდა, სერვერზე ხდება დიდი დატვირთვა აუდიო-ვიდეო ინფორმაციის კოდირების აუცილებლობის გამო. ამასთანავე ვიდეოკონფერენციის რეჟიმში შეიძლება განხორციელდეს შესწავლა სამუშაო ადგილებზე ერთდროულად სეანსის ყველა მონაწილისათვის სასწავლო ფილმების დემონსტრაციის საშუალებით. ამ შემთხვევაში შესწავლა უნდა მოხდეს რეალურ დროში. ამიტომ სერვერი ასრულებს დიდ სამუშაოს ვიდეო კადრების ყველა სადგურზე დიდი ნაკადის გადასაცემად, რომლებიც ვიდეოკონფერენციის ქსელშია ჩართული. ამასთან დაკავშირებით წარმოიშევა პრობლემები, რამდენადაც სერვერმა დროულად უნდა უზრუნველყოს კადრების ერთდროული გადაცემა უამრავ აბონენტზე. სერვერის წინაშე დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად შესაძლებელია მთელი რიგი ღონისძიების ჩატარება.

პერველ რიგში, საჭიროა პროცესორის მუშაობის დაგეგმვის ისეთი ალგორითმის შერჩევა, როდესაც იგი უფრო წარმატებით გადაწყვეტს ვიდეოკონფერენციის რამოდენიმე მონაწილის ერთდროული მომსახურების ამოცანას და დროულად დაუყენებს მათ ფილმის კადრებს. აქ წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნას პროცესორის მუშაობის დაგეგმვის ალგორითმი, რომელიც ეფუძნება მომსახურების თანაბარზომიერებას. მოცემულ ალგორითმში შეტანილია ჯარიმის ფუნქცია, რომელიც საშუალებას იძლევა აბონენტთა მომსახურების თანმიმდევრობის განსაზღვრის.

მეორე პრობლემა – მულტიმედიაური ფაილის ისეთი ორგანიზაციის შერჩევაა (ფილმის, რომლის დემონსტრირება საჭიროა რეალურ დროში

ვიდეოკონფერენციის მიმდინარეობისას), რომელიც სერვერის წინაშე დასმული ამოცანების ყველაზე უფრო ეფექტურად გადაწყვეტის საშუალებას მოგვცემს. მულტიმედიური ფაილები ხასიათდება დიდი მოცულობით, რადენადაც შეიცავს ვიდეო, აუდიო და ტექსტურ შემცველობებს.

ისინი შეიძლება ორგანიზებულნი იყვნენ ორი სტრატეგიის მიხედვით: პატარა და დიდი ზომის ბლოკების გამოყენებით. (ნახ.15).



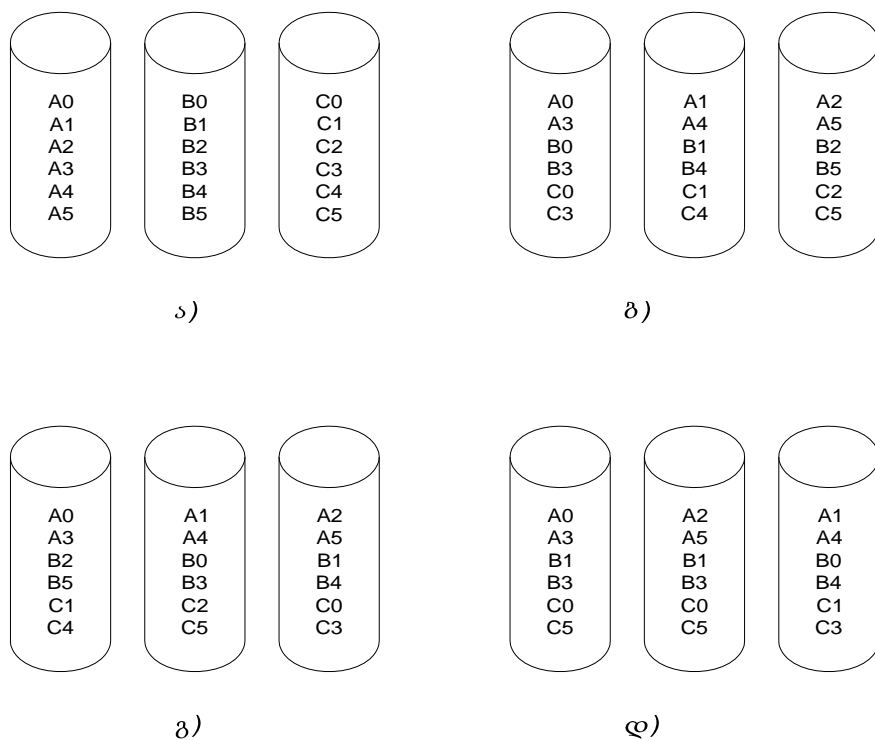
ნახ.15. ვიდეო-ფაილის ორგანიზების ორი ტიპი

პირველ შემთხვევაში, თუ ჩავთვლით, რომ კადრის საშუალო სიგრძე 16 კბ, მაქსიმალური კი 255 კბ, მაშინ ბლოკის ზომა მოსახერხებელი იქნება მივიჩნიოთ 1-2 კბ ტოლად. ძირითადი ამოცანა კი – კადრების ინდექსის მიღებაა, სადაც თითოეული კადრის მაჩვენებელი და მისი ზომა. იმ შემთხვევაში, თუ საჭიროა კადრის წაკითხვა, რომელიც შეიცავს მთელ ვიდეოს, აუდიო და ტექსტურ ინფორმაციას, საჭიროა შესაბამისი ელემენტის პოვნა კადრების ინდექსში, შემდეგ კი მთელი კადრის ერთ დისკურ ოპერაციად. ეს მეთოდი ხასიათდება ოპერატიული დამახსოვრების მოწყობილობის დიდი დანახარჯებით და დისკური სივრცის ნაკლები დანაკარგებით.

მეორე შემთხვევაში კი გამოიყენება დიდი ზომის ბლოკები,

რომლებშიც რამოდენიმე კადრი შეიძლება განლაგდეს. აგრეთვე გამოიყენება ბლოკების ინდექსი, მაგრამ ინფორმაცია ემატება კადრის ნომერზე, რომლიდანაც იწყება ბლოკი. აქ ოპერატიული დამახსოვრების მოწყობილობას ნაკლები მოთხოვნა აქვს, ხოლო დისკურ სივრცეს დიდი დანაკარგები, რადგანაც ბლოკები მთლიანად არ ივსება კადრებით.

სისტემის მწარმოებლურობის ასამაღლებლად მთლიანობაში დიდი მნიშვნელობა აქვს დისკური მექანიზმების სწორ ორგანიზებას. ვიდეო-სერვერის შემთხვევაში გამოიყენება რამოდენიმე დისკი – ეს შეიძლება იყოს RAID – დისკები (უზრუნველყოფენ დიდ საიმედოობას, მაგრამ დაბალ მწარმოებლურობას) ან უბრალოდ დისკური ფირმა (ნაკლები საიმედოობით, მაგრამ დიდი მწარმოებლურობით). აქ დიდი მნიშვნელობა აქვს დისკებზე ფაილების განლაგების მიდგომას. დისკების გამოყენების სხვადასხვა ვარიანტი ნაჩვენებია ნახ.16.-ზე.



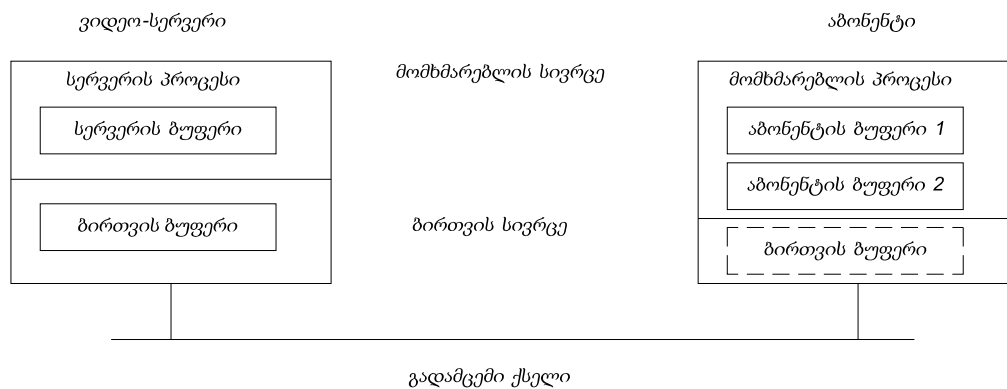
ნახ.16. ფაილების განლაგება რამოდენიმე დისკის გამოყენების შემთხვევაში

ვიდეოკონფერენციის მულტიმედიური სისტემების მწარმოებლურობის ამაღლებაში უზარმაზარ როლს თამაშობს ბუფერული მექანიზმები. განსახილველი სისტემების შემთხვევაში

ბუფერები აქტიურად გამოიყენება სხვადასხვა მოწყობილობებთან მუშაობის პროცესში (დისკები, ლენტები). ამას გარდა, ბუფერირება უნდა იქნას გამოყენებული ქსელში მონაცემთა გაცემის პროცესში და ქსელიდან მონაცემთა მისაღებად.

ვიდეო-სერვერში ბუფერიზება გამოყენებული უნდა იქნას სხვადასხვა ნაკადის მოცემული ფრეიმების მომზადების პროცესში, რომლებიც გადაიცემა აბონენტის მიერ. ბუფერირების აუცილებლობა მდგომარეობს იმაში, რომ ვიდეო-სერვერის პროცესები არ უნდა ბლოკირდებოდეს, როდესაც მონაცემები გადაიცემა ქსელში.

ბუფერირება უნდა იყოს რეალიზებული შემდეგი სახით – ერთი ბუფერი უნდა იყოს შექმნილი ოპერატიულ მეხსიერებაში მომხმარებლის სივრცეში სერვერის სამომხმარებლო პროცესისათვის, მეორე კი – ოპერატიული სისტემის ბირთვის სივრცეში. ეს აუცილებელია, რათა არ მოხდეს სერვერის პროცესების ბლოკირება სერვერის ბუფერის განთავისუფლების მოცდის დროს. ბუფერირებისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნას სქემა (ნახ.17).



ნახ.17. ფრეიმების ნაკადის ბუფერიზება

წინასწარი ინფორმაცია, რომელიც საჭიროა გადასაცემად ქსელის საშუალებით, დისკური ოპერაციის განხორციელების შედეგად, უნდა იყოს განლაგებული სერვერის ბუფერში. შემდეგ სერვერის პროცესი მიმართავს ოპერატიულ სისტემას, რათა მონაცემები გადაცემული იქნას ქსელისათვის. ამ მიმართვის შედეგად ოპერატიული სისტემა წარმოქმნის მონაცემთა ასლს თავის ბუფერში – ბირთვის

ბუფერში. ამიტომ სერვერის პროცესს შეუძლია თავისი მუშაობის დაუყოვნებლივ გაგრძელება. ქსელური დრაივერის გამოსაძახებლად, ბირთვის ბუფერიდან მონაცემები გადაიწერება ქსელური კონტროლის ბუფერში ქსელში უშუალოდ გადასაცემად. და უკვე ქსელური კონტროლის ბუფერიდან ხდება ქსელში მონაცემთა გადაცემა. მომხმარებლის (კლიენტის) მხარეს ინფორმაცია იგივე გზას გადის, მაგრამ უკუ მიმართულებით.

ოპერატიული მეხსიერების ოპტიმალურად გამოყენების მიზნით გამოყენებული უნდა იყოს დინამიური ბუფერი. ამ შემთხვევაში თითოეული მულტიმედიური ნაკადისათვის, რომელიც შეესაბამება ცალკეულ აბონენტს, დროებით ფორმირდება საკუთარი ბუფერი.

როგორც ჩანს, ტელემედიცინის განაწილებული ქსელების პროექტირებას თან ახლავს მთელი რიგი პრობლემები, მიუხედავად ამისა, ჯანდაცვისადმი თანამედროვე მიდგომა, შეუძლებელია თანამედროვე საინფორმაციო, კომპიუტერული და ტელესაკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გარეშე.

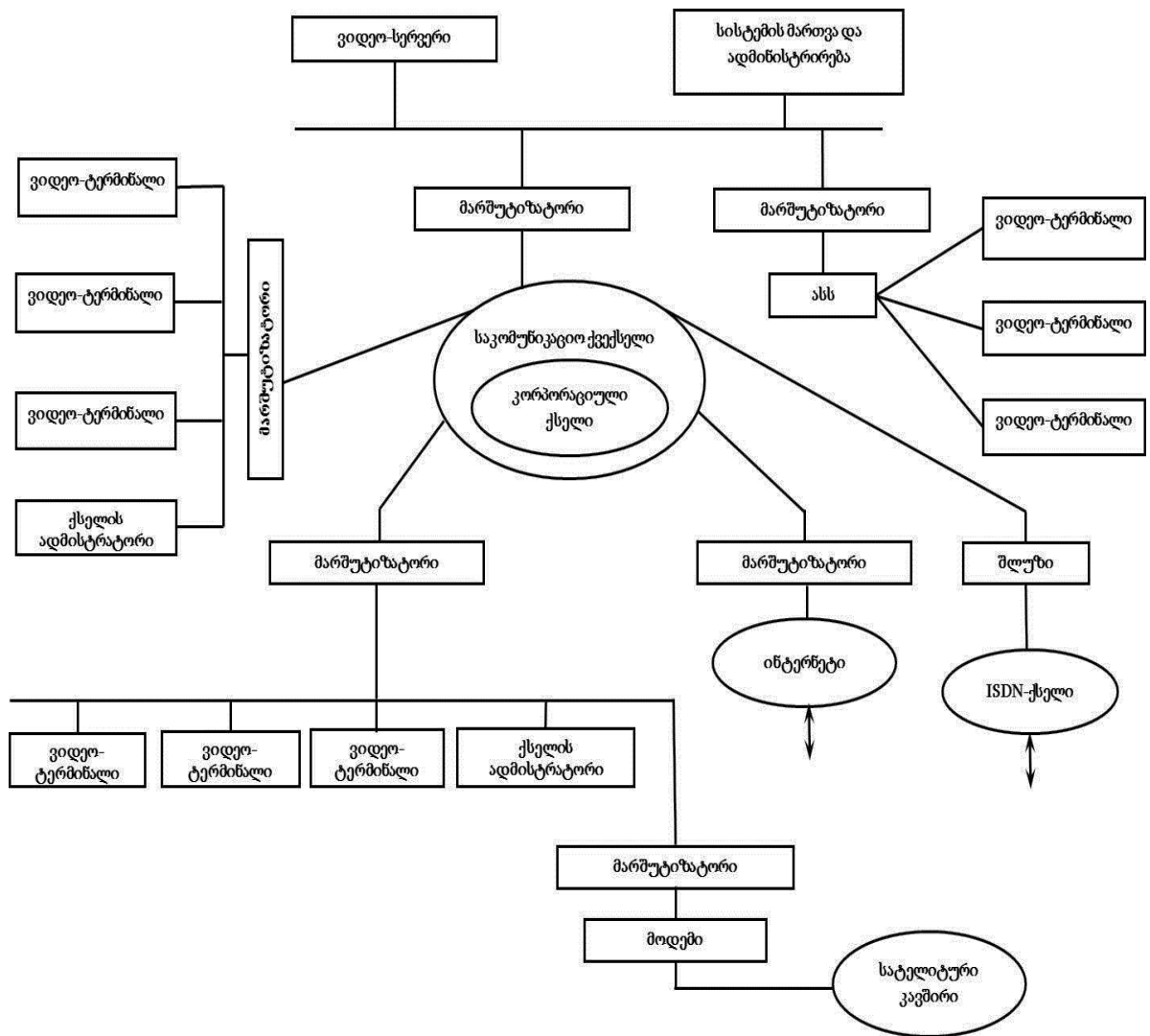
თავი 4. ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელების მასხასიათებლები

4.1. ამოცანების განსაზღვრა

ვიდეოკონფერენციისათვის ქსელების ორგანიზაციის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად ყველა ლოკალური ქსელი ერთდება მარშრუტიზატორების მეშვეობით. კიდევ ერთხელ შევეხოთ ქსელის ვიდეოკონფერენციის რეჟიმში ფუნქციონირების საკითხს. აქ აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ქსელში უზრუნველყოფა გადაეცემა ყოველ კომპიუტერში გენერირებული ყველა ნაკადისა ყველა დანარჩენი კომპიუტერისათვის მონაწილის მონიტორზე ვიდეოკონფერენციის მონაწილის გამოსახულების მიღების მიზნით. აქედან გამომდინარე, მოცემულ ქსელში ადგილი აქვს ინფორმაციის ფრიად მნიშვნელოვან ნაკადს (აუდიო და ვიდეო ინფორმაციის ჩათვლით). შემდეგი ამოცანა, რომელიც აუცილებლად უნდა შესრულდეს, არის ინფორმაციის გადაცემა რეალურ დროში.

აქედან შეიძლება დავასკვნათ, რომ მარშრუტიზატორებზე მოდის დიდი დატვირთვა, რამდენადაც მათ უნდა უზრუნველყონ კომპიუტერულ ქსელში ინფორმაციის მიტანის მისაღები სიჩქარე. იგივე შეიძლება ითქვას ქსელის არხების შესახებაც.

მოცემული ტიპის ქსელების ფუნქციონირების პროცესი გამოირჩევა სირთულის მაღალი ხარისხით, მისთვის დამახასიათებელი მახვენებლები (ისეთი როგორცაა მაგალითად, სხვადასხვა კატეგორიის აბონენტთათვის პაკეტის მიწოდების დროის საშუალო მნიშვნელობა) კი დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე. ამასთან ერთად მნიშვნელოვანი მატერიალური დანახარჯები მსგავსი სისტემების შექმნისა და ექსპლუატაციისათვის ითხოვს განსახილველი ქსელის ფუნქციონირების სხვადასხვა ასპექტის რაოდენობრივი შეფასების მიღებას მათი პროექტირების, ექსპლუატაციის, მოდერნიზაციისა და განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე საჭირო რაციონალური საინჟინრო გადაწყვეტა [42].



ნახ.18. ქსელის სტრუქტურა ტელემედიცინის ვიდეოკონფერენციისათვის

ამასთან დაკავშირებით განსაკუთრებით დიდ მნიშვნელობას იძენს იმ ამოცანათა კომპლექსის გადაჭრა, რომელიც დაკავშირებულია გამოვლითი ქსელების ანალიზსა და ოპტიმალურ სინთეზთან [43].

აღნიშნულთა რიცხვში შედის იმ მაჩვენებელთა გამოთვლის ამოცანა, რომლებიც ახასიათებს განსახილველი ქსელის ფუნქციონირების ხარისხს სისტემის ცნობილი კონფიგურაციისა და მისი კომპონენტების მოცემული პარამეტრების, ასევე განაცხადის ნაკადების ცნობილი პარამეტრებისა და სისტემის მახასიათებლების პირობებში. მსგავსი სახის ამოცანას განიხილავენ, როგორც ანალიზის

ამოცანას. მათ რიცხვს მიეკუთვნება, მაგალითად, სხვადასხვა ტიპის განაცხადის გადაცემისა და დამუშავების ალბათობით-დროითი მახასიათებლების გათვლის ამოცანა, გარკვეულ ამოცანათა გადაწყვეტის დროის შეფასება. სინთეზის ტიპური ამოცანები გარკვეული თვალსაზრისით ქსელის ოპტიმალურ კონფიგურაციის, მისი აბონენტების რაოდენობისა და განთავსების, ტერიტორიული მიზმის განსაზღვრასთან და ა.შ. [44].

ჩამოთვლილი და კიდევ სხვა მრავალი ამოცანა შეიძლება იყოს ფორმულირებული და გადაჭრილი საკმაოდ მოხერხებული მეთოდური მიდგომების გამოყენებით, რომელიც დაფუძნებულია ინფორმაციული სისტემების გამოყოფასა და განხილვაზე, რაც ახასიათებს ქსელისადმი მომხმარებლის მოთხოვნას-გამომთვლელ საშუალებებსა და მონაცემთა გადაცემის სისტემებს. მსგავსი მიდგომა კონკრეტული ქსელის რეალიზაციასთან დაკავშირებული მრავალი კერძო ასპექტის აბსტრაქტირების საშუალებას იძლევა. ჩნდება საფუძველი მათემატიკური მოდელების განზოგადებისა და მეთოდების კომპლექსის გადმოცემის ერთიანი პოზიციიდან, რაც საშუალებას იძლევა გადაიჭრას კომპიუტერული ქსელების ანალიზისა და სინთეზის ამოცანათა ფართო წრე [45].

4.2. ტელემედიცინის ქსელის გამტარუნარიანობის ანალიზი

ტელემედიცინის ქსელის გამტარუნარიანობის ანალიზის ამოცანა შეიძლება წარმოდგენილი იყოს შემდეგი სახით:

ჩავთვალოთ, რომ ცნობილია:

- ქსელის ტოპოლოგია (მარშრუტიზატორების განლაგება და მათ შორის კავშირი);
- ორგანიზაციის სქემა და მარშრუტიზატორის ყოველი დამგროვებელის მოცულობა;
- შემაერთებელი ხაზების გამტარუნარიანობა;
- შეტყობინებათა ნაკადების განაწილების ალგორითმი;
- ქსელით ინფორმაციის მიტანის საშუალო დროის დასაშვები მნიშვნელობები;

ვიდეოკონფერენციების ჩატარების დროს (ნახ.18) აუცილებელია განისაზღვროს მაქსიმალურად შესაძლებელი ინტენსივობა ნაკადებისა, რომელიც შემოდის მარშრუტიზატორზე და უზრუნველყოფს მიტანის საშუალო დროის მინიჭებულ (მიცემულ) მნიშვნელობას. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ შეტყობინების მიტანის დრო განისაზღვრება მარშრუტიზატორში მომსახურების დროითა და კავშირის ხაზებით გადაცემის დროით [46].

ტელემედიცინის ქსელისათვის დასმული ამოცანის გადასაჭრელად შეიძლება განვიხილოთ შემდეგი ორი ამოცანა:

ერთი ამოცანა განვსაზღვროთ შემდეგი სახით: განვსაზღვროთ ბლოკირების ალბათობა და მარშრუტიზატორში დაყოვნების საშუალო დრო, თუ ცნობილია მნიშვნელობა იმ ნაკადებისა, რომელიც შედის ყოველ მარშრუტიზატორში მომსახურებისათვის.

მეორე ამოცანა ჩამოვაყალიბოთ შემდეგი სახით: განვსაზღვროთ მაქსიმალურად შესაძლებელი მნიშვნელობა ნაკადებისა, რომელთა მომსახურებისას განსახილველ ქსელში უზრუნველყოფილია პაკეტთა მიტანის მოთხოვნილი დასაშვები საშუალო დრო.

პირველი ამოცანის გადაჭრა

ქსელის გამტარუნარიანობის შეფასებისათვის, პირველ რიგში, საჭიროა მივიღოთ პასუხი შემდეგ ამოცანაზე: განვსაზღვროთ ბლოკირების ალბათობა და მარშრუტიზატორში დაყოვნების საშუალო დრო.

მოცემული ამოცანის გადასაჭრელად ყოველი მარშრუტიზატორი და კავშირის ხაზი, რომელიც გამოდის მისგან, წარმოვიდგინოთ, როგორც განსაზღვრული ტიპის მასობრივი მომსახურების სისტემათა (მმს) გაერთიანება. ამასთან მარშრუტიზატორში შეიძლება იყოს გამოყენებული ბუფერული დამგროვებლის ორგანიზაციის ნებისმიერი სტრუქტურათაგანი. მოდელის გამარტივებისათვის ვივარაუდოთ, რომ ყოველ მარშრუტიზატორში გამოიყენება ხელმისაწვდომი სტრუქტურა. დამგროვებელი შეიცავს ბუფერების შეზღუდულ რაოდენობას, დამგროვებლის ყოველი ბუფერი გათვლილია ერთი შეტყობინების შენახვაზე [47].

მარშრუტიზატორში შედის შეტყობინებათა ეგრეთწოდებული გარე ნაკადი (ნაკადები, რომელიც გენერირებულია მოცემული ქსელის აბონენტების მიერ), და რომელიც ერევა ქსელის ტრანზიტულ (შიდა) ნაკადებს. ვივარაუდოთ, რომ ნაკადები, რომლებიც შედის სხვადასხვა მარშრუტიზატორზე დამოუკიდებელია. ასევე ვივარაუდოთ, რომ ყოველ დამაკავშირებელ ხაზზე შეიძლება გაიაროს $(1, 2, \dots, i, \dots, n)$ არხმა; ამასთან ყველა n ნაკადი არის პუასონური შემოსვლის ინტენსიურობით λ_i . ნაკადთა განაწილების გეგმა განსაზღვრულია წინასწარ და ენიჭება მარშრუტის შესაბამისი მატრიცით (ფიქსირებული მარშრუტიზაცია).

J გამომავალი ხაზით გადაცემის დრო განაწილებულია ექსპონენციალური კანონით პარამეტრით μ_j

ამგვარად, i მარშრუტიზატორში შედის L დამოუკიდებელი პუასონური ნაკადი (L -კავშირის შემომავალი ხაზი i მარშრუტიზატორიდან) მუდმივი ინტენსივობით $\lambda_1^i (i=1, \dots, L)$. l ნაკადის შეტყობინებას ემსახურება შესაბამისი l გამომავალი ხაზი შემოსვლის რიგითობის მიხედვით მომსახურების ხანგრძლივობით $1/\mu_j$. ამასთან, შემომავალი შეტყობინება აიყვანება მომსახურებაზე, თუ i მარშრუტიზატორის დამგროვებლის თუნდაც ერთი ბუფერი არის თავისუფალი. თუ ყველა ბუფერი დაკავებულია, მაშინ მარშრუტიზატორი ითვლება დაბლოკილად. ამ შემთხვევაში მომსახურებაზე აყვანილი ჯამური ნაკადის ინტენსივობა და მარშრუტიზატორის გამტარუნარიანობა განისაზღვრება, როგორც

$$\lambda_i^{გაბ} = \lambda_i^{შეშ} (1 - P_{N_i}) \text{ შეტყ./წ} \quad (2)$$

სადაც

$$\lambda_i^{გაბ} = \sum_{i=1}^L \lambda_i^i \quad (3)$$

არის ჯამური ნაკადის ინტენსივობა, შესული მომსახურებაზე i მარშრუტიზატორში; P_{N_i} - მარშრუტიზატორის ბლოკირების ალბათობა, რომლის ტევადობაც შეადგენს N_i .

მარშრუტიზატორის ბლოკირების ალბათობა განსახილველი დაშვებებისა და ბუფერული დამგროვებლის ორგანიზაციის ხელმისაწვდომი სქემისათვის განესაზღვროთ გამოსახულებით:

$$P_{n_i} = P_0 G(N_i) \quad (4)$$

სადაც P_0 -არის ალბათობა იმისა, რომ სისტემა ცარიელია:

$$P_0^{-1} = \sum_{l=1}^L A_l \frac{1 - \rho_l^{N_l+1}}{1 - \rho_l} \quad (5)$$

$$G(N_i) = \sum_1^L A_l \rho_l^{N_i} \quad (6)$$

$$A_i = \prod_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^L \frac{1}{(1 - \frac{\rho_k}{\rho_l})} \quad (7)$$

$$\rho_l - 1 \text{ გამომაგალი ხაზის ჩატვირთვა: } \rho_i = \frac{\lambda_i^i}{\mu_i}$$

ყოველი მარშრუტიზატორისა და ქსელის მთლიანად გამტარუნარიანობის განსაზღვრისას ვივარაუდოთ, რომ l გამომაგალი ხაზის მიერ შეტყობინების მომსახურების პროცესში (შესაბამისი მმს-მიერ) მისი ასლი ინახება დამგროვებელში მანამ სანამ არ იქნება მიღებული დადასტურება (ქვითარი) დროის ამოწურვის შემდეგ T^{ack} ან დროის ამოწურვამდე T^{out} . თუ ქვითარი გადაცემულ შეტყობინებაზე შედის დროის ამოწურვამდე T^{out} , მაშინ ბუფერი თავისუფლდება, თუ ქვითარი არ შედის, დრო T^{out} კი ამოწურა, მაშინ შეტყობინების გადაცემა მეორდება. გადაცემის გამეორება ხდება ქვითრის მიღებამდე T^{ack} და T^{out} სიდიდეების დასაშვები მნიშვნელობები ჩაითვლება მინიჭებულად.

თუ გავითვალისწინებთ ზემოთ აღნიშნულ დაშვებებსა და იმის ალბათობას, რომ L -კავშირის ხაზით გადაცემულ შეტყობინებას შეიძლება გააჩნდეს ერთი ან რამდენიმე შეცდომა (ამის ალბათობა განისაზღვრება სიდიდით $\rho_{შეცდომა}$), საშუალო დრო T_l^i l -მიმართულების

შეტყობინების ყოფნა i მარშრუტიზატორში, შეიძლება განისაზღვროს, როგორც:

$$T_i^i = \frac{1}{\mu_i \{1 - (f_i + \rho_{შვც}) + f_i \rho_{შვც}\}} + \frac{T^{out} \{f_i + \rho_{out} - \rho_{out} f_i\}}{\{1 - (f_i + \rho_{შვც}) + f_i \rho_{შვც}\}} + T^{ack} \quad (8)$$

გამოსახულებაში (8) f_i -არის ბლოკირების ალბათობა მეზობელი მარშრუტიზატორისა, რომელიც შეერთებულია განსახილველ i -გამომავალ საზთან. ამ პირობებში ნაკადის მომსახურების ინტენსივობა i -გამომავალ საზზე განისაზღვრება სიდიდით $\mu_i^i = \frac{1}{T_i^i}$ i - საზის

ჩატვირთვა - სიდიდით $\rho_i = \frac{\lambda_i^i}{\mu_i^i} = \lambda_i^i T_i^i$

ამგვარად, ვივარაუდოთ, რომ ქსელის მარშრუტიზატორები წარმოადგენენ $M/M/1$ ტიპის მშს გაერთიანებას N_i ტევადობის საერთო ხელმისაწვდომი დამგროვებლით, რომლის ბლოკირების ალბათობა განისაზღვრება (4) გამოსახულებით.

i მარშრუტიზატორის i -მიმართულების შეტყობინების D_i^i დაყოვნების საშუალო დროის და \bar{n}_i საშუალო რიცხვი განისაზღვრება, როგორც:

$$\bar{n}_i = \frac{\rho_i \sum_{k=0}^{N_i} (1 - \rho_i^{N_i-k}) G(k)}{1 - \rho_i \sum_{k=0}^{N_i} G(k)} \quad (9)$$

სადაც

$$G(k) = \sum_{l=1}^L A_l \rho_i^k \quad (10)$$

$$D_i^i = \bar{n}_i / \lambda_i^{i \text{ და }} = \frac{\bar{n}_i}{\lambda_i^i (1 - P_{N_i})} \quad (11)$$

ამგვარად, (4) - (11) გამოსახულებების გამოყენებით შეიძლება განისაზღვროს შეტყობინების დაყოვნების საშუალო მნიშვნელობა P_N და ბლოკირების ალბათობა ქსელის ყოველი მარშრუტიზატორის გამომავალ D_i მიმართულებაზე იმ პირობით, რომ: ყველა

მარშრუტიზატორი არის დამოუკიდებელი, ცნობილია მარშრუტები შეტყობინების გადაცემის არხებისათვის, მარშრუტიზატორის გამტარუნარიანობა განისაზღვრება (2) გამოსახულების შესაბამისად.

ამ შემთხვევაში ალგორითმის გამოთვლა არის იტერაციული და შეიცავს შემდეგ ოპერაციებს:

1. განისაზღვროს P_{N_i} და D_i^i მნიშვნელობა ყველა $i = 1, \dots, M$, სადაც M არის მარშრუტიზატორების რიცხვი განსახილველ ქსელში იმ ვარაუდით, რომ ყოველ მარშრუტიზატორში შედის მხოლოდ გარე ნაკადები მარშრუტიზატორის აბონენტებისაგან.
2. განისაზღვროს P_{N_i} და D_i^i მნიშვნელობა ($i = 1, \dots, M$) იმ ვარაუდით, რომ ყოველ მარშრუტიზატორში შედის შეტყობინებათა როგორც გარე, ასევე ტრანზიტული ნაკადები, რომელიც მიღებულია ნაკადთა განაწილების მინიჭებული ფიქსირებული გეგმის შესაბამისად. შესაბამის მარშრუტიზატორში შესული ტრანზიტული ნაკადების ინტენსივობის განსაზღვრისას გამოიყენება მნიშვნელობები, რომელიც მიღებულია წინა იტერაციაში.
3. მოხდეს D_i^i მნიშვნელობის შედარება ყველა $i = 1, \dots, M$, რომელიც, მიღებულია მოცემულ იტერაციაში, წინა იტერაციაში მიღებულ შესაბამის მნიშვნელობებთან. თუ ეს მნიშვნელობები განსხვავდებიან არაუმეტეს წინასწარ მინიჭებული 1 სიდიდით, მაშინ გამოთვლები უნდა შეწყდეს. წინააღმდეგ შემთხვევაში უნდა გამეორდეს 2 ოპერაცია.

მეორე ამოცანის გადაჭრა

იმ გარე ნაკადების მაქსიმალურად შესაძლო მნიშვნელობების განსაზღვრის ამოცანის გადასაჭრელად, რომლებიც ავსებს განსახილველ ქსელს და უზრუნველყოფს მინიჭებულ დაყონების საშუალო სიდიდეს კავშირის ხაზზე გადაცემისას საწყისიდან დანიშნულების მარშრუტიზატორამდე, წარმოვიდგინოთ ქსელის

მარშრუტიზატორები M/M/1 ტიპის მშს გაერთიანებად შეუზღუდავი ტევადობის საერთო ხელმისაწვდომი დამგროვებით [48].

ამასთან ვივარაუდოთ, რომ შეტყობინებათა სიგრძეს აქვს ექსპონენციალური განაწილება საშუალო მნიშვნელობით b ბიტი; l -კავშირის ხაზის გამტარუნარიანობა განისაზღვრება სიდიდით $\mu(l) = C(l)/b$ შეტყობინება/ც, სადაც $C(l)$ - არის l -კავშირის ხაზის ტევადობა; შეტყობინების დაყოვნების საშუალო ხანგრძლივობა განისაზღვრება l -კავშირის ხაზით გადაცემის ხანგრძლივობით. კავშირის ყოველ ხაზზე შეიძლება გაიაროს $(1, \dots, n)$ შეტყობინების გადაცემის არხმა, ამასთან შეტყობინების გადაცემის i არხზე პაკეტის შესვლა არის პუასონური პროცესი ინტენსივობით γ_i ; სისტემა განიხილება სტატიკურ მდგომარეობაში. ამ ვარაუდებისას, თუ კავშირის l -ხაზზე გაივლის შეტყობინების გადაცემის არხი $(1, \dots, n)$ შემოსვლის ინტენსივობით $(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n)$, მაშინ კავშირის ამ ხაზით გადაცემული შეტყობინების საშუალო დაყოვნება ტოლი იქნება

$$B_l = \frac{1}{(\mu(l) - \sum_{i=1}^n \gamma_i)} \quad (12)$$

შეტყობინების საერთო საშუალო დაყოვნება შეტყობინების გადაცემის მთელ j - არხზე, რომელიც მოიცავს კავშირის ხაზებს (k_1, k_2, \dots, k_m) , ამ შემთხვევაში ტოლია:

$$Z_j = \sum_{i=1}^m B_{k_i} \quad (13)$$

შემდეგ ამოცანა დადის γ_i შეტყობინებათა შემოსვლის მაქსიმალურად შესაძლო ინტენსივობის განსაზღვრამდე შეტყობინებათა გადაცემის ქსელის ყველა არხისთვის, რომელიც უზრუნველყოფს ქსელში შეტყობინების დაყოვნების მოთხოვნილ საშუალო მნიშვნელობას კავშირის ხაზისა და ნაკადთა განაწილების გეგმის მინიჭებული ტევადობისას, ანუ ქსელის გამტარუნარიანობასა და დაყოვნების დასაშვებ მნიშვნელობებს შორის ოპტიმალური თანაფარდობის მიღებამდე.

ამასთან, ინტენსივობა ნაკადისა, რომელის შედის კავშირის l ხაზში $\gamma(l)$, ტოლია ჯამისა γ_i ნაკადების ინტენსივობის, შეტყობინებათა

გადაცემის არხების (1, , n), რომელიც იყენებს კავშირის მოცემულ ხაზს:

$$\gamma(l) = \sum_{i=l}^n \gamma_i \quad (14)$$

განსახილველი ამოცანის გადასაწყვეტად გამოვიყენოთ ნაკადთა განაწილების ფიქსირებული გეგმისას ქსელის მარშრუტიზატორების მოკორესპონდირე წყვილებს შორის კავშირის ხაზების ტევადობის ოპტიმალური განაწილების მეთოდი.

დავუშვათ γ_i -ნაკადის ინტენსივობა მარშრუტიზატორების i წყვილს შორის, რომელიც გამოიყენებს კავშირის l ხაზს. მაშინ i წყვილი „ავსებს“ კავშირის l ხაზს, თუ $\gamma_i = x_i(r(l))$, სადაც $r(l) = \mu(l) - \bar{\gamma}(l)$ - კავშირის ხაზის დარჩენილი გამოუყენებელი ტევადობა, $\bar{\gamma}(l)$ - ნაკადთა ჯამური ინტენსივობა მარშრუტიზატორების სხვა წყვილებს შორის (გარდა i), რომელიც იყენებს კავშირის l ხაზს; x_i - რაღაც კოეფიციენტი, რომელიც განსაზღვრავს მარშრუტიზატორების i წყვილის მიერ კავშირის მოცემული ხაზის ტევადობის გამოყენებას. კავშირის ხაზი ითვლება გადატვირთულად, თუ $\gamma_i > x_i(r(l))$.

ამგვარად, მარშრუტიზატორების i წყვილი „გაჯერებულია (სავსეა)“, თუ კავშირის თუნდაც ერთი ხაზი, რომლითაც გაივლის შეტყობინებათა გადაცემის ხაზი ნაკადის მომსახურებისათვის ინტენსივობით γ_i , გაჯერებულია (სავსეა) და არც ერთი არაა გადატვირთული. კავშირის ხაზების ტევადობის ტევადობის განაწილება ითვლება ოპტიმალურად, თუ მარშრუტიზატორების ყველა მოკორესპონდენტო წყვილი გაჯერებულია (სავსეა).

იმისათვის, რომ თავიდან იქნას აცილებული B_l სიდიდის მკვეთრი ზრდა, როცა $(x_i(r(l))) \rightarrow 0$, შემოგვაქვს გარკვეული ზღვარი კავშირის ხაზის ტევადობის გამოყენებისათვის. ჩავთვალოთ, რომ γ_i არ უნდა აღემატებოდეს $0.8\mu(l)$.

ამგვარად, მარშრუტიზატორების i წყვილის გაჯერება (სავსეობა) განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$\gamma_i = \min_{l \in I(i)} x_i(r(l)) \quad (15)$$

სადაც $I(i) = \{l_1, l_2, \dots, l_m\}$ არის კავშირის მრავალი ხაზი, რომელზეც გაივლის შეტყობინებათა გადაცემის i არხი (მარშრუტიზატორების i წყვილს შორის ნაკადის მომსახურებისათვის).

გამოსახულებას (15) ასევე გააჩნია ჩაწერის სხვა ფორმაც:

$$\gamma_i = \min x_i / B_l^i \quad (16)$$

რადგან $B_l^i = 1 / \{\mu(l) - \tilde{\gamma}(l)\} = 1 / r(l)$

ცხადია, რომ გამოსახულება (16) განსაზღვრავს დამოკიდებულებას კავშირის l ხაზის გამტარუნარიანობასა და შეყოვნების საშუალო მნიშვნელობას შორის.

იტერაციული პროცედურა იმ გარე ნაკადების ინტენსივობის განსაზღვრისა, რომლებიც უზრუნველყოფენ დაყოვნების მინიჭებულ საშუალო მნიშვნელობას შეტყობინების გადაცემისას გამომავალიდან (საწყისიდან) დანიშნულების მარშრუტიზატორამდე, მოიცავს შემდეგ ოპერაციებს:

1. განისაზღვროს ტევადობის მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნელობა კავშირის $\gamma(l_j)$ ხაზისა, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იყოს მარშრუტიზატორების ყოველი გაუჯერებული (არა სავსე) წყვილის j -იტერაციაზე ყველა $l=1, \dots, L_{\text{საერთო}}$, სადაც $L_{\text{საერთო}}$ - ქსელში კავშირის ხაზების საერთო რაოდენობაა:

$$\gamma(l, j) = x \left[\frac{\mu(l) - \gamma_{\text{გაჯერება}}(l, j)}{1 + \xi x} \right] \quad (17)$$

სადაც, $\gamma_{\text{გაჯერება}}(l, j)$ - ჯამური ინტენსივობა ნაკადებისა მარშრუტიზატორების წყვილებს შორის, რომლებიც იყენებდნენ კავშირის l ხაზს და იყო გაუჯერებული (სავსე) j -იტერაციამდე. ξ -მარშრუტიზატორების წყვილების რაოდენობა, რომლებიც

იყენებდნენ კავშირის 1 ხაზს და არ იყო გაჯერებული (სავსე) j -იტერაციამდე.

2. განისაზღვროს γ_h ყველა $h=1, 2, \dots, H$ (სადაც H – მარშრუტიზატორების არასავსე წყვილების რიცხვია, როგორც

$$\gamma_h = \min_{l \in I(h)} \gamma(l, j) \quad (18)$$

3. განისაზღვროს მარშრუტიზატორების რომელი წყვილი გადავიდა გაჯერებული (სავსე) მდგომარეობაში ოპერაცია 2 შესრულების შემდეგ, ანუ წყვილები, რომელთათვისაც

$$\gamma_q = \min x_q / B_j^q \quad (19)$$

სადაც $q=1, \dots, Q$ - ქსელში მარშრუტიზატორების მიმსწრაფვი (gravitating) წყვილის რიცხვი (რაოდენობა).

4. შედარება ნაკადის ინტენსივობის მნიშვნელობების, რომელიც მიღებულია j -იტერაციაზე მნიშვნელობებთან, რომელიც მიღებულია წინა $(j-1)$ -იტერაციაზე, ანუ შემოწმდეს, არის თუ არა მარშრუტიზატორების ყველა წყვილი გაჯერებული (სავსე).

ამასთან:

1. თუ თუნდაც ერთი წყვილი მარშრუტიზატორებისა არის გაუჯერებელი, მაშინ გადავდივართ 1 ოპერაციის შესრულებაზე.
2. თუ ყველა წყვილი მარშრუტიზატორებისა არის გაჯერებელი, მაშინ დავამთავროთ მუშაობა.

ზემოთ აღწერილი ალგორითმის მუშაობის პროცესში ყოველი წყვილი მარშრუტიზატორებისა, გაჯერებული j -იტერაციაზე, რჩება გაჯერებული $(j-1)$ -იტერაციაზეც, ამიტომ იტერაციის რიცხვის $U \leq Q$ შესრულების შემდეგ გაჯერებული იქნება მარშრუტიზატორების ყველა მიმსწრაფვი წყვილი.

ყოველ განხილულ ამოცანას აქვს დამოუკიდებელი მნიშვნელობა, ასევე შესაძლებელია მისი გამოყენება, როგორც ერთ-ერთი ეტაპისა იმ ქსელის გამტარუნარიანობის ანალიზის ამოცანის გადაჭრისას, რომელიც განსაზღვრებაში მოიცავს გარე ნაკადების მაქსიმალურად

შესაძლო ინტენსივობას, რომელიც აჯერებს გასაანალიზებელ ქსელს და უზრუნველყოფს შეტყობინების მიტანის დასაშვებ სიდიდეს გადაცემისას საწყისიდან დანიშნულების მარშრუტიზატორამდე, განსაზღვრული მარშრუტიზატორში მომსახურების ხანგრძლივობით (დროით) და კავშირის ხაზით გადაცემის ხანგრძლივობით. ამ შემთხვევაში გამტარუნარიანობის განსაზღვრის ალგორითმი ქსელისა ფიქსირებული მარშრუტიზაციით შედგება გაანგარიშების შემდეგი ეტაპებისაგან [49]:

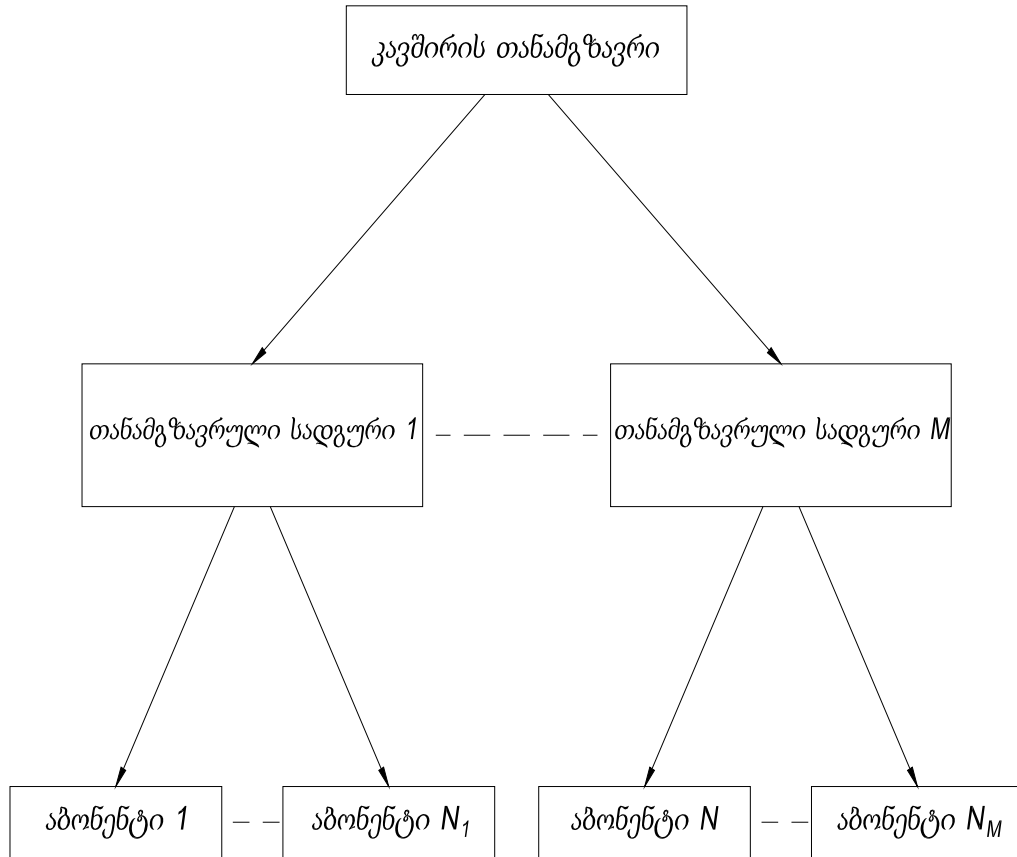
- I. ინტენსივობის განსაზღვრა გარე ნაკადებისა, რომელიც აჯერებს გასაანალიზებელ ქსელს და უზრუნველყოფს დაყოვნების მინიჭებულ საშუალო მნიშვნელობას შეტყობინების გადაცემისას საწყისიდან დანიშნულების მარშრუტიზატორამდე იმ პირობით, რომ ბუფერული დამგროვებელი ყოველ მარშრუტიზატორში არის შეუზღუდავი, დაყოვნების საშუალო მნიშვნელობა კი განისაზღვრება მხოლოდ კავშირის ხაზებით გადაცემის დროით (ხანგრძლივობით). ანალიზის ამ ეტაპზე სრულდება (ტარდება) ოპერაცია 1-4 ალგორითმისა, რომელიც გამოყენებული იყო მეორე ამოცანის გადასაჭრელად. მოცემული ეტაპის შესრულების შემდეგ ვიღებთ მნიშვნელობას ნაკადისა, რომელიც გადაიცემა განსახილველი ქსელის მარშრუტიზატორების ყველა მიმსწრაფვი (gravitating) წყვილს შორის.
- II. განსაზღვრა მარშრუტიზატორების ბლოკირების ალბათობისა და დაყოვნების საშუალო მნიშვნელობებისა, რომელიც განისაზღვრება მარშრუტიზატორში მომსახურების დროით, წარმოქმნილი ნაკადების გადაცემისას, მიღებული ანალიზის I ეტაპზე, N_i მარშრუტიზატორებში ბუფერული დამგროვებლებლების მოცულობის მინიჭებული შეზღუდვისას. ანალიზის ეს ეტაპი სრულდება იმ ალგორითმის შესაბამისად, რომელიც გამოყენებული იყო პირველი ამოცანის გადაწყვეტისას.

- III. განსაზღვრა დაყოვნების ჯამური საშუალო მნიშვნელობისა შეტყობინების გადაცემის ყოველ არხზე - Z_r , (ყველა $r = 1, \dots, R$, სადაც R -ქსელში შეტყობინების გადაცემის არხების რიცხვი), რომელიც შეიცავს შესაბამის მარშრუტიზატორებში შეტყობინების მომსახურების საშუალო დროს და გადაცემის საშუალო დროს კავშირის ხაზებით, რომელზეც გადის შეტყობინების გადაცემის მოცემული არხი.
- IV. მიღებული Z მნიშვნელობების შედარება ქსელით შეტყობინების მიტანის საშუალო დროის დასაშვებ მნიშვნელობებთან $D_{დას}^{\Sigma}$ თუ $Z_r \leq D_{დას}^{\Sigma} (r = 1, \dots, R)$, მაშინ ვასრულებთ ქსელის ანალიზს. თუ თუნდაც ერთი მნიშვნელობა $Z_r > D_{დას}^{\Sigma}$ მაშინ ვუბრუნდებით ანალიზის I ეტაპს და ვამცირებთ კავშირის ხაზებით დაყოვნების საშუალო სიდიდის შესაბამის დასაშვებ მნიშვნელობას - $D_{დას}$.

4.3 ვიდეოკონფერენციისათვის თანამგზავრული ქსელის გამოყენება

თანამგზავრული ქსელის სტრუქტურული სქემა შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით: ნახ.19. აბონენტები უერთდებიან თანამგზავრულ კავშირს დედამიწაზე განლაგებული თანამგზავრული სადგურების (M სადგურების) განსაზღვრული რაოდენობის მეშვეობით, რომლებიც კავშირს ახორციელებენ თანამგზავრული რეტლანსლატორის საშუალებით C სტანდარტული არხების საერთო მოცულობით არხების კომუტაციის სისტემის მიხედვით.

i სადგურს გააჩნია N_i ერთგვაროვანი აბონენტები, ყოველი მათგანი თავისუფალ მდგომარეობაში ახდენს გენერირებას შეტყობინების ინტენსივობით ϵ_i , ისე, რომ n_i არსებობისას შეტყობინება i - სისტემაში $\lambda_i(n_i) = (N_i - n_i)\epsilon_i$.



ნახ.19. თანამგზავრული კავშირის სისტემების სქემა

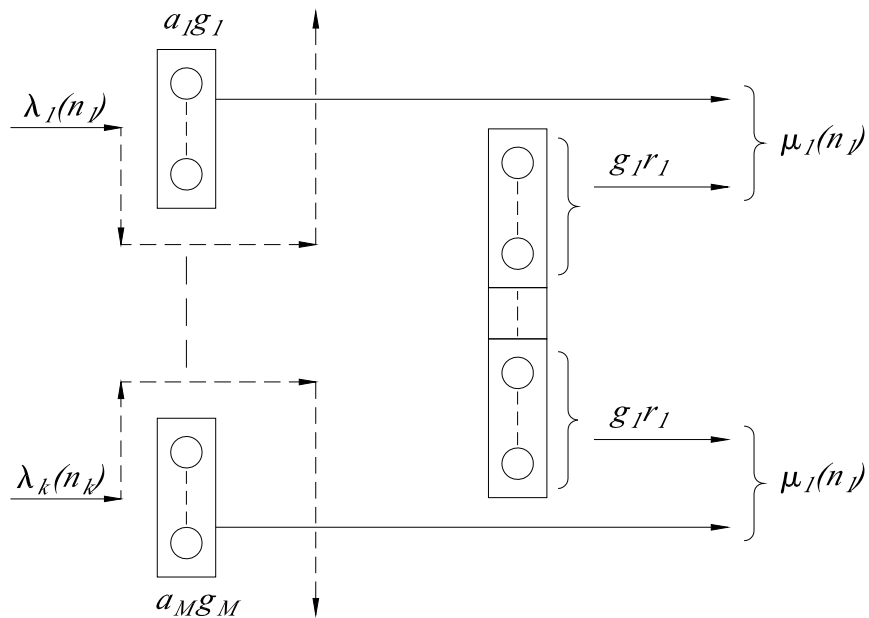
შეტყობინებათა სიგრძე დამოუკიდებელია და აქვს ექსპონენციალური განაწილება საშუალოდ $1/\mu_i$. ამასთან, ყოველი შეტყობინება მომსახურების მთელი დროის განმავლობაში მოიხმარს ერთდროულად g_i სტანდარტულ არხებს, $i = \overline{1, M}$.

რეტრანსლიატორის C არხებიდან i სადგურისათვის შეიძლება გამოყოფილი იყოს ინდივიდუალური ზონა a_i შეტყობინებაზე, რომელიც მოიცავს $b_i = a_i g_i$ არხებს, a, b და $c = C - b$, არხები შედის, შესაბამისად ინდივიდუალურ და ყველა სადგურისათვის საერთო პულში. საერთო პულში i სადგურისათვის შეიძლება დადგენილი იყოს მაქსიმალური ზღვარი $r_i g_i$ არხებისა r_i -შეტყობინებაზე, სადაც

$$r_i g_i \leq c, i = \overline{1, M}, \sum_{i=1}^M r_i g_i \geq c \quad (20)$$

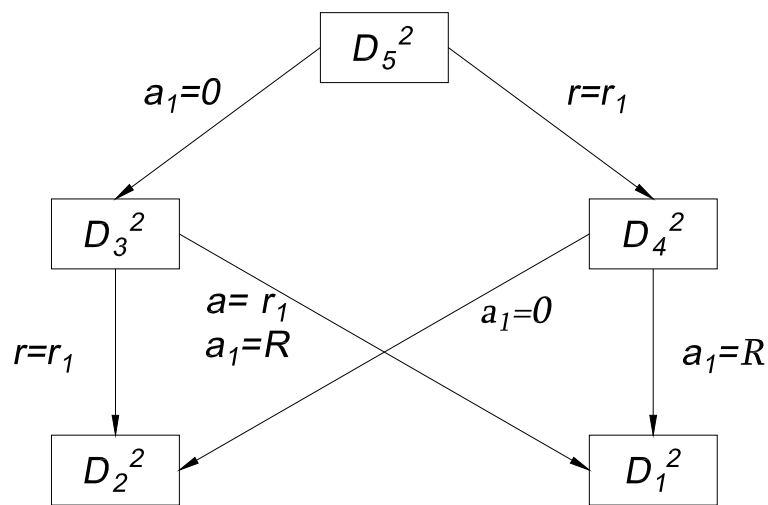
თუ ყველა არხი, ხელმისაწვდომადი i სადგურისათვის, არის დაკავებული, მაშინ კვლავ შემოსული I შეტყობინება იკარგება. შენიშვნა: აქ ფაქტიურად განიხილება მხოლოდ გამომავალი კავშირის შემთხვევა, როცა დანაკარგი მიმღები სადგურის შეზღუდვის გამო შეიძლება მსხვედველობაში არ მივიდეთ.

ნახ.20. არის ილუსტრაცია მმს $\langle S^2, U_5 \rangle$, სადაც S - არის სტრუქტურა და U - ალგორითმი, რომელიც არის მოდელი თანამგზავრული რეტრანსლატორის ტევადობის განაწილების ზოგადი სქემისა. ამასთან $\gamma_i(n_i) = n_i g_i$, და $\mu_i(n_i) = n_i \mu_i$ არის შესაბამისად სწრაფქმედება მმს, რომელიც ამოქმედებულია i -შეტყობინებისათვის, და მათი მომსახურების ჯამური ინტენსივობა, როცა მათი რიცხვი მმს-ში ტოლია n_i . C და g ფიქსირებით და a და r პარამეტრების მნიშვნელობების ვარირებით, შეიძლება მმს-დან (S^2, U_5) მივიდეთ მმს (S^2, U_u) , $u=1,4$. a, r პარამეტრების პირობა (S^2, U_u) -თვის და სივრცისთვის D_u^2 , $u=1,5$, რომელიც შეესაბამება მარკოვის პროცესებს მოყვანილია 1 ცხრილში, კავშირი ყველა მმს-ს შორის არის ისეთი ხასიათის, როგორც ნახ.21-ზე.



ნახ.20. თანამგზავრული რეტრანსლატორის მოცულობის განაწილების მოდელი

ამასთან, მთელრიცხვულობის მოთხოვნებიდან გამომდინარე შემოდის სიმბოლო $|x|$ - მთელი ნაწილი რიცხვისა $x \geq 0$, პირობა $g_i \geq 1$ იძულებულს გვხდის ზოგიერთ შემთხვევაში შევცვალოთ ტოლობა უტოლობით (მაგალითად $b \leq C$). თუ ვივარაუდებთ, რომ $g=1$, $b=a$, $C=R$, $c=r$, შევინარჩუნებით a, r პარამეტრებს და შევცვლით $g > 1$ პირობით გამოწვეული უტოლობას ტოლობით, (S^2, U_a) სქემის ნაცვლად ვიღებთ, (S^1, U_a) , $a=1,5$ სქემას.



ნახ.21. მასობრივი მომსახურების სისტემებს შორის კავშირი

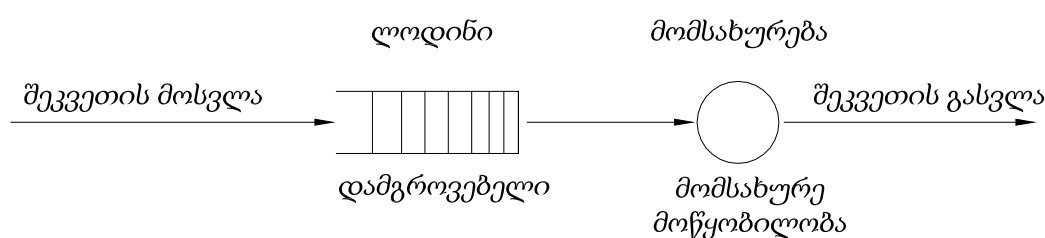
ცხრ.1.-ში მოყვანილია სქემის ძირითადი ტიპები, რომლებითაც შეიძლება მოეწეოს თანამგზავრული სისტემების მოდელი.

ცხრილი 1. თანამგზავრული სისტემების კავშირის პირობა $\langle S^2, U_u \rangle$
 და სივრცე D_u^2 მდგომარეობისათვის

u	$\langle S^2, U_u \rangle$	D_u^2
1	$c=0, b \leq C$	$\{n = (n_1, \dots, n_M); 0 \leq n \leq a\}$
2	$a = 0; r_i = \left[\frac{c}{g_i} \right], i = \overline{1, M}$	$\{n: n \geq 0, \sum_{i=1}^M r_i g_i \leq C\}$
3	$a = 0; r_i = \left[\frac{c}{g_i} \right], i = \overline{1, M}$	$\{n: 0 \leq n \leq r, \sum_{i=1}^M r_i g_i \leq C\}$
4	$0 < b < C, 0 < c < C$	$\{n: n \geq 0, \sum_{i=1}^M g_i (n_i - a_i) \leq C\}$
5	$0 < b < C, 0 < c < C;$ $r_i = \left[\frac{c}{g_i} \right], i = \overline{1, M}$ $\sum_{i=1}^M r_i g_i \geq c$	$\{n: 0 \leq n \leq a + r, \sum_{i=1}^M g_i (n_i - a_i) \leq C\}$

4.4 მასობრივი მომსახურების სისტემები

მასობრივი მომსახურების სისტემა (მმს) ეწოდება სისტემას, რომლის ფუნქციონირების პროცესს წარმოადგენს მომსახურება. მომსახურების ობიექტს ეწოდება მოთხოვნა ან შეკვეთა. მომსახურების სისტემის გრაფიკული გამოსახულებას ააქვს შემდეგი სახე (ნახ.22.):



ნახ.22. მომსახურების სისტემის გრაფიკული გამოსახულება

მმს პროცესი მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

- მოთხოვნის მოსვლა;
- დაყოვნებ რიგში (აუცილებლობის შემთხვევაში);
- მოწყობილობაში მომსახურება;
- მოთხოვნის გასვლა სისტემიდან.

ნებისმიერი სისტემის შესწავლა მათ შორის მმს გულისხმობს მის ფორმალიზებას (აღწერას) ანუ სისტემის პარამეტრების განსაზღვრას, რომლებიც აუცილებელია და საკმარისი მისი ფუნქციონირების ანალიზისათვის.

ნებისმიერი მმს-ის ფორმალიზაციისათვის საჭიროა აღიწეროს:

1. სისტემაში შეკვეთის შესვლის პროცესი;
2. სისტემაში შეკვეთის მომსახურების პროცესი;
3. მომსახურების დისციპლინა.

მასობრივი მომსახურების თეორიის შესწავლის საგანს წარმოადგენს შეტყობინებების ნაკადების დამუშავების პროცესები, რომლებიც მოდიან მასობრივი მომსახურების სისტემაში (მმს), უფრო ზუსტად კი მათი რაოდენობრივი მახასიათებლები.

მმს-ის მაგალითად შეიძლება განვიხილოთ სატელეფონო სადგურები, ლოკალური და გლობალური გამოთვლითი ქსელები და ა.შ.

თეორიის ფუძემდებელია დანიელი მათემატიკოსი ა.კ. ერლანგი, რომლის შემდგომაც ამ თეორიის განვითარება მოხდა სხვა მეცნიერების ნაშრომებში.

მმს-ის მათემატიკური მოდელი მოიცავს ოთხ ძირითად ელემენტს: მოსული შეტყობინებების ნაკადს, მომსახურების სისტემას, ხარისხის მახასიათებლებს და მომსახურების დისციპლინას.

შეტყობინებების ნაკადში იგულისხმება ინფორმაცია გამოძახებების ნაკადის მოდელი (მოთხოვნა-შეერთებაზე) განაწილებას, შეტყობინებების მომსახურების ხანგრძლივობას მიმღებისა და გადამცემი შეტყობინებების მისამართების რაოდენობა და აგრეთვე შეტყობინებების გადაცემის ტიპი ანალოგური ან დისკრეტულია.

მომსახურების სისტემა ხასიათდება გამართვის სტრუქტურით და პარამეტრების ნაკრებით. მომსახურების დისციპლინა გულისხმობს მომსახურების მეთოდს (აშკარა დაკარგვა, ლოდინი, გამეორება ან კომბინირება), მომსახურების რიგითობა (მიმდევრობითი რიგი, შემთხვევითი წესრიგი ან პრიორიტეტული) და აგრეთვე სხვა ინფორმაცია, რომელიც ახასიათებს შეტყობინებების ნაკადს ზემოქმედების სისტემის მომსახურებაზე. მომსახურების ხარისხს მიეკუთვნებიან: შეტყობინებების აშკარა ან პირობითი დაკარგვის ალბათობა, შეტყობინებების დაყოვნების საშუალო დრო, რიგის საშუალო სიგრძე, მოსული გამოძახების დაკარგვის ალბათობა, მომსახურე დატვირთვის ინტენსიურობა.

მმს-ის გამოკვლევისას შეიძლება გადაწყვეტილი იქნას:

1. მმს-ის ანალიზის ამოცანები – მომსახურების ხარისხის განსაზღვრა, რომელიც დამოკიდებული იქნება შემოსული შეტყობინებების ნაკადის პარამეტრებზე და თვისებებზე. მომსახურების სისტემების პარამეტრებზე და სტრუქტურაზე.
2. პარამეტრული სინთეზის ამოცანები – მომსახურების სისტემების პარამეტრების განსაზღვრა მოცემულ სტრუქტურაში

შეტყობინებების ნაკადის პარამეტრების და თვისებების დამოკიდებულებით, მომსახურების ხარისხი და დისციპლინები.

3. სისტემის სტრუქტურის სინთეზის ამოცანები მისი პარამეტრების ოპტიმიზაციასთან. ამ შემთხვევაში იმისათვის, რომ მოცემულ ნაკადებში დისციპლინა და მომსახურების ხარისხის ღირებულება იყოს მინიმალური, გამოძახებების დანაკარგებიც მინიმალური უნდა იყოს.

მასობრივი მომსახურების თეორიის მათემატიკური აპარატი ეყრდნობა ფარდობითობის თეორიას, კომბინატორიკას და მათემატიკურ სტატისტიკას. მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდები გამოიყენება მონაცემების დამუშავებაში, შეტყობინებების ნაკადების და მომსახურების ხარისხის მაჩვენებლების გასაზომად რეალურ სისტემაში, აგრეთვე ასეთი სისტემების მოდელირებაში ელ. გამოთვლელ მანქანებში. კონკრეტული ამოცანების გადასაწყვეტად აგრეთვე გამოიყენება მათემატიკის სხვა ნაწილებიც. მაგალითად, ხაზობრივი ალგებრა, დიფერენციალური და ინტეგრალური აღრიცხავა, გრაფების თეორია და სისტემური ანალიზი.

ძირითად ინსტრუმენტად მასობრივი მომსახურების თეორიის (მმთ) გამოსაკვლევად გამოიყენება ფარდობითი მდგომარეობის განტოლებები, რომლებიც დაფუძნებული არიან სტატისტიკური წონასწორობის პრინციპზე. მომსახურების სისტემებისათვის შემოდის მდგომარეობის ცნება. ყველაზე მარტივ შემთხვევაში სისტემის მდგომარეობა ხასიათდება ერთი შემთხვევითი ცვლადით, მაგალითად, დაკავებული ხაზების რიცხვით.

შემდეგი გამოძახებისას ან შეტყობინების მომსახურების დასრულებისას ან მუშაობის ფაზის ცვლილებისას სისტემა ცვლის თავის მდგომარეობას. ერთი მდგომარეობიდან მეორე მდგომარეობაში გადასვლის ინტენსივობა ჩვეულებრივ, ცნობილია გამოძახებების ნაკადის თვისებებზე დაყრდნობით. ეს საშუალებას იძლევა აეწიოს მდგომარეობის განთავსების გრაფა და შედგეს განტოლებების სისტემა, რომლებიც დააკავშირებს ერთმანეთთან დამაკავშირებელი მდგომარეობების ალბათობას. სისტემა შეიძლება შესრულდეს

ანალიტიკური ან რიცხვითი მეთოდით. ანალიტიკური მეთოდის მაგალითია ერლანგის, ენგსეტის, ბერნულის, პუასონის განაწილებები.

ანალიტიკური გადაწყვეტის არ არსებობისას რიგ შემთხვევებში შესაძლებელია აიგოს გამოთვლითი ალგორითმი.

უფრო უნივერსალურს, ამოცანისათვის მოხერხებულს წარმოადგენს სტატიკური მოდელირების მეთოდი. მომსახურების პროცესის მათემატიკური მოდელი ამ შემთხვევაში ხორციელდება, როგორც ელ. გამომთვლელი მანქანის პროგრამა. მოდელირება საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ მომსახურების ხარისხის მახასიათებლები კონკრეტული ნაკადის პარამეტრებისათვის და მოცემული მომსახურების დისციპლინებისათვის.

მოდელირების შედეგები გამოიყენება იმ ჰიპოთეზების და დაშვებების შესამოწმებლად, რომლებიც მიღებულია ემპირიული კოეფიციენტებით. მოდელირებისას მიიღებენ ხარისხის მომსახურების მახასიათებლების მიახლოებით შეფასებას. თუმცა დროის გაზრდის ხარჯზე და აგრეთვე სპეციალური მოდელირების მეთოდების გამოყენებით მიიღწევა საჭირო სიზუსტე.

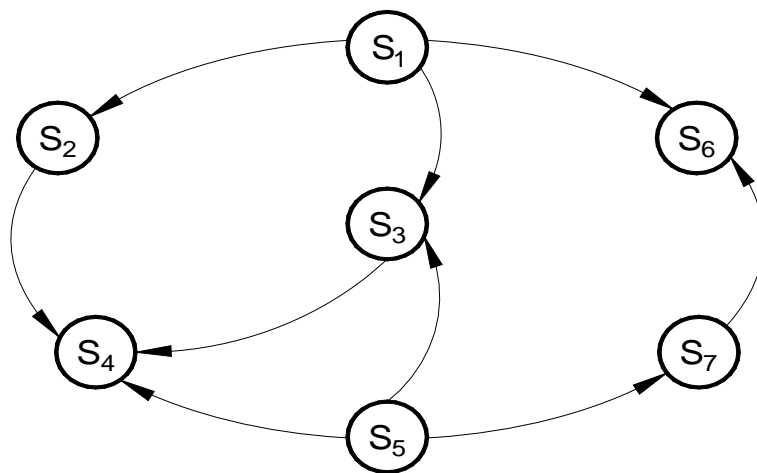
მასობრივი მომსახურების თეორიის ძირითად ამოცანას წარმოადგენს ოპტიმალური რაოდენობრივი დამოკიდებულების დადგენა მოთხოვნების შემავალ ნაკადს, მომსახურე საშუალებებსა და მოთხოვნების გამომავალ ნაკადებს შორის. ამ ამოცანის ერთ-ერთი ძირითადი თავისებურება ისაა, რომ მათში მიმდინარე მოვლენები შემთხვევით ხასიათს ატარებს. კერძოდ, მოთხოვნათა შემავალი ნაკადი არის შემთხვევითი სიდიდე. მომსახურების დროც აგრეთვე შემთხვევით სიდიდეს წარმოადგენს და გამომდინარე აქედან, გამომავალი ნაკადიც შემთხვევით ხასიათს ატარებს.

მასობრივი მომსახურების სისტემის ძირითად კომპონენტებს წარმოადგენს შემავალი ნაკადი, რიგი, მომსახურების საშუალებები და გამომავალი ნაკადი.

შემავალი ნაკადი შედგება მოთხოვნებისგან, რომლებიც შედის მმს-ში მომსახურებისათვის. მოთხოვნა არის მიმართვა მომსახურების მოთხოვნილებათა დასაკმაყოფილებლად. რიგს შეადგენს მოთხოვნები, რომლებიც იმყოფება მმს-ში და ელოდება მომსახურების დაწყებას.

გამომავალი ნაკადი – მოთხოვნები, რომლებიც ტოვებს სისტემას, როგორც მომსახურების შედეგად, ასევე მომსახურების გარეშე. მმს-ში მიმდინარე პროცესები განისაზღვრება შემთხვევითი ფაქტორებით. ასეთ პროცესებს ეწოდებათ შემთხვევითი. სისტემას ახასიათებს დინამიკურობის თვისება, რომლის თანახმადაც იგი იცვლება დროის მიხედვით, ე.ი. გადადის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში. თუ ეს გადასვლები შემთხვევით ხასიათს ატარებს, მაშინ სისტემაში ხორციელდება შემთხვევითი პროცესი.

თუ სისტემის მომავალი მდგომარეობის ალბათობა დამოკიდებულია მხოლოდ აწემო მდგომარეობაზე (წინა მდგომარეობისგან დამოუკიდებლად), მაშინ მათ მარკოვის პროცესებს უწოდებენ. მარკოვის შემთხვევით პროცესს ეწოდება პროცესი დისკრეტული მდგომარეობებით, თუ სისტემის გადასვლა ერთი მდგომარეობიდან მეორეში ხორციელდება დროის დისკრეტულ მომენტებში, ე.ი. ნახტომებით. მარკოვის შემთხვევითი პროცესები განიხილება აგრეთვე უწყვეტი მდგომარეობებისათვის. ამ სისტემაში ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა ხდება მწყობრად. შემთხვევითი პროცესი შეიძლება წარმოვადგინოთ გრაფის სახით (ნახ.23.), რომლის მწვერვალები ასახავს მდგომარეობებს, ხოლო რკალები ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლებს. S_i -ით აღნიშნულია სისტემის i -ური მდგომარეობა.



ნახ.23. სისტემის მდგომარეობის გრაფი

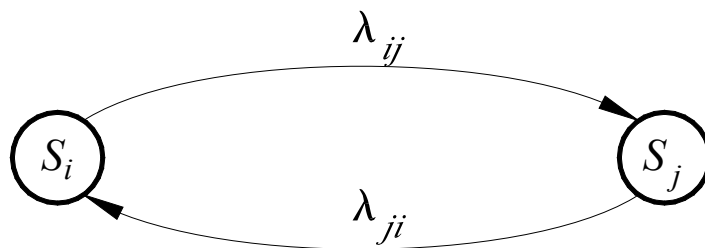
თუ სისტემის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა ხდება დროის მკაცრად განსაზღვრულ მომენტებში, მაშინ ასეთი შემთხვევითი პროცესები წარმოადგენს პროცესებს დისკრეტული დროით.

თუ სისტემის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლა ხდება დროის შემთხვევით მომენტებში, მაშინ ასეთი პროცესები წარმოადგენს პროცესებს უწყვეტი დროით.

მარკოვის შემთხვევითი პროცესები დისკრეტული მდგომარეობითა და დროით, შეიძლება წარმოდგენილ იქნას $S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_n$ მდგომარეობათა მიმდევრობის სახით: $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_2 \rightarrow S_4 \rightarrow S_6 \rightarrow S_3 \rightarrow S_5$

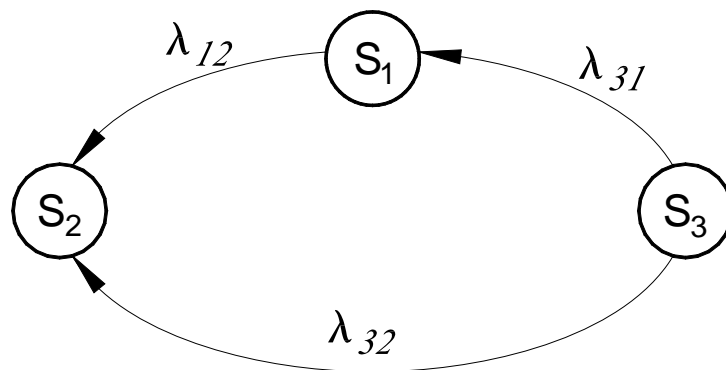
ზოგად შემთხვევაში მიმდევრობა შეიძლება იყოს ნებისმიერი, ე.ი. სისტემის გადასვლები შეიძლება განხორციელდეს ნებისმიერ მდგომარეობაში, მათ შორის ისეთშიც, რომელშიც იმყოფება სისტემა. სისტემებში დისკრეტული მდგომარეობით ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლები ხორციელდება ნახტომებით, ბიჯებით. თუ ყოველი ბიჯისთვის ნებისმიერი S_i მდგომარეობიდან S_j მდგომარეობაში გადასვლის ალბათობა არ არის დამოკიდებული იმაზე, თუ როგორ მივიდა სისტემა S_i მდგომარეობაში, მაშინ ასეთ მიმდევრობას ეწოდება მარკოვის ჯაჭვი.

მარკოვის ჯაჭვის ანალიზის დროს, თითოეული გადასვლისას ნაჩვენები უნდა იყოს λ_{ij} ნაკადის ინტენსიურობა, რომელსაც სისტემა გადაჰყავს S_i მდგომარეობიდან S_j -ში. λ_{ij} ინტენსიურობას ჩვეულებრივ მიუთითებენ მდგომარეობების გრაფის რკალებზე (ნახ.24).



ნახ.24. მარკოვის შემთხვევითი პროცესი დისკრეტული მდგომარეობებით

ვთქვათ, $p_i(t)$ არის ალბათობა იმისა, რომ t დროის მომენტში სისტემა იმყოფება S_i მდგომარეობაში. მარკოვის პროცესის მდგომარეობათა გრაფის მეშვეობით შესაძლებელია განისაზღვროს $p_1(t), p_2(t), \dots, p_i(t), \dots, p_n(t)$ მდგომარეობის ალბათობები კოლმოგოროვის განტოლებების თანახმად. განვიხილოთ ამ განტოლებების აგების პრინციპები მდგომარეობათა გრაფის მაგალითზე (ნახ.25). მოცემული გრაფის მდგომარეობათა ალბათობები ავლნიშნოთ $p_1(t), p_2(t), p_3(t)$.



ნახ.25. სისტემის მდგომარეობის ცვლილება Δt განმავლობაში

პირველ რიგში განვსაზღვროთ $p_1(t)$. ამისათვის t -ს მივცეთ Δt ნაზრდი. შემდეგ განვსაზღვროთ $p_1(t + \Delta t)$ ალბათობა იმისა, რომ $t + \Delta t$ მომენტში სისტემა იქნება S_1 მდგომარეობაში. ეს შეიძლება განხორციელდეს 2 ხერხით:

1. t დროის მომენტში სისტემა იმყოფება S_1 მდგომარეობაში და Δt დროის განმავლობაში არ გამოვიდა ამ მდგომარეობიდან;
2. t დროის მომენტში სისტემა იმყოფება S_3 მდგომარეობაში და Δt დროის განმავლობაში გადავიდა S_1 მდგომარეობაში;

ალბათობა იმისა, რომ t დროის მომენტში სისტემა იმყოფება S_1 მდგომარეობაში და Δt დროის განმავლობაში არ გამოვიდა ამ მდგომარეობიდან ტოლია ორი ალბათობის ნამრავლისა. პირველი თანამამრავლი $p_1(t)$ არის ალბათობა იმისა, რომ t დროის მომენტში სისტემა იმყოფება S_1 მდგომარეობაში, ხოლო მეორე თანამამრავლი $p_2(\Delta t)$ არის პირობითი ალბათობა იმისა, რომ Δt დროის განმავლობაში

სისტემა არ გადავა S_2 მდგომარეობაში იმ პირობით, რომ Δt მომენტამდე სისტემა იმყოფება S_1 მდგომარეობაში. ეს პირობითი ალბათობა განისაზღვრება შემდეგნაირად. შემთხვევითი პროცესების თეორიიდან ცნობილია, რომ

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{ij}(\Delta t)}{\Delta t} = \lambda_{ij} \quad (21)$$

სადაც $P_{ij}(\Delta t)$ პირობითი ალბათობაა იმისა, რომ Δt დროის განმავლობაში სისტემა S_i მდგომარეობიდან გადავა S_j მდგომარეობაში, იმ პირობით, რომ Δt დროის მომენტამდე სისტემა იმყოფებოდა S_i მდგომარეობაში.

(21) -დან შეგვიძლია დავწეროთ, რომ $P_{ij}(\Delta t) = \lambda_{ij}\Delta t + o(\Delta t)$,

სადაც $o(\Delta t)$ უსასრულოდ მცირე სიდიდეა უფრო მაღალი ხარისხის, ვიდრე (Δt) . მოცემული მაგალითისათვის:

$$P_{12}(\Delta t) = \lambda_{12}\Delta t + o(\Delta t), \quad (22)$$

ხოლო საძიებელი პირობითი ალბათობა ტოლია:

$$1 - P_{12}(\Delta t) = 1 - \lambda_{12}\Delta t, \quad (23)$$

სიზუსტით უსასრულო მცირე $o(\Delta t)$ -მდე.

მეორე შემთხვევაში ალბათობა იმისა, რომ სისტემა t დროის მომენტში იმყოფებოდა S_3 მდგომარეობაში და Δt დროის მონაკვეთში გადავიდა S_1 მდგომარეობაში, ასევე განისაზღვრება $P_3(t) \cdot P_{31}(\Delta t)$ ნამრავლით, სადაც $P_{31}(\Delta t)$ –გადასვლის პირობითი ალბათობაა S_3 მდგომარეობიდან S_1 მდგომარეობაში. $P_{31}(\Delta t)$ ალბათობა განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$P_{31}(\Delta t) = \lambda_{31} \cdot \Delta t \quad (24)$$

ამის შემდეგ, $P_1(t + \Delta t)$ ალბათობას განვსაზღვრავთ, როგორც 1 და 2 მოვლენების ალბათობათა ჯამს (რადგანაც ეს მოვლენები არათავსებადია):

$$P_1(t + \Delta t) = P_1(t)(1 - \lambda_{12}\Delta t) + P_3(t)\lambda_{31}\Delta t \quad (25)$$

მოცემულ გამოსახულებაში $P_1(t)$ გადავიტანოთ ტოლობის მარცხენა მხარეს და ორივე მხარე გავყოთ Δt -ზე, მივიღებთ:

$$\frac{P_1(t + \Delta t) - P_1(t)}{\Delta t} = \lambda_{12}P_1(t) + \lambda_{31}P_3(t) \quad (26)$$

მოცემულ განტოლებაში გადავიდეთ ზღვარზე, როცა $\Delta t \rightarrow 0$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_1(t + \Delta t) - P_1(t)}{\Delta t} = \lambda_{12}P_1(t) + \lambda_{31}P_3(t) \quad (27)$$

აქედან მიღებთ, რომ

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = \lambda_{12}P_1(t) + \lambda_{31}P_3(t) \quad (28)$$

დიფერენციალური განტოლებები დანარჩენი მდგომარეობებისთვის განისზღვრება ანალოგიურად. საბოლოოდ მივიღებთ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას:

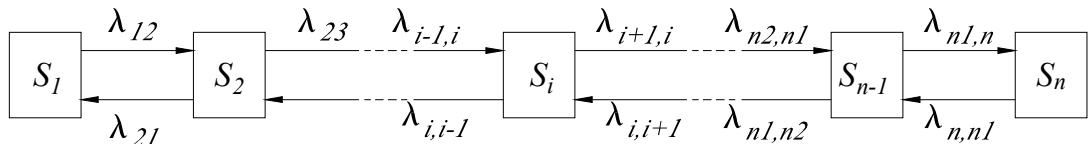
$$\begin{cases} \frac{dP_1(t)}{dt} = \lambda_{12}P_1(t) + \lambda_{31}P_3(t) \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_{12}P_1(t) + \lambda_{32}P_3(t) \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = -(\lambda_{12} + \lambda_{32})P_3(t) \end{cases} \quad (29)$$

მოცემული სისტემა წარმოადგენს კოლმოგოროვის განტოლებათა სისტემას. $P_i(t)$ ალბათობის განსაზღვრისათვის აუცილებელია მოვახდინოთ მოცემული სისტემის ინტეგრირება, რისთვისაც აუცილებელია მივცეთ მას საწყისი პირობები, რომლებიც ჩვეულებრივ განისაზღვრება S სისტემის საწყისი მდგომარეობით. მაგალითად, თუ S სისტემისათვის მივიღებთ, რომ საწყის მომენტში ის იმყოფებოდა S₂ მდგომარეობაში, მაშინ საწყისი პირობები იქნება: $t = 0, p_1 = 0, p_2 = 1, p_3 = 0$.

ზოგად შემთხვევაში კოლმოგოროვის განტოლებათა სისტემა შეიძლება აიგოს განსაზღვრული წესის გამოყენებით საანალიზო პროცესის მდგომარეობების გრაფის არსებობის შემთხვევაში. მოვიყვანოთ ეს წესი. თითოეული S_i მდგომარეობისათვის განისაზღვრება ამ მდგომარეობის ალბათობის წარმოებული და ჩაიწერება განტოლების მარცხენა მხარეში. მარჯვენა ნაწილის წევრთა რაოდენობა განისაზღვრება რკალების რაოდენობით, რომლებიც დაკავშირებულია S მდგომარეობის შესახებ გრაფის მწვერვალთან. ამასთან, განტოლების მარჯვენა მხარის ნებისმიერი წევრი განისაზღვრება რკალზე ნახევნები გადასვლის ინტენსიურობის ნამრავლით იმ მდგომარეობის ალბათობაზე, საიდანაც გამოდის რკალი. თუ რკალი გამოდის მწვერვალიდან, მაშინ მისი შესაბამისი წევრი

განტოლებაში იქნება მინუს ნიშნით. თუ რკალი შედის მწვერვალში, მაშინ პლიუს ნიშნით.

მარკოვის ჯაჭვს ხშირად გამოსახავენ “გაქრობისა და გამრავლების” პროცესის სახით. გრაფს – “გაქრობა და გამრავლება” აქვს შემდეგი სახე (ნახ.26.):



ნახ.26. “გაქრობისა და გამრავლების” პროცესის გრაფი

მოცემულ გრაფში ნებისმიერი S_i მდგომარეობა, გარდა კიდურა S_1 და S_n მდგომარეობებისა, დაკავშირებულია ორ მეზობელ მდგომარეობასთან, ე.ი. S_i მდგომარეობიდან შეიძლება გადასვლა მხოლოდ S_{i-1} და S_{i+1} მდგომარეობებში. კიდურა S_1 მდგომარეობიდან გადასვლა შეიძლება მხოლოდ S_2 მდგომარეობაში, ხოლო კიდურა S_n მდგომარეობიდან – მხოლოდ S_{n-1} მდგომარეობაში.

“გაქრობის და გამრავლების” პროცესის მდგომარეობათა ალბათობებისათვის კოლმოგოროვის განტოლებათა სისტემა შეიძლება ჩაიწეროს ზემოთ მოყვანილი წესის მიხედვით.

მმს-ის გამოკვლევა იწყება მოთხოვნათა შემავალი ნაკადის შესწავლით. შემოვიღოთ $X(t)$ ფუნქცია, რომელის ახასიათებს მოთხოვნათა შემავალ ნაკადს და განსაზღვრავს მოთხოვნათა რაოდენობას $0, t$ დროის განმავლობაში. დროის ამ შუალედში მმს-ში შეიძლება შევიდეს 1,2 ან ზოგადად K მოთხოვნა, მაგრამ შეიძლება ისეც მოხდეს, რომ საერთოდ არც ერთი მოთხოვნა არ შევიდეს. აქედან გამომდინარეობს, რომ შემავალი ნაკადი წარმოადგენს შემთხვევით სიდიდეს. ამიტომ $X(t)$ ფუნქციაც, რომელიც ასახავს მოთხოვნათა შესვლის პროცესს მმს-ში, აგრეთვე შემთხვევითი სიდიდეა. იგი ღებულობს მხოლოდ მთელ მნიშვნელობებს.

მოთხოვნათა ნაკადი, რომელიც შედის მმს-ში, ზოგადად შეიძლება განაწილდეს ნებისმიერი კანონის მიხედვით. ამასთან, მასობრივი მომსახურების კლასიკურ თეორიაში ძირითადად გამოიყენება უმარტივესი ნაკადი, რადგანაც ითვლება, რომ ასეთი ნაკადის არსებობის შემთხვევაში მმს მუშაობს უადრესად მძიმე პირობებში.

ნაკადს ეწოდება უმარტივესი, თუ მას გააჩნია სტაციონარულობის, ორდინალურობისა და მომდევნო შედეგის უქონლობის თვისებები. ქვემოთ განვიხილავ ამ თვისებებს.

თუ სისტემაში მოთხოვნათა შესვლის ალბათობა t_i, t_j დროის მომენტში დამოკიდებულია ამ მონაკვეთის სიდიდეზე და არ არის დამოკიდებული დროის ათვლის დასაწყისზე, მაშინ ნაკადის ამ თვისებას ეწოდება სტაციონალურობა. ეს თვისება საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ ნაკადის მახასიათებლები დროის ნებისმიერ მომენტში, ე.ი. თუ ნაკადი გამიკვლეულია რომელიღაც (t_i, t_j) დროის შუალედში, მაშინ საჭირო აღარ არის მისი გამოკვლევა სხვა (t_{i+p}, t_{j+n}) შუალედებში.

თუ მოთხოვნათა რაოდენობა, რომელიც შესულია მმს-ში t დროის მომენტის შემდეგ, არ არის დამოკიდებული t დროის მომენტამდე შესული მოთხოვნების რაოდენობაზე, მაშინ ნაკადის ასეთ თვისებას ეწოდება მომდევნო შედეგის უქონლობა.

თუ t დროის მომენტში მმს-ში შედის არაუმეტეს ერთი მოთხოვნისა ან ორი, ან მეტი მოთხოვნის შესვლის ალბათობა 0-ის ტოლია, მაშინ ამ თვისებას ეწოდება ორდინარულობა.

უმარტივესი ნაკადი განაწილებულია პუასონის კანონით და აქვს შემდეგი სახე:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (30)$$

სადაც $P_k(t)$ არის t დროის მომენტში k რაოდენობის მოთხოვნათა შესვლის ალბათობა; k -მოთხოვნათა რაოდენობა; t -მომდინარე დრო; λ – ნაკადის პარამეტრია (ნაკადის ინტენსიურობა ან მმს-ში შემავალი მოთხოვნათა რაოდენობაა დროის ერთეულში). პუასონის ნაკადისათვის, მმს-ში დროის ერთეულში შემოსული მოთხოვნათა რიცხვის

მათემატიკური მოლოდინი ან საშუალო მნიშვნელობა $M_k(t)$ ტოლია ნაკადის λ ინტენსიურობისა:

$$M_k(t) = \lambda \quad (31)$$

მის ის პრაქტიკული ამოცანების ამოხსნის დროს, პირველ რიგში აუცილებელია დავადგინოთ, თუ რა კანონით არის განაწილებული მოთხოვნათა შემავალი ნაკადი. ამისათვის საჭიროა ვაწარმოოთ დაკვირვება რეალურ შემავალ ნაკადზე. ამასთან, დაკვირვების მთელი დრო უნდა დავყოთ განსაზღვრულ T_i ინტერვალებად საბოლოო წერტილებით $t_i, t_{i=1}$, სადაც $i = (1, l)$, ხოლო l ინტერვალთა საერთო რიცხვია.

დაკვირვების სტატისტიკური მონაცემები საშუალებას იძლევა აგრეთვე განისაზღვროს $M_k(t)$ მათემატიკური მოლოდინი მოთხოვნათა რიცხვისა:

$$M_k(t) = \frac{\sum_{i=0}^l x_i m_i}{\sum_{i=0}^l m_i} \quad (32)$$

სადაც x_i მოთხოვნათა რიცხვია i -ურ ინტერვალში.

პუასონის ნაკადისათვის მოთხოვნათა რიცხვის მათემატიკური მოლოდინი დროის ერთეულში ტოლია ნაკადის λ ინტენსიურობისა, $M_k(t) = \lambda$. ამიტომ λ -ს ნაპოვნი მნიშვნელობის საფუძველზე განისაზღვრება ალბათობების თეორიული მნიშვნელობები, რომლებიც განაწილებულია პუასონის კანონით:

$$P_{m_i} = \frac{\lambda^{m_i}}{m_i!} e^{-\lambda} \quad (33)$$

მის-ის ერთ-ერთ ძირითად მახასიათებელს, შემავალ ნაკადთან ერთად, წარმოადგენს მომსახურების დრო, რომელიც იხარჯება ერთი მომსახურების ხელსაწყოთი ერთი მოთხოვნის მომსახურებაზე. ამასთან ითვლება, რომ მომსახურების დრო თუ ამოიწურა, მაშინ მოთხოვნა ტოვებს მის-ს მომსახურებულს. მომსახურების დრო წარმოადგენს შემთხვევით სიდიდეს. ჯერ ერთი, მომსახურე ხელსაწყოები არაერთგვაროვანია, მათ გააჩნიათ სხვადასხვა საქსპლუატაციო მახასიათებლები. მეორეც, თვით მოთხოვნებიც არ არის ერთგვაროვანი. მომსახურების დროის აღსაწერად აუცილებელია განაწილების კანონის გამოყენება. აღვნიშნოთ $p(t_{\text{მოძ.}} < t)$ ალბათობა იმისა, რომ

მომსახურების დრო $t_{\text{მომს.}}$ ნაკლებია წინასწარ მოცემულ t დროზე, მაშინ ფუნქცია $F(t) = p(t_{\text{მომს.}} < t)$ წარმოადგენს მომსახურების დროის განაწილების კანონს. მასობრივი მომსახურების კლასიკურ თეორიაში მიღებულია, რომ მომსახურების დრო განაწილებულია მაჩვენებლიანი კანონით:

$$F(t) = 1 - e^{-\nu t} \quad (34)$$

სადაც ν – მომსახურების პარამეტრია. ის განისაზღვრება, როგორც

$$\nu = \frac{1}{\bar{t}_{\text{მომს.}}} \quad (35)$$

სადაც $\bar{t}_{\text{მომს.}}$ – მოთხოვნის მომსახურების საშუალო დროა, ν -ს უკუშემატებლობა წარმოადგენს მომსახურების დროის მათემატიკურ მოლოდინს $M(t)$:

$$M(t) = \frac{1}{\nu} \quad (36)$$

სადაც ν – მომსახურების ინტენსიურობაა.

მმს-ის კლასიფიკაცია ძირითადად ხორციელდება მოთხოვნის ქცევის მიხედვით, რომელიც შედის მმს-ში იმ მომენტში, როდესაც ყველა მომსახურე ხელსაწყო დაკავებულია. თუ ამასთან, მოთხოვნილება არ ელოდება რომელიმე მომსახურების ხელსაწყოს განთავისუფლებას და ტოვებს სისტემას მომსახურების გარეშე, მაშინ ასეთ მმს-ებს ეწოდება მმს დანაკარგებით ან უარის თქმით. ხოლო ასეთ მოთხოვნებს ხშირად ეწოდებენ „მოუთმენელ კლიენტებს“. თუ მოთხოვნების სისტემაში შესვლის დროს ყველა მომსახურების ხელსაწყო დაკავებულია, მაგრამ ამასთან მოთხოვნა არ ტოვებს სისტემას და ელოდება რომელიმე მომსახურების ხელსაწყოს განთავისუფლებას, მაშინ მმს-ს ეწოდება მმს რიგებით, ან მმს მოლოდინით, ან მმს უდანაკარგოდ. მმს-ის ფუნქციონირების შესაფასებლად შემოღებულია სპეციალური ეფექტურობის კრიტერიუმი. მმს-ის უარის თქმით დახასიათების ერთ-ერთ ძირითად კრიტერიუმად ითვლება მოთხოვნის მომსახურებაზე უარის თქმის ალბათობა. ეს კრიტერიუმი ახასიათებს მმს-ის გამტარუნარიანობას. მმს-ის უარის თქმით ფუნქციონირების შესაფასებლად გამოიყენება აგრეთვე ეფექტურობის ისეთი კრიტერიუმი, როგორცაა მომსახურების

ხელსაწყოთა საშუალო რიცხვი, რომლებიც დაკავებულია მოთხოვნათა მომსახურებით.

მმს-ის ლოდინით ფუნქციონირების შესაფასებლად გამოყენებულია შემდეგი კრიტერიუმები: რიგის სიგრძე, თავისუფალი მომსახურე ხელსაწყოების რიცხვი. რიგის სიგრძე შემთხვევითი სიდიდეა, იგი განისაზღვრება იმ მოთხოვნების საშუალო რიცხვით, რომლებიც ელოდება მომსახურების დაწყებას. მისი მეშვეობით შესაძლებელია შევაფასოთ მოთხოვნათა მოცდენის ხარისხი. თავისუფალი მომსახურების ხელსაწყოთა რიცხვი ახასიათებს მმს-ის დატვირთვის ხარისხს.

4.5 M/M/1 სისტემის შესაძლებლობები ტელემედიცინის ქსელისათვის

გამოკვლევების შედეგად დადგინდა, რომ მარკოვის პროცესები თამაშობს ფუნდამენტურ როლს მასობრივი მომსახურების სისტემების კვლევისას. მარკოვის პროცესების ძირითადი შედეგების ანალიზზე დაყრდნობით გაირკვა, რომ მისი ერთ-ერთი კერძო შემთხვევაა გამრავლებისა და გაქრობის პროცესი.

სისტემის სტაციონალურ რეჟიმში მუშაობის ერთ-ერთი პირობაა შემაგალი და გამავალი ნაკადი იყოს თანაბარი, ამ პრინციპის გათვალისწინებით არსებობს კლასიკური M/M/1 სახის სისტემა, რომელსაც გამრავლებისა და გაქრობის სისტემას უწოდებენ.

გამრავლებისა და გაქრობის პროცესს ააქვს მეტად მნიშვნელოვანი თვისება: დროის ის შუალედი, რომელ მომენტშიც ხდება გამრავლება და დროის შუალედში, რომელ მომენტშიც ხდება გაქრობა (როდესაც სისტემა არ არის თავისუფალი და ვერ ღებულობს მოთხოვნებს) აღიწერება განაწილების მაჩვენებლიანი კანონით (ეს მიუთითებს იმას, რომ პროცესი არის მარკოვული). ეს პროცესი ზოგადად შეიძლება ჩამოვაყალიბოთ შემდეგნაირად: M/M/1 სახის სისტემა არის ისეთი სისტემა, სადაც დროის შუალედში მეზობელ მოთხოვნათა შორის

განაწილებულია მაჩვენებლიანი კანონით, აგრეთვე მომსახურების დროც განაწილებულია მაჩვენებლიანი კანონით და სისტემა შეიცავს მხოლოდ ერთ მომსახურე მოწყობილობას.

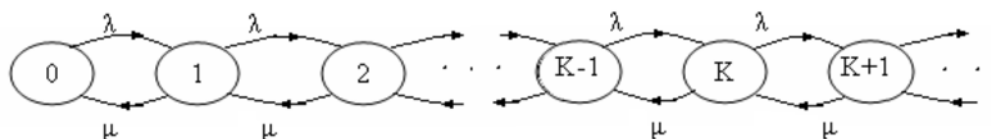
თუ ავიღებთ კოეფიციენტებისათვის შემდეგ მნიშვნელობებს:

$$\lambda_k = \lambda, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

$$\mu_k = \mu, \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

ეს მიუთითებს, რომ გამრავლების ყველა ინტენსივობა λ არის მუდმივი და თანაბარი და აგრეთვე გაქრობის ყველა ინტენსივობაც μ არის მუდმივი და თანაბარი. ამ შემთხვევაში ორ მეზობელ მოთხოვნას შორის შუალედის საშუალო სიგრძე ტოლია: $\bar{t} = 1/\lambda$ და მომსახურების საშუალო დრო კი ტოლია $\bar{x} = 1/\mu$; ეს განპირობებულია იმით, რომ ორივე შემთხვევითი სიდიდე \bar{t} და \bar{x} განაწილებულია მაჩვენებლიანი კანონით. აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ სისტემის მდგომარეობის სივრცე არის უსასრულო და რომ მოთხოვნათა მომსახურება ხორციელდება მათი დადგომის თანმიმდევრობით.

გადასასვლელთა ინტენსივობის დიაგრამა მოცემულია M/M/1 ტიპისთვის (ნახ.27).



ნახ.27. გადასასვლელთა ინტენსივობის დიაგრამა M/M/1 ტიპისთვის

აღბათობა იმისა, რომ სისტემაში დაყენებული ყველა მოთხოვნა დადგება მომსახურებაზე ტოლია:

$$P_k = P_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda}{\mu} \quad (37)$$

ან

$$P_k = P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k, \quad k \geq 0 \dots (38)$$

განხილული სისტემისათვის ერგოდიულობის პირობა მდგომარეობს იმაში, რომ $S_1 < \infty$ და $S_2 = \infty$; პირველი პირობა მოცემული შემთხვევისათვის ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$S_1 = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{P_k}{P_0} = \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k < \infty \quad (39)$$

ტოლობის მარცხენა მხარე სრულდება მხოლოდ მაშინ, როცა $\lambda/\mu < 1$. ერგოდიულობის მეორე პირობა ღებულობს შემდეგ სახეს:

$$S_2 = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{\lambda(P_k/P_0)} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{\lambda} \left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^k = \infty \quad (40)$$

მეორე პირობა სრულდება მაშინ როდესაც $\lambda/\mu < 1$. ე.ი. აუცილებელი და საკმარისი პირობა იმისა, რომ M/M/1 სისტემა არის ერგოდიული არის ის, რომ უნდა სრულდებოდეს უტოლობა: $\lambda < \mu$.

იმისათვის, რომ ვიპოვოთ P_0 უნდა გამოვიყენოთ ფორმულა:

$$P_0 = 1 / \left[1 + \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \right] \quad (41)$$

რადგან $\lambda < \mu$ მივიღებ:

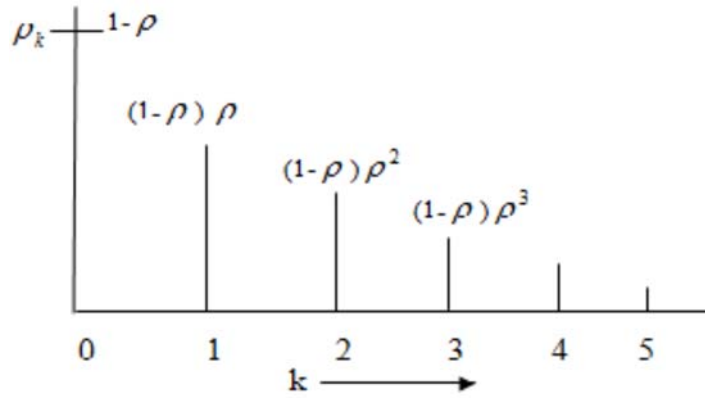
$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda/\mu}{1 - \lambda/\mu}} = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

როგორც ვიცით $\rho = \lambda/\mu$. სტაციონარურობის პირობის თანახმად უნდა სრულდებოდეს უტოლობა: $0 \leq \rho < 1$; ეს პირობა გვაძლევს იმის გარანტიას, რომ შესრულდეს უტოლობა $P_0 > 0$; განტოლება (4.36)-ის თანახმად საბოლოოდ მივიღებთ:

$$P_k = (1 - \rho)\rho^k, k = 0, 1, 2, \dots \quad (42)$$

(42) ტოლობის თანახმად ალბათობა იმისა, რომ სისტემა შეიცავს k მოთხოვნას. მნიშვნელოვანია, რომ P_k ალბათობა განისაზღვრება λ და μ ρ -თან დამოკიდებულებაზე.

ნახ.28.-ზე ნაჩვენებია განხილული სისტემისათვის P_k ალბათობის მნიშვნელობა, იმ შემთხვევაში როცა $\rho = 1/2$. ეს განაწილება არის გეომეტრიული.



ნახ.28. სტაციონალური P_k ალბათობა მმს-ის M/M/1 ტიპისთვის

M/M/1 სისტემის კვლევისას დავინახავთ, რომ სისტემაში არსებული თითქმის ყველა მნიშვნელოვანი განაწილების ალბათობა განეკუთვნება უშედეგმოქმედო განაწილების ტიპს. მასობრივი მომსახურების სისტემაში მნიშვნელოვანია მოთხოვნათა საშუალო \bar{N} რიცხვი. ეს სიდიდე მოცემულია ტოლობით:

$$\bar{N} = \sum_{k=0}^{\infty} k p_k = (1 - \rho) \sum_{k=0}^{\infty} k \rho^k = \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (43)$$

სისტემაში მოთხოვნათა საშუალო რიცხვის გრაფიკი მოცემულია ნახ.29-ზე, ანალოგიური მეთოდით ვპოულობთ, რომ სისტემაში მოთხოვნათა რიცხვის დისპერსია ტოლია:

$$\sigma_N^2 = \sum_{k=0}^{\infty} (k - \bar{N})^2 P_k \quad (44)$$

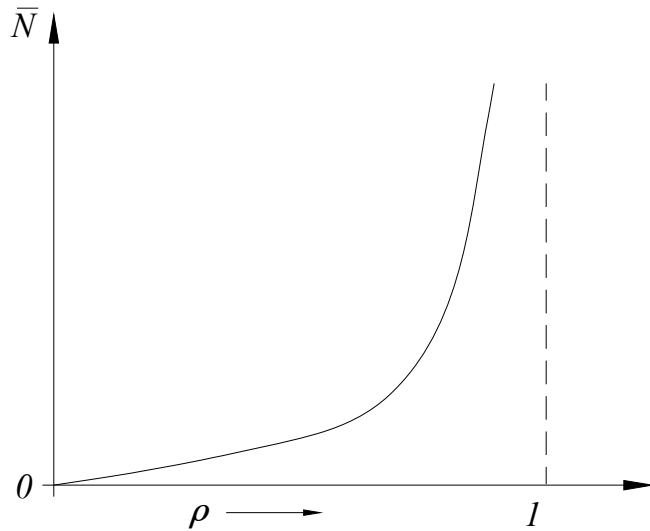
$$\sigma_N^2 = \frac{\rho}{(1 - \rho)^2} \quad (45)$$

ეს არის ლიტლის ფორმულა, საიდანაც შესაძლებელია მივიღოთ სისტემაში მოთხოვნათა შემოსვლის საშუალო დრო:

$$T = \frac{\bar{N}}{\lambda} \quad (46)$$

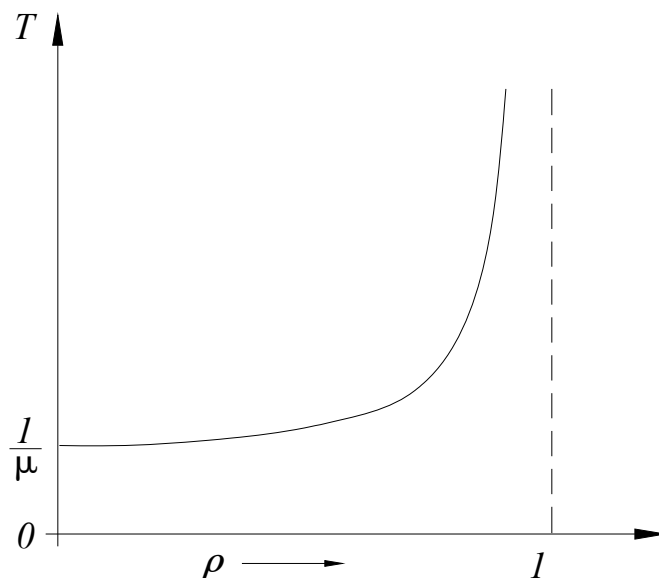
$$T = \left(\frac{\rho}{1 - \rho} \right) \left(\frac{1}{\lambda} \right) \quad (47)$$

$$T = \frac{1/\mu}{1 - \rho} \quad (48)$$



ნახ.29. M/M/1-ტიპის სისტემაში მოთხოვნათა საშუალო რიცხვი

მოთხოვნათა სისტემაში შემოსვლის საშუალო დროის ρ -ზე დამოკიდებულების გრაფიკი ნაჩვენებია ნახ.30.-ზე. T სიდიდე, რომელიც შეესაბამება წერტილს $\rho = 0$, ტოლია მოთხოვნის მომსახურების საშუალო მნიშვნელობის; სხვა სიტყვებით, რომ ვთქვათ ამ შემთხვევაში მოთხოვნა არ ელოდება რიგში და კმაყოფილდება საშუალოდ $1/\mu$ -წამში.



ნახ.30. M/M/1-ტიპის სისტემაში მოთხოვნათა დაყენების საშუალო დრო, როგორც ρ -ს ფუნქცია

როდესაც სისტემაში ρ მიისწრაფის ერთისკენ, როგორც მოთხოვნათა საშუალო რიცხვი, ასევე მოთხოვნათა შემოსვლის საშუალო დრო უსასრულოდ იზრდება. უნდა გამოვთვალოთ ალბათობა იმისა, როდესაც სისტემა შეიცავს k -ზე ნაკლებ მოთხოვნებს:

$$P[\geq k \text{ მოთხოვნათა სისტემაში}] = \sum_{i=k}^{\infty} P_i = \sum_{i=k}^{\infty} (1 - \rho)\rho^i = \rho^k \quad (49)$$

ამ თვალსაზრისით ალბათობა იმისა, რომ სისტემაში დაყენებული მოთხოვნათ რიცხვი გადააჭარბებს ზღვრულ მნიშვნელობას, აღიწერება გაქრობის გეომეტრიული პროგრესიით, რომელიც დამოკიდებულია ამ ზღვრულ რიცხვზე და მიისწრაფის ნულისკენ.

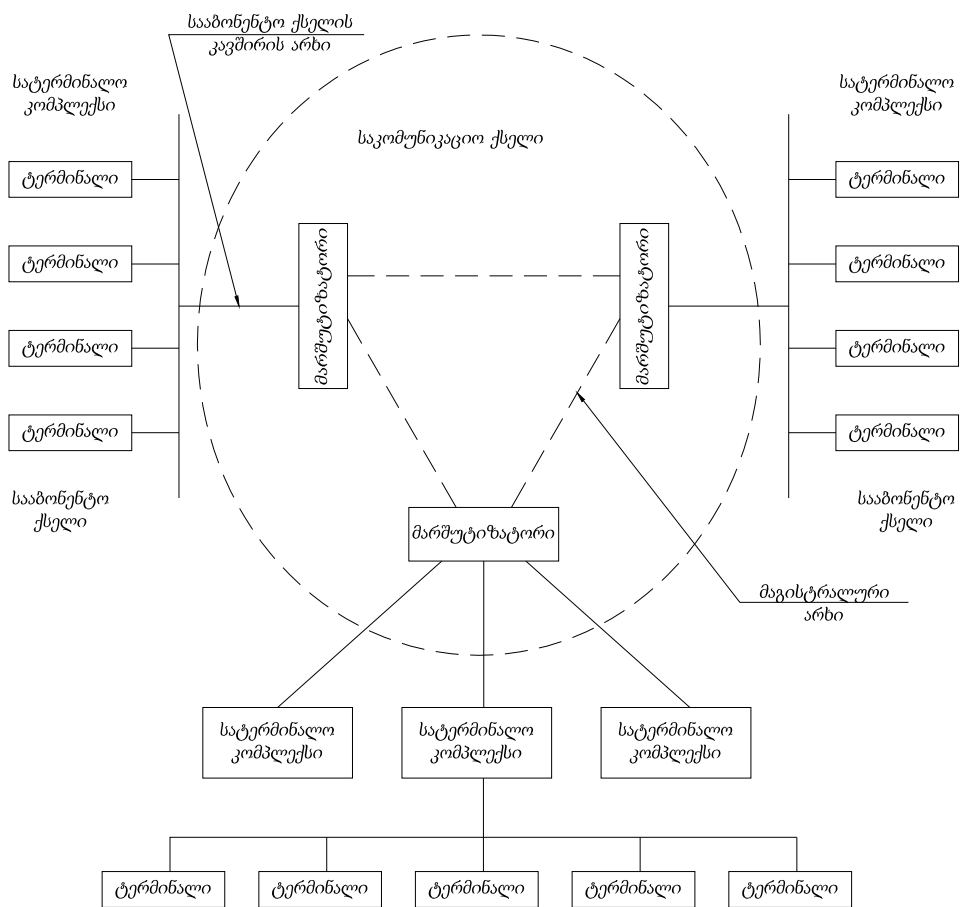
თავი 5. ტელემედიცინის კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის მოდელირება

5.1. ვიდეოკონფერენციებზე ამოცანების მოწოდების სტრუქტურა

განხილულია ვიდეოკონფერენციის ქსელი, რომლის საერთო სქემა მოცემულია ნახ.31-ზე. ფიზიკური სქემის სტრუქტურაში ელემენტებს წარმოადგენენ ტერმინალური კომპლექსები და სააბონენტო კავშირის ხაზები. ტერმინალური კომპლექსები თავის მხრივ წარმოადგენენ რამოდენიმე ტერმინალს, რომელიც გაერთიანებულია ლოკალურ ქსელში. თავის მხრივ ლოკალური აბონენტური ქსელი ურთიერთქმედებს მარშუტიზატორებით, რომლებიც გაერთიანებულნი არიან კავშირის მაგისტრალური ხაზებით საკომუტაციო ქსელისა. თითოეული ტერმინალის კომპლექსი ჩაერთვება ერთ მარშუტიზატორს, სააბონენტო კომუნიკაციური ქსელის კავშირის არხით. ნებისმიერ გეოგრაფიულ პუნქტში, სადაც არის ტერმინალების კომპლექსი, იმავე დროს განთავსებულია მარშუტიზატორი.

ყველა სატერმინალო კომპლექსი ჩართულია ერთ მარშუტიზატორთან და ქმნიან ამ მარშუტიზატორის მომსახურების ზონას. ტერმინალური კომპლექსები ეწყობიან უშუალოდ მომხმარებლის ქსელის ადგილებში, რომლებიც აგზავნიან მოთხოვნებს საინფორმაციო მომსახურებაზე და იღებენ ამ მოთხოვნების დამუშავების შედეგებს. ზოგიერთ შემთხვევაში მოთხოვნათა დამუშავებას წარმოადგენს შეტყობინების ტრანსპორტირება ერთი აბონენტის ქსელიდან – წყაროდან, მეორესთან – მიმღებთან, რაც საჭიროა ვიდეოკონფერენციის ჩატარების დროს. პაკეტები თითოეული ტერმინალიდან გადაეცემა სხვა დანარჩენებში. მომსახურე შეტყობინების პროცესების გადაცემა აქ არ განიხილება.

ტერმინალური კომპლექსების მოწყობილობების შემადგენლობა განვიხილე როგორც ცნობილი, თანაბარი, ისევე როგორც მათი გეოგრაფიული მდებარეობა. მარშუტიზატორები შეიძლება განთავსდეს მხოლოდ იმ ადგილებში, სადაც ტერმინალური კომპლექსებია.



ნახ. 31. ვიდეოკონფერენციის ქსელის სტრუქტურის სქემა

საკომუნიკაციო ქსელებში გამოიყენება მხოლოდ არაკომუტირებული კავშირის არხების, მათ შორის ყოველი წყვილი მარშრუტიზატორისა და აგრეთვე თითოეული ტერმინალის კომპლექსი მარშრუტიზაციის დაკავშირებულია ერთი არხით ორ წერტილიანი სქემით. განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც ინფორმაციის გადაცემისას გამოიყენება ნახევრად დუბლექსური კავშირის არხები. განვიხილება ქსელი კომუნიკაციური შეტყობინებების (პაკეტების), რომლებშიც მიღებულია ფიქსირებული მარშრუტიზაცია შეტყობინებების მიმართულებისა. შეტყობინებები გადაეცემა უმოკლესი გზით წყაროსა და მიმღებს შორის. ნებისმიერ ნაწილს შორის მანძილად განვიხილება გეოგრაფიული დაშორება.

ერთი ტერმინალის კომპლექსში შეიძლება შედიოდეს რამდენიმე ტერმინალი. ივარაუდება, რომ

1. მოცემულია ნომენკლატურა ტექნიკური საშუალებებისა და კავშირის არხებისა, რომლებიც გამოიყენება ქსელის ასაგებად;
2. ყველა მარშუტიზატორს გააჩნია განსაზღვრული მწარმოებლურობა;
3. ნომენკლატურა გამოყენებული კავშირის არხებისა უზრუნველყოფს ინფორმაციის გატარების მაქსიმალურ მოთხოვნებს;
4. ტერმინალის კომპლექსის ტექნიკური საშუალებების შემადგენლობა განსაზღვრულია.

2 და 3 დაშვებების შესაბამისად გვაქვს მარშუტიზატორის მწარმოებლურობისა და კავშირის არხების გატარების უამრავი დისკრეტული მნიშვნელობა. რის გამოც მწარმოებლურობა დიდია და შესაბამისად დიდია დანახარჯები ქსელის შექმნასა და ექსპლუატაციაზე. ანალოგიურად კავშირის არხების ერთნაირი განლაგება დიდი გამტარიანობის მაჩვენებლისათვის დამოკიდებულია დიდ დანახარჯებთან.

მარშუტიზატორის მწარმოებლურობას და კავშირის არხების გამტარუნარიანობას ვუწოდოთ ტევადობა (სწრაფქმედება), ხოლო ნებისმიერ მარშუტიზატორს ან კავშირის არხს ქსელის ელემენტი. ნებისმიერ შემთხვევაში მიღებული დანახარჯები ქსელის r ელემენტზე აღიწერება ზრდადი საფეხურიანი ფუნქციით $G_r(C_r)$, სადაც C_r არის r ელემენტის ტევადობა. ჩავატაროთ $G_r(C_r)$ ფუნქციის აპროქსიმაცია ხაზოვანი ფუნქციით $G_r = d_{1r}C_r - d_{0r}$, სადაც C_r არის ელემენტის ტევადობა, d_{0r} – მუდმივი დაყვანილი დანახარჯი r ელემენტზე, d_{1r} – დაყვანილი დანახარჯი ერთეულ r ტევადობის ელემენტზე. d_{0r} და d_{1r} მნიშვნელობა აიღება ისე, რომ G_r ხაზოვანი ფუნქციის მნიშვნელობამ არ გადააჭარბოს G_r სას C_r -ის შესაძლო მნიშვნელობების დიაპაზონით.

ქსელის ელემენტში გამოიყენება FIFO-ს მომსახურების დისციპლინა. გავაკეთოთ შემდეგი დაშვებები:

1. ნებისმიერი დაშვების ელემენტი (კავშირის არხი ან მარშუტიზატორი) აღიწერება მასობრივი მომსახურების სისტემის ტიპით M/M/1, რომლის შესასვლელზეც გროვდება შეტყობინებები პუასონის კანონით გათვალისწინებული. ასეთ სისტემაში მომსახურების დრო განისაზღვრება ექსპონენციალური კანონით, ხოლო მიმართვების ლოდინის სიგრძე შეუზღუდავია.
2. შეტყობინების სიგრძე, რომელიც მიემართება კავშირის არხში ნებისმიერი მარშუტიზატორიდან არ არის დამოკიდებული სხვა შეტყობინების დაშვების მომენტზე და წარმოადგენს შემთხვევით სიდიდეს, რომელიც განსაზღვრულია ექსპონენციალური კანონით. შეტყობინებების ჩვეულებრივი გადაცემის შემთხვევაში ერთი აბონენტიდან მეორემდე (ელ-ფოსტა) ეს ნიშნავს, რომ ყოველ ჯერზე მარშუტიზატორში ტრანზიტად შემთხვევითი სახით აირჩევა შეტყობინების სიგრძე გადაცასემად შემდეგ გამავალ კავშირის არხში.

მოცემული დაშვებები ფართოდ გამოიყენება გამომთვლელი ქსელების გამოკვლევებში, ხოლო მათი სისწორე მტკიცდება თეორიული და ექსპერიმენტული გამოკვლევებით. განსაკუთრებით ნაკლებად დატვირთულ კავშირის არხებში. ზოგიერთ არხებულ ნაშრომში წარმოდგენილია შეტყობინებების დაყოფნა, კომპიუტერში ითვლება, რომ არის მუდმივი [50,51].

ოპტიმიზაციის ამოცანა ჩამოყალიბდება შემდეგნაირად: ქსელის სტრუქტურული პარამეტრები, რომელიც განისაზღვრება დანახარჯების მინიმალური კრიტერიუმით და მომხმარებლების მიერ ინტენსიური მიმართვებით სამომხმარებლო ქსელზე, სადაც გათვალისწინებულია ზემოთ აღწერილი დაშვებები და შეზღუდვები არის: ქსელის პუნქტებში მარშუტიზატორების რაოდენობა და განლაგება; თითოეულ მარშუტიზატორთან დაკავშირებული ტერმინალის კომპლექსების ჩამონათვალი, კავშირის არხებისა და მარშუტიზატორების ტევადობა. ამ დროს უნდა შესრულდეს მოცემული შეზღუდვა განსაზღვრული დაშვებით შეტყობინების საშუალო დროის დაყოფნებით [52].

5.2 მათემატიკური მოდელის აგება

ქსელური პროტოკოლების ანალიზატორები შეუცვლელია რეალური ქსელების კვლევისას, მაგრამ ისინი არ იძლევიან არ არსებული ქსელის მახასიათებლების შეფასების საშუალებას, რომლებიც პროექტირების სტადიაშია. ამ შემთხვევაში ქსელის დამპროექტებლებს შეუძლიათ გამოიყენონ მოდელირების საშუალებები. რომლებიც ასახავენ პროცესებს დასაპროექტებელ ქსელებში.

მოდელირება წარმოადგენს მეცნიერული ანალიზის მძლავრ მეთოდს, რომლის გამოყენებისას კვლევადი ობიექტი იცვლება უფრო მარტივი ობიექტით და მას ეწოდება მოდელი. ასეთი მოდელირების პროცესის ძირითად მიდგომათ შეიძლება ჩაითვალოს მისი ორი სახე, მათემატიკური და ფიზიკური მოდელირება. ფიზიკური (ბუნებრივი) მოდელირებისას, საკვლევი სისტემა იცვლება მისთვის შესაბამისი მატერიალური სისტემით, რომელიც იმეორებს საკვლევი სისტემის თვისებებს და ამასთანავე მის ფიზიკურ წარმოშობას ინახავს. ასეთი სახის მოდელირების მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ საცდელი ქსელი (პილოტური) რის მეშვეობითაც შევისწავლით ქსელის აგების პრინციპულ შესაძლებლობას დაფუძნებულს ამა თუ იმ კომპიუტერებზე, საკომუნიკაციო მოწყობილობებზე, ოპერაციულ სისტემებზე და პროგრამულ უზრუნველყოფებზე. ფიზიკური მოდელირების საშუალებები საკმაოდ შეზღუდულია. იგი ზოგიერთი საკითხის გადაჭრის საშუალებას იძლევა სისტემის საკვლევი მცირე რაოდენობის პარამეტრების ერთობლიობით. სინამდვილეში გამოთვლითი სისტემის ნატურალური მოდელირებისას პრაქტიკულად შეუძლებელია მისი მუშაობის შემოწმება სხვადასხვა საკომუნიკაციო მოწყობილობების გამოყენებისას (მარშრუტიზატორები, კომუტატორები და ასე შემდეგ). პრაქტიკაში ათეულობით სხვადასხვა ტიპის მარშრუტიზატორების შემოწმება არა მარტო დიდ დატვირთვას და დროს საჭიროებს, არამედ საკმაოდ დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული. იმ შემთხვევებშიდაც კი როცა ქსელის ოპტიმიზაციისას არ იცვლება მოწყობილობის ტიპი და ოპერაციული სისტემა, არამედ მხოლოდ მათი პარამეტრები, მრავალი რაოდენობის ყველანაირ შესაძლო პარამეტრების ერთობლიობა,

რეალურ მაშტაბში ექსპერიმენტის ჩატარება მოცემულ დროში შეუძლებელია. ასევე უბრალოდ პაკეტის მაქსიმალური ზომის ცვლილება რომელიმე პროტოკოლში, საჭიროებს ასეულ კომპიუტერში ოპერაციული სისტემის კონფიგურაციის შეცვლას, რაც ქსელის ადმინისტრატორისგან მოითხოვს დიდი სამუშაოს ჩატარებას [49].

ამიტომ, ქსელის ოპტიმიზაციისას, ხშირ შემთხვევაში ყველაზე მართებულია მათემატიკური მოდელირების გამოყენება. მათემატიკური მოდელი წარმოადგენს ერთობლიობას (ფორმულების, ტოლობის, უტოლობის, ლოგიკური მოთხოვნების), რომელიც განსაზღვრავს სისტემის მდგომარეობის პროცესის ცვლილებას დამოკიდებულს მისი პარამეტრებზე, შემავალ სიგნალებზე, საწყისი პირობებზე და დროზე. მათემატიკური მოდელის ძირითად კლასად მიიჩნევა საიმიტაციო (იმიტაციური) მოდელები. ასეთი მოდელები წარმოადგენენ კომპიუტერულ პროგრამებს, რომლებიც ნაბიჯ-ნაბიჯ ასახავენ პროცესებს რომელიც რეალურ სისტემებში ხდება. გამოთვლითი ქსელების შემთხვევაში, მათი იმიტაციური მოდელები ასახავენ პროგრამების შეტყობინების გენერაციის პროცესებს, გარკვეული პროტოკოლების შეტყობინებების პაკეტებზე და კადრებზე გაყოფას, ოპერაციულ სისტემაში პაკეტების და კადრების შეფერხებებს რომელიც მონაცემთა დამუშავებასთანაა დაკავშირებული, მარშრუტიზატორებში შემოსული პაკეტების დამუშავების პროცეს და ა.შ.

ქსელის იმიტაციური მოდელირებისას არაა საჭირო ძვირადღირებული მოწყობილობების ყიდვა. მათი მუშაობის იმიტირება ხდება პროგრამულად, რომელიც საკმაოდ ზუსტად იმეორებს მოწყობილობების ძირითად მონაცემებს და პარამეტრებს. იმიტაციური მოდელირების უპირატესობას წარმოადგენს საკვლევ სისტემაში დროის რეალურ მაშტაბში პროცესების დაჩქარება, რაც საშუალებას იძლევა რამოდენიმე წუთში ავსახოთ ქსელის მუშაობის პროცესი რომელიც რეალურად უნდა გრძელდებოდეს რამოდენიმე დღე, რაც საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ ქსელის პარამეტრთა ცვლილება და მისი მუშაობა უფრო ფართო დიაპაზონით. იმიტაციური მოდელის მუშაობის შედეგს წარმოადგენს მიმდინარე პროცესების სტატისტიკური მონაცემების და ქსელის ყველაზე მნიშვნელოვანი დახასიათების

(რეაქციის დრო, არხთა და კვანძთა გამოყენების კოეფიციენტი, პაკეტების დაკარგვის ალბათობა და ასე შემდეგ) მონაცემთა შეგროვება.

არსებობს იმიტაციური მოდელირების სპეციალური ენები, რომლებიც პროგრამირების უნივერსალურ ენებთან შედარებით აადვილებს პროგრამული მოდელის შექმნის პროცესს. იმიტაციური მოდელირების ენების მაგალითად შეგვიძლია მოვიყვანოთ ისეთი ენები როგორცაა SIMULA, GPSS, SIMDIS. არსებობს ასევე იმიტაციური მოდელირების ისეთი სისტემები, რომლებიც ორიენტირებულნი არიან კვლევადი სისტემების ვიწრო კასებზე და მოდელის აგების საშუალებას იძლევიან პროგრამირების გარეშე.

მარშუტიზატორების განთავსების ამოცანის ფორმალიზირებული აღწერისათვის შემოვიტანე შემდეგი აღნიშვნები: $A = \{i : i = 1, \dots, N\}$ – პუნქტების რაოდენობა, სადაც განთავსებულია სატერმინალო კომპლექსები; $Y = \{k : k \in A\}$ – უცნობი პუნქტების რაოდენობა, სადაც განთავსებულია მარშუტიზატორები; A_k – ეს არის უცნობი ქვე რაოდენობა სატერმინალო კომპლექსების განთავსების პუნქტებისა, რომლებიც მიერთებულნი არიან სააბონენტო კავშირის არხებით მარშუტიზატორთან k -ურ პუნქტში ($A_k \subseteq A$); $\lambda_i^{(1)}$ – ეს არის ინტენსივობა პირველადი მოთხოვნისა i -ური ტერმინალური კომპლექსიდან; $\lambda_i^{(2)}$ – ეს არის ინტენსივობა პასუხებისა i -ურ სატერმინალო კომპლექსში; $\lambda_i = \lambda_i^{(1)} + \lambda_i^{(2)}$; $\lambda_{ij}^{(1)}$ – ეს არის ინტენსივობა მეორადი მოთხოვნებისა i -ურ სატერმინალო კომპლექსში j -ურ სატერმინალო კომპლექსების ფაილებთან ($i \neq j, j \in A$); $\lambda_{ij}^{(2)}$ – ეს არის ინტენსივობა პასუხებისა მეორადი მოთხოვნებისა i -ური ტერმინალური კომპლექსისა, j -ურ სატერმინალო ფაილებთან; $\lambda_{ij} = \lambda_{ij}^{(1)} + \lambda_{ij}^{(2)}$; μ_{1i}^{-1} – საშუალო სიგრძე i -ური სატერმინალო კომპლექსის პირველადი მოთხოვნისა; μ_{2i}^{-1} – საშუალო სიგრძე მეორადი მოთხოვნისა i -ური სატერმინალო კომპლექსის j -ურ სატერმინალო კომპლექსის ფაილებთან; μ_{2ij}^{-1} – საშუალო სიგრძე მეორადი მოთხოვნის პასუხისა i -ური სატერმინალო კომპლექსის j -ურ სატერმინალო კომპლექსის ფაილებთან; t^* – ზღვრული

დასაშვები დრო შეტყობინებების დაყოვნების ქსელში; L_{ij} - დაშორება ქსელის პუნქტებს შორის ($i, j \in A$); $\{0, C_1^{(1)}, C_1^{(2)}, \dots, C_1^{(s)}, \dots, C_1^{(S_1)}\}$ - სააბონენტო კავშირის არხების ტევადობის დისკრეტული მნიშვნელობების ისეთი მოწესრიგებული რაოდენობა, რომ $0 < C_1^{(s-1)} < C_1^{(s)}$ $s= 2, \dots, S_1$ -თვის; $\{0, C_2^{(1)}, C_2^{(2)}, \dots, C_2^{(s)}, \dots, C_2^{(S_2)}\}$ - მარშუტიზატორების ტევადობის დისკრეტული მნიშვნელობების ისეთი მოწესრიგებული რაოდენობა, რომ $0 < C_2^{(s-1)} < C_2^{(s)}$ $s= 2, \dots, S_2$ -თვის; $\{0, C_3^{(1)}, C_3^{(2)}, \dots, C_3^{(s)}, \dots, C_3^{(S_3)}\}$ - მაგისტრალური კავშირის არხების დისკრეტული მნიშვნელობების მოწესრიგებული რაოდენობა, როდესაც $0 < C_3^{(s-1)} < C_3^{(s)}$ $s= 2, \dots, S_3$ -თვის; μ_r^{-1} - საშუალო სიგრძე მოთხოვნებისა და პასუხებისა ქსელის r -ურ ელემენტში, $r=1, \dots, R$; Λ_r - ეს არის ჯამური ინტენსივობა მოთხოვნისა და პასუხისა ქსელის r -ურ ელემენტში; C_r - უცნობი ტევადობა ქსელის r -ური ელემენტისა.

ქსელში ნახევრად დუბლექსური კავშირის არხების გამოყენებისას r -ის მნიშვნელობა განისაზღვრება ტოლობით:

$$R = N + |Y| + \frac{1}{2}|Y|(|Y|-1) \quad (50)$$

რომელშიც Y მნიშვნელობა ცნობილია. ზოგადად $Y \subseteq N$, ამიტომაც მართებულია ტოლობა

$$R \leq 2N + \frac{1}{2}N(N - 1) \quad (51)$$

μ_r^{-1} - ის r -ური ელემენტის მნიშვნელობა ითვლება როგორც საშუალო რაოდენობად მოთხოვნისა და პასუხის დამუშავების ოპერაციებისა მარშუტიზატორში ან საშუალო რაოდენობა ნიშნებისა ან ბაიტებისა მოთხოვნებში და პასუხებში, რომლებიც გადაეცემიან კავშირის არხებით.

შეტყობინებების დაყოვნების საშუალო დრო r -ურ ელემენტში, რომელიც აღიწერება მასობრივი მომსახურების სისტემის ტიპით $M/M/1$, განისაზღვრება ფორმულით:

$$T_r = (M_r C_r - \Lambda_r)^{-1} \quad (52)$$

როდესაც $(M_r C_r - \Lambda_r) > 0$, ხოლო ქსელის რეაქციის საშუალო დრო მიმართვაზე გამოისახება ფორმულით:

$$T = \gamma^{-1} \sum_{r=1}^{r=R} T_r \quad (53)$$

სადაც γ – არის ჯამური ინტენსივობა (ტრაფიკი) პირველადი მოთხოვნებისა ქსელში

$$\gamma = \sum_{i=1}^{i=N} \lambda_i^{(1)} \quad (54)$$

ინდექსი r იღებს მნიშვნელობებს შემდეგი ტოლობებიდან:

$$r \in \left\{ \begin{array}{l} \{ik\} \text{ სააბონენტო კავშირის არხებისათვის სატერმინალოკომპლექსების} \\ \text{პუნქტებს შორის, მარშუტიზატორებისათვის } k \in A \text{ პუნქტებში} \\ \{k\} \text{ მარშუტიზატორებისათვის } k \in A \text{ პუნქტებში} \\ \{kl\} \text{ მაგისტრალური კავშირის არხებისათვის} \\ \text{მარშუტიზატორებს შორის პუნქტებში } k, l \in A \end{array} \right.$$

ორკვევა, რომ ნებისმიერი $k \in A$ პუნქტში საჭიროა განთავსდეს მარშუტიზატორი, თუ ამ პუნქტთან ჩართულია თუნდაც ერთი სატერმინალო კომპლექსი, ამასთან ეს შეიძლება იყოს ერთადერთი სატერმინალო კომპლექსიც, რომელიც ამავე პუნქტშია განთავსებული.

შემოვიტანოთ ახალი ცვლადი:

$$X_{ik} = \begin{cases} 1, \text{ თუ } i - \text{ური სატერმინალო კომპლექსი მიერთებულია} \\ \text{სააბონენტოკავშირის არხით } j - \text{ურ მარშუტიზატორთან} \\ 0, \text{ თუ არ არის ჩართული} \end{cases}$$

შემოდებული ცვლადის ფიქსირებული მნიშვნელობებით X_{ik} ადვილად ვითვლით: Λ_k - შეტყობინებების ჯამურ ინტენსივობას, რომელიც მიდის k მარშუტიზატორში; σ_k^{-1} – შეტყობინებების საშუალო სიგრძე, რომელიც მიდის k მარშუტიზატორში; Λ_{kl} – შეტყობინებების ჯამური ინტენსივობა, რომელიც მიდის კავშირის არხებით k და l პუნქტებს შორის მარშუტიზატორებში ($(k \neq l, k \in A, l \in A)$); π_{kl}^{-1} - შეტყობინებების საშუალო სიგრძე კავშირის არხებში მისული k და l მარშუტიზატორებს შორის.

მოცემული სიდიდეების გამოსათვლელად განტოლება ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\Lambda_k = \Lambda_k^{(1)} + \Lambda_k^{(2)} + \Lambda_k^{(3)} \quad (55)$$

სადაც

$$\Lambda_k^{(1)} = \sum_{i=1}^{i=N} \lambda_i^{(1)} X_{ij} \quad (56)$$

ეს არის k მარშუტიზატორის აბონენტების პირველადი მოთხოვნების ჯამური ინტენსივობა;

$$\Lambda_k^{(2)} = \sum_{i=1}^{i=N} \sum_{j=1, j \neq i}^{j=N} \lambda_{ij}^{(2)} X_{ij} (1 - X_{jk}) \quad (57)$$

ესაა ჯამური ინტენსივობა პასუხებისა მეორად მოთხოვნებზე, რომლებიც მიდის k მარშუტიზატორში სხვა მარშუტიზატორებიდან;

$$\Lambda_k^{(3)} = \sum_{i=1}^{i=N} \sum_{j=1, j \neq i}^{j=N} \lambda_{ij}^{(3)} X_{ij} (1 - X_{jk}) \quad (58)$$

ეს არის k მარშუტიზატორში ჯამური ინტენსივობა მეორად მოთხოვნებზე, რომლებიც მოდიან სხვა მარშუტიზატორებიდან.

კავშირის არხებში შეტყობინებების გატარების ინტენსივობა k და l მარშუტიზატორებს შორის ($k \neq l$) განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Lambda_{kl} = \Lambda_{kl}^{(1)} + \Lambda_{kl}^{(2)} + \Lambda_{kl}^{(3)} + \Lambda_{kl}^{(4)} \quad (59)$$

სადაც $\Lambda_{kl}^{(s)}, s = 1, 2, \dots, 4$ - შესაბამისად არის k მარშუტიზატორის მოთხოვნების გადაცემა l მარშუტიზატორთან, პასუხი l მარშუტიზატორისა k -თან, l მოთხოვნა k მარშუტიზატორთან და პასუხი უკანასკნელისა l -თან.

ანალიტიკურ გამოსახულებას $\Lambda_{kl}^{(s)}$ ააქვს შემდეგი სახე:

$$\Lambda_{kl}^{(1)} = \sum_{i=1}^{i=N} \sum_{j=1, j \neq i}^{j=N} \lambda_{ij}^{(1)} X_{ik} X_{jl}, k, l \in A, k \neq l; \quad (60)$$

$$\Lambda_{kl}^{(2)} = \sum_{i=1}^{i=N} \sum_{j=1, j \neq i}^{j=N} \lambda_{ij}^{(2)} X_{ik}, X_{jl}, k, l \in A, k \neq l; \quad (61)$$

$$\Lambda_{kl}^{(3)} = \sum_{i=1}^{i=N} \sum_{j=1, j \neq i}^{j=N} \lambda_{ij}^{(1)} X_{ij}, X_{jk}, k, l \in A, k \neq l; \quad (62)$$

$$\Lambda_{kl}^{(4)} = \sum_{i=1}^{i=N} \sum_{j=1, j \neq i}^{j=N} \lambda_{ij}^{(2)} X_{ij} X_{kj}, k, l \in A, k \neq l; \quad (63)$$

ჩავწეროთ გამოსახულება საშუალო სიგრძის შეტყობინებებისათვის, რომლებიც მიდის სააბონენტო კავშირის არხებში | სატერმინალ კომპლექსში და მარშუტიზატორში, k მარშუტიზატორში და მაგისტრალურ კავშირის არხში k და | მარშუტიზატორებს შორის:

მარშუტიზატორის ოპტიმალური განთავსების მათემატიკური ფორმულა ჩაიწერება შემდეგი პირობებით:

1. თითოეული სატერმინალ კომპლექსი ჩართულია მხოლოდ ერთ მარშუტიზატორთან სააბონენტო კავშირის არხით

$$\sum_{i=1}^{i=N} X_{ik} = 1, k = 1, \dots, N; (64)$$

2. ქსელის ელემენტების დატვირთვამ არ უნდა გადააჭარბოს დასაშვებ მნიშვნელობას

$$M_r C_r - \Lambda_r > 0, r \in \{r\};$$

3. დაყოვნების საშუალო დრომ არ უნდა გადააჭარბოს დასაშვებ მნიშვნელობას

$$T \leq t^*;$$

4. ელემენტების ტევადობამ შეიძლება მიიღოს მხოლოდ დისკრეტული არაუარყოფითი მნიშვნელობები შემდეგი მოცემული სიმრავლეებიდან:

$$C_{ik} \in \{C_1^{(s)}\}, i \in A; k \in Y \subseteq A,$$

$$C_k \in \{C_2^{(s)}\}, k \in Y \subseteq A,$$

$$C_{kl} \in \{C_3^{(s)}\}, k, l \in Y \subseteq A;$$

5. X_{ik} ცვლადმა შეიძლება მიიღოს მხოლოდ 0 ან 1 მნიშვნელობა $i, k \in A$.

ქსელის შექმნაზე და ექსპლუატაციაზე ჯამური დაყვანილი ხარჯები მინიმალური უნდა იყოს:

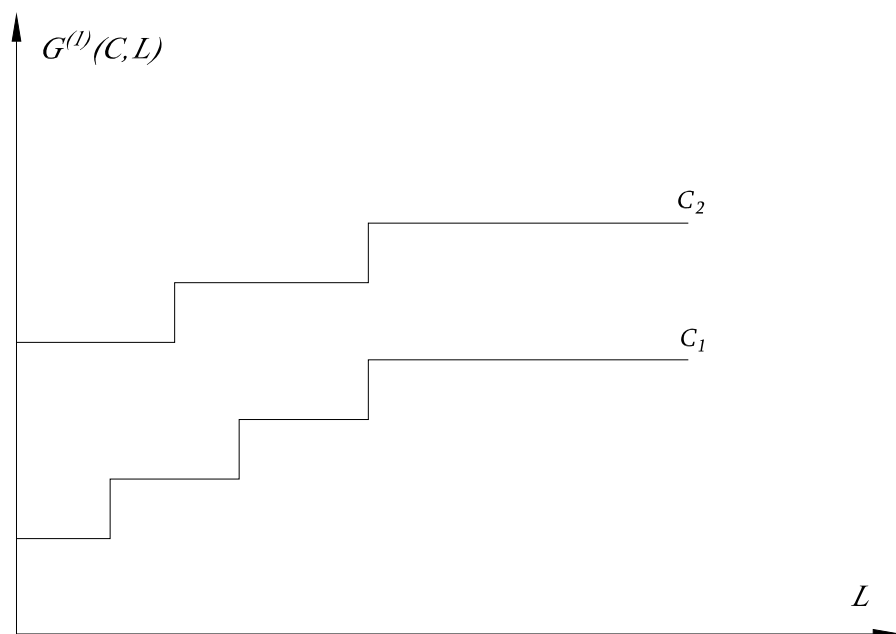
$$G = \min \left\{ \sum_{i=1}^{i=N} \sum_{k=1}^{k=N} G_{ik}(C_{ik}) + \sum_{k=1}^{k=N} G_k(C_k) + \sum_{k=1}^{k=N} \sum_{i=1}^{i=N} G_{kl}(C_{kl}) \right\} (65)$$

მოცემულ გამოსახულებაში პირველი ჯამი ითვალისწინებს სააბონენტო კავშირის არხებზე დანახარჯებს, მეორე - მარშუტიზატორებზე, მესამე - მაგისტრალური კავშირის არხების

დანარჯებს. კავშირის არსების დაყვანილი დანახარჯების ფუნქციას $G_{ik}(C_{ik}) = G^{(1)}G_{ik}, L_{ik}$ აქვს საფეხურებრივი სახე და დამოკიდებულია ორ არგუმენტზე: G_{ik} ტევადობაზე და L_{ik} არხის სიგრძეზე.

ხარისხობრივი მნიშვნელობა $G(C, L)$ ფუნქციისა C -ს ორი მნიშვნელობისათვის მოცემულია ნახ.32). $G^{(1)}(C, L)$ ფუნქციის ფორმა ფიქსირებულ C -ზე განისაზღვრება არსებული ტარიფებით კავშირის არსების იჯარიდან.

$G_k C_k$ ფუნქციასაც აქვს საფეხურებრივი ხასიათი და იანგარიშება შემდეგნაირად: Λ_k -ს შესაძლო მნიშვნელობების მთელი დიაპაზონი იშლება ერთნაირი ინტერვალების მწკრივებად. ერთ-ერთი ინტერვალი ითვლება მუდმივად, თითოეული ინტერვალისათვის განისაზღვრება შემადგენლობა, მოცულობები, პროგრამების და ფაილების მიმართვის ალბათობები, რის შედეგადაც დაითვლება მარშუტიზატორის კომპლექტაცია და დაყვანილი დანახარჯები. ნახ.32-ზე ნაჩვენებია კავშირის არსების დაყვანილი დანახარჯების დამოკიდებულება არხის დაშორებასა და ტევადობაზე.



ნახ.32. კავშირის არსების დაყვანილი დანახარჯების დამოკიდებულება არხის დაშორებასა და ტევადობაზე

თუ რამოდენიმე მოსაზღვრე ინტერვალი აღმოჩნდება ტოლი, მაშინ შეტყობინებების დაყოვნების საშუალო დრო განისაზღვრება ფორმულით:

$$T = \gamma^{-1}(T_1 + T_2 + T_3) \quad (66)$$

სადაც T_1 არის ჯამური დაყოვნება შეტყობინებებისა სააბონენტო კავშირის არხებში;

T_2 - ეს არის შეტყობინებების ჯამური დაყოვნება მარშუტიზატორებში;

T_3 - ეს არის შეტყობინებების ჯამური დაყოვნება მაგისტრალური კავშირის არხებში;

γ - ეს არის ჯამური ინტენსივობა პირველადი მოთხოვნებისა ქსელში.

T_v -თვის, $v = 1, \dots, 3$ შემოგვაქვს შემდეგი გამოსახულებები:

$$T_1 = \sum_{i=1}^{i=N} \sum_{k=1}^{k=N} (\mu_i C_{ik} X_{ik} - \lambda_i)^{-1} \quad (67)$$

$$T_2 = \sum_{k=1}^{k=N} (\sigma_k C_k - \Lambda_k)^{-1} \quad (68)$$

$$T_3 = \sum_{k=1}^{k=N} \sum_{l=1}^{l=N} (\pi_{kl} C_{kl} - \Lambda_{kl})^{-1} \quad (69)$$

5.3 ტელემედიცინის ქსელის ოპტიმიზაციის გზები და ალგორითმები

მოცემული მარშუტიზატორების განთავსებისა და სატერმინალო კომპლექსების განლაგებისათვის შეიძლება მივიღოთ ქსელის ელემენტების ტევადობის C_r ოპტიმალური დისკრეტული მნიშვნელობები. r ელემენტის ტევადობის შეფასებაზე დაყრდნობით ადვილად მიიღება დაყვანილი დანახარჯების შეფასება ამ ელემენტზე. ელემენტების ტევადობის შეფასებების მნიშვნელობები გამოითვლება იმ დაშვებით,

რომ ტევადობები შეიძლება გამოისახოს ნებისმიერი ნამდვილი არაუარყოფითი რიცხვებით, აგრეთვე ხაზობრივი დამოკიდებულებით შეფასებების დაყვანილი დანახარჯების ქსელის ელემენტებზე მისი სიმრავლიდან შემდეგი გამოსახულებით: $G_r = d_{1r}C_r - d_{0r}$.

მოცემული სტრუქტურის ქსელისათვის ოპტიმალური მნიშვნელობა C_r -ის გამოსახება ფორმულით:

$$T \leq t^*, C_r \geq 0, G = \sum_{r=1}^{r=R} (d_{0r} + d_{1r}C_r) \quad (70)$$

ლაგრანჟის მამრავლით ამ ამოცანის ამოხსნა შესაძლებელს ხდის ოპტიმალური მნიშვნელობის ჩაწერისა:

$$C_r = C_{r\text{opt}}$$

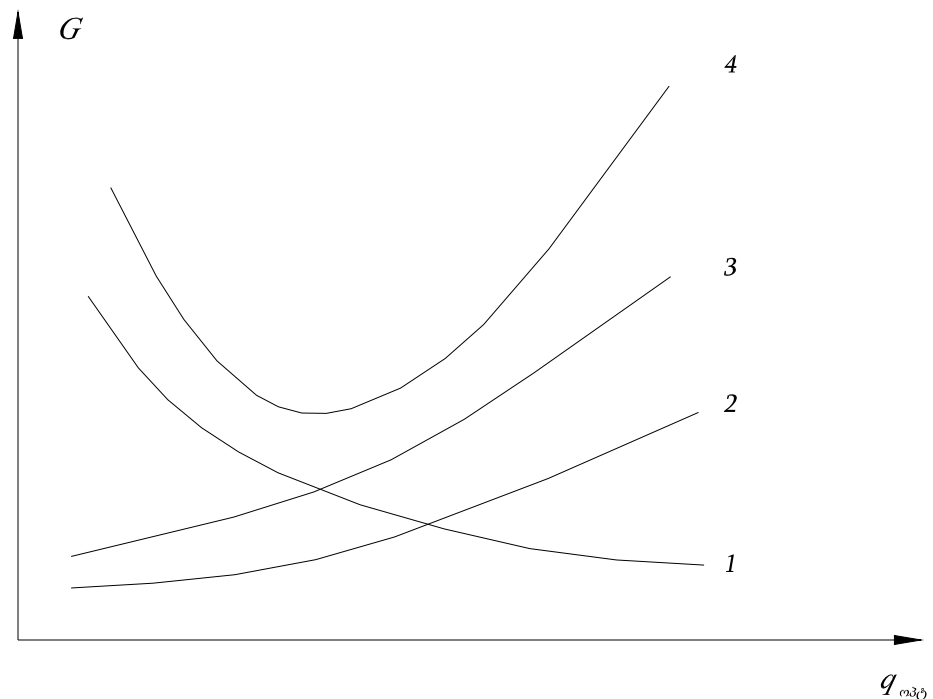
$$C_{r\text{opt}} = \lambda_r \mu_r^{-1} + (\gamma t^* d_{1r})^{-1} \sqrt{\lambda_r d_{1r} \mu_r^{-1}} \sum_{r=1}^{r=R} \sqrt{\lambda_r d_{1r} \mu_r^{-1}} \quad (71)$$

თუ $C_{r\text{opt}} > 0$ და არ ემთხვევა ქსელის r ელემენტის დასაშვები დისკრეტული მნიშვნელობებიდან ერთ-ერთს, მაშინ ამ ელემენტის ტევადობა მიიღება უახლოესი უდიდესი დისკრეტული მნიშვნელობის ტოლი. თუ არ არსებობს უახლოესი უდიდესი დისკრეტული მნიშვნელობა, მაშინ განსახილველი ქსელის სტრუქტურა გამოირიცხება დასაშვები ამოხსნების სიმრავლიდან.

მარშუტიზატორების განთავსების ოპტიმიზაციის ამოცანა წარმოადგენს არაწრფივ დიდი ზომის ამოცანას დისკრეტულ მათემატიკურ პროგრამირებაში. პრაქტიკაში ქსელის პუნქტებმა შეიძლება მიაღწიოს 10^2 , 10^4 -მდე. ასეთი ამოცანის ამოსახსნელად არაეფექტურია გლობალური ექსტრემუმის მოძებნის ალგორითმის შექმნა. ამის გამო მიახლოებითი მნიშვნელობის მოსაძებნად შემოვიტანე ლოკალური ოპტიმიზაციის ალგორითმი. ალგორითმი ითვლის (აწარმოებს) ქსელის სტრუქტურის მიმართულ გადაჭარბებებს. თითოეული ვარიანტისათვის განისაზღვრება ქსელის ელემენტების ოპტიმალური ტევადობის მნიშვნელობა, რომელიც უზრუნველყოფს შეზღუდულ შუალედურ დაყოვნების დროში პირველად მოთხოვნას მინიმალური დაყვანილი დანახარჯებით მთლიანად ქსელში. ქსელის ელემენტების ტევადობა მიიღება შესაბამისი უახლოესი უდიდესი

მნიშვნელობებისა. ყველა შესაძლო სუბობიექტური სტრუქტურიდან აირჩევა ისეთი სტრუქტურა, რომელიც დააკმაყოფილებს მოცემულ პირობებს (შეზღუდვებს), მოცემული ფუნქციის ოპტიმიზაციის მინიმუმს [50].

დაეუშვათ, რომ გვაქვს მეთოდი მარშუტიზატორების ოპტიმალური განლაგებისა მოცემული q რაოდენობისათვის $q=1,2,\dots,q_{\max}$. ამოცანის ამოსახსნელად განისაზღვრება q ზონა, სადაც განლაგდება სატერმინალო კომპლექსების სიმრავლე, და ასევე დაყვანილი დანახარჯები კავშირის არხებისა და მარშუტიზატორებისათვის. დაყვანილი დანახარჯების დამოკიდებულება სხვადასხვა შედგენილ ქსელზე და ჯამურ დანახარჯებზე მარშუტიზატორებისათვის მოყვანილია ნახ.33-ზე. როგორც გრაფიკიდან ჩანს ჯამური დანახარჯების დამოკიდებულებას ქსელზე აქვს ერთი ექსტრემუმი (მინიმუმი) q -ს მნიშვნელობის მთელ დიაპაზონში.



ნახ.33. G ქსელის დაყვანილი დანახარჯების დამოკიდებულება q მარშუტიზატორების რაოდენობაზე

ნახ.33-ზე 1 – დანახარჯები სააბონენტო კავშირის არხებზე; 2 - დანახარჯები მარშუტიზატორებზე; 3 - დანახარჯები მაგისტრალურ კავშირის არხებზე; 4 – ჯამური დანახარჯები.

ალგორითმის მუშაობის პროცესში მარშუტიზატორების რაოდენობა იცვლება მინიმალურიდან (მაგ.: 1-დან) მოცემულ მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე q_{max} ან $q_{\text{მატ}+1}$. თითოეული მნიშვნელობისთვის $q=q_{min}, \dots, q_{max}$ იძებნება ლოკალური ოპტიმალური განლაგება მარშუტიზატორებისა, ინახება ქსელის სტრუქტურა და დაყვანილი დანახარჯები ქსელზე. საწყისი განლაგება q მარშუტიზატორებისა იწარმოება რამდენიმე მონაცემით პუნქტის ქვესიმრავლის ევრისტიკული გამოსახულებიდან $Y_0 \subseteq A$, სატერმინალო კომპლექსები მიუერთდებიან უახლოესი მანძილით დაშორებულ მარშუტიზატორებს, შემდეგ რიგ-რიგობით აირჩევა საუკეთესო მდებარეობა თითოეული მარშუტიზატორისათვის თავისი ზონის საზღვრებში. ასეთი მეთოდით დამუშავებული სტრუქტურის შესაფასებლად გამოიყენება ლანგრაჟის მამრავლი და განისაზღვრება ოპტიმალური უწყვეტი მნიშვნელობა C_r ტევადობისა მთელი ქსელის C_r ელემენტებისათვის. შემდეგ თითოეულ C_r -ის მნიშვნელობა იცვლება უახლოესი უდიდესი დისკრეტული მნიშვნელობით. ფიქსირებულ რაოდენობაზე მარშუტიზატორების ამოცანის ანგარიში მთავრდება, როდესაც მთელი მარშუტიზატორების დისლოკაციის შეცვალ არ მიიღებს საუკეთესო ოპტიმიზირებულ ფუნქციას. ქსელის ოპტიმალური სტრუქტურა შეესაბამება მინიმალური ფუნქციონალის მნიშვნელობას იმ მნიშვნელობებს შორის, რომელიც მიღებულია სხვადასხვა მარშუტიზატორის რაოდენობებში.

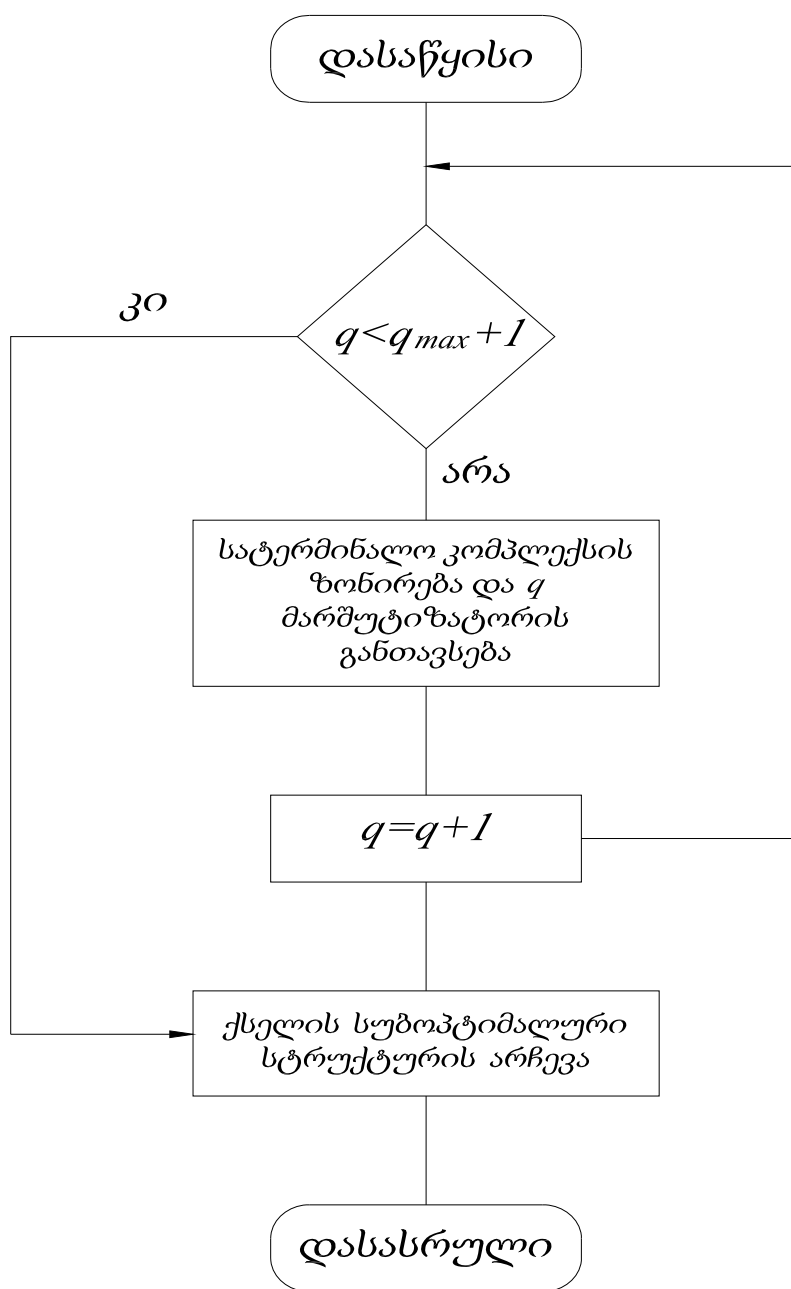
გამსხვილებული სქემა ალგორითმისა, რომელიც ირჩევს მარშუტიზატორების ოპტიმალურ რაოდენობას მოცემულია ნახ.34-ზე. ნახ.35-ზე მოცემულია სატერმინალო კომპლექსების ზონირებისა და q მარშუტიზატორების განთავსების ალგორითმი. ნახ.36-ზე მოცემულია მარშუტიზატორების განთავსება q ფიქსირებულ ზონებში. მარშუტიზატორების განთავსების საუკეთესო პუნქტად თავის ზონაში

აირჩევა სრული გადარჩევის გზით. ეს გადარჩევა შეიძლება შემცირდეს ორი მეთოდით:

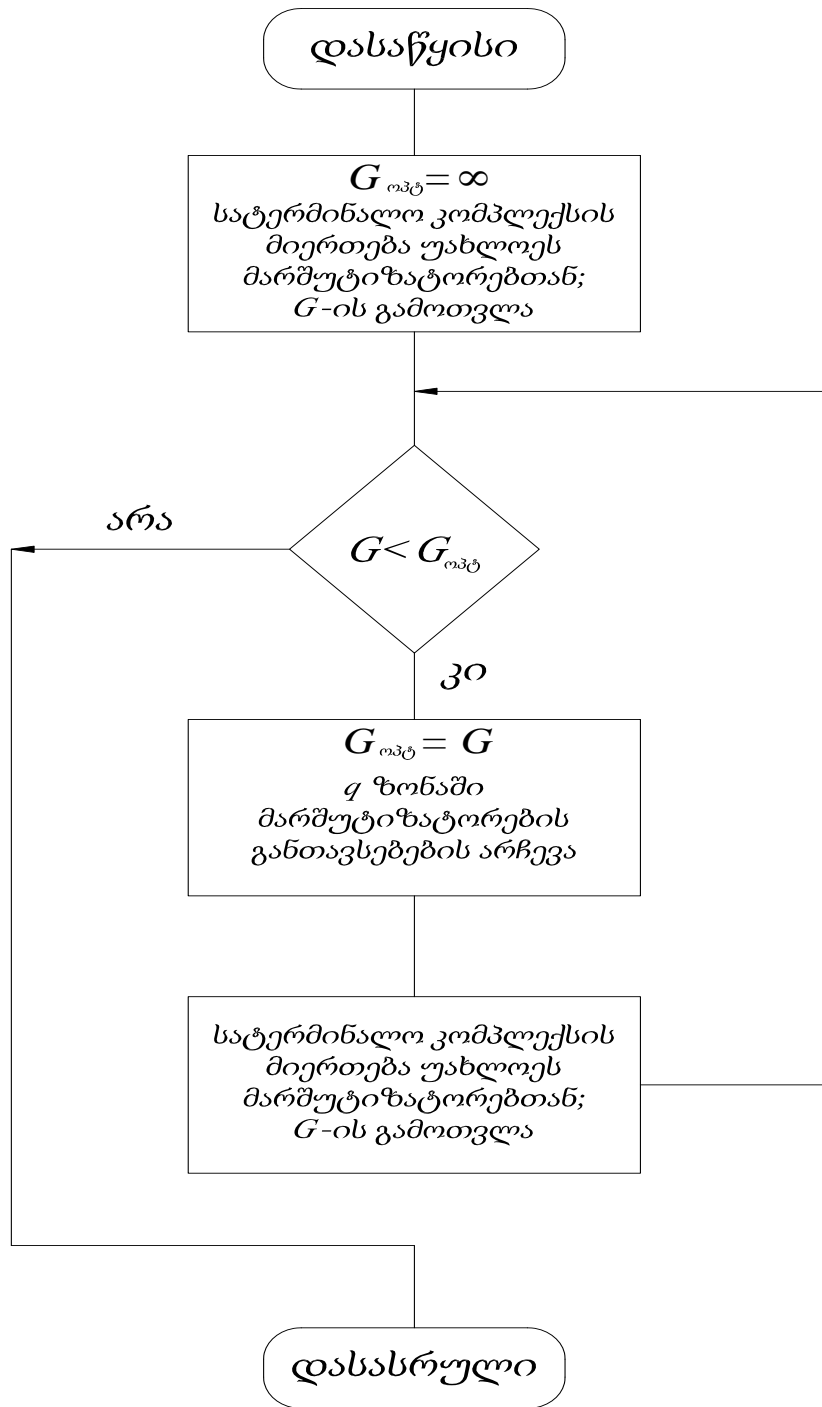
- I. მარშუტიზატორები განთავსდებიან მხოლოდ რამდენიმე A^* ქვესიმრავლეში თავისი A სიმრავლისა $A(A^* \in A)$. A^* ქვესიმრავლის ელემენტების რაოდენობა ჩვეულებრივ მნიშვნელოვნად ნაკლებია A ელემენტების რაოდენობასთან.
- II. ევრისტიკული გამოსახულების ამოცანის ამოხსნით მარშუტიზატორის განთავსების თითოეული პუნქტისათვის $y \in A$ ეძლევა რამდენიმე “შემოგარენი” $B_y \in A$ პუნქტებისა, რომელშიც შესაძლებელია გადაადგილება ლოკალური ოპტიმიზაციის პროცესში, ჩვეულებრივ ასეთი შემოგარენის პუნქტების რაოდენობა აიღება 4-5-ის ტოლი მნიშვნელობით.

მარშუტიზატორის განთავსების საუკეთესო ადგილის მოსაძებნად, რომელიც განთავსებულია პუნქტ y -ში ხორციელდება შემდეგი ქვესიმრავლის პუნქტიდან: $B_y \cap \frac{X_y}{y}$, სადაც X_y არის სააბონენტო ზონის სიმრავლე.

მარშუტიზატორის განთავსების არჩევის ალგორითმი ფიქსირებულ ზონებში უზრუნველყოფს თანდათანობით გააუმჯობესოს მარშუტიზატორის მდებარეობა. ამ დროს ყოველი ახალი განთავსება მარშუტიზატორისა აირჩევა ისე, რომ მინიმუმამდე იყოს დაყვანილი შეტყობინებების გადაცემების დანახარჯები მარშუტიზატორებს შორის, მარშუტიზატორებს და აბონენტებს შორის, და ასევე მარშუტიზატორებს და დანარჩენ მარშუტიზატორებს შორის.



ნახ.34. მარშუტიზატორის განთავსების ალგორითმის სქემა



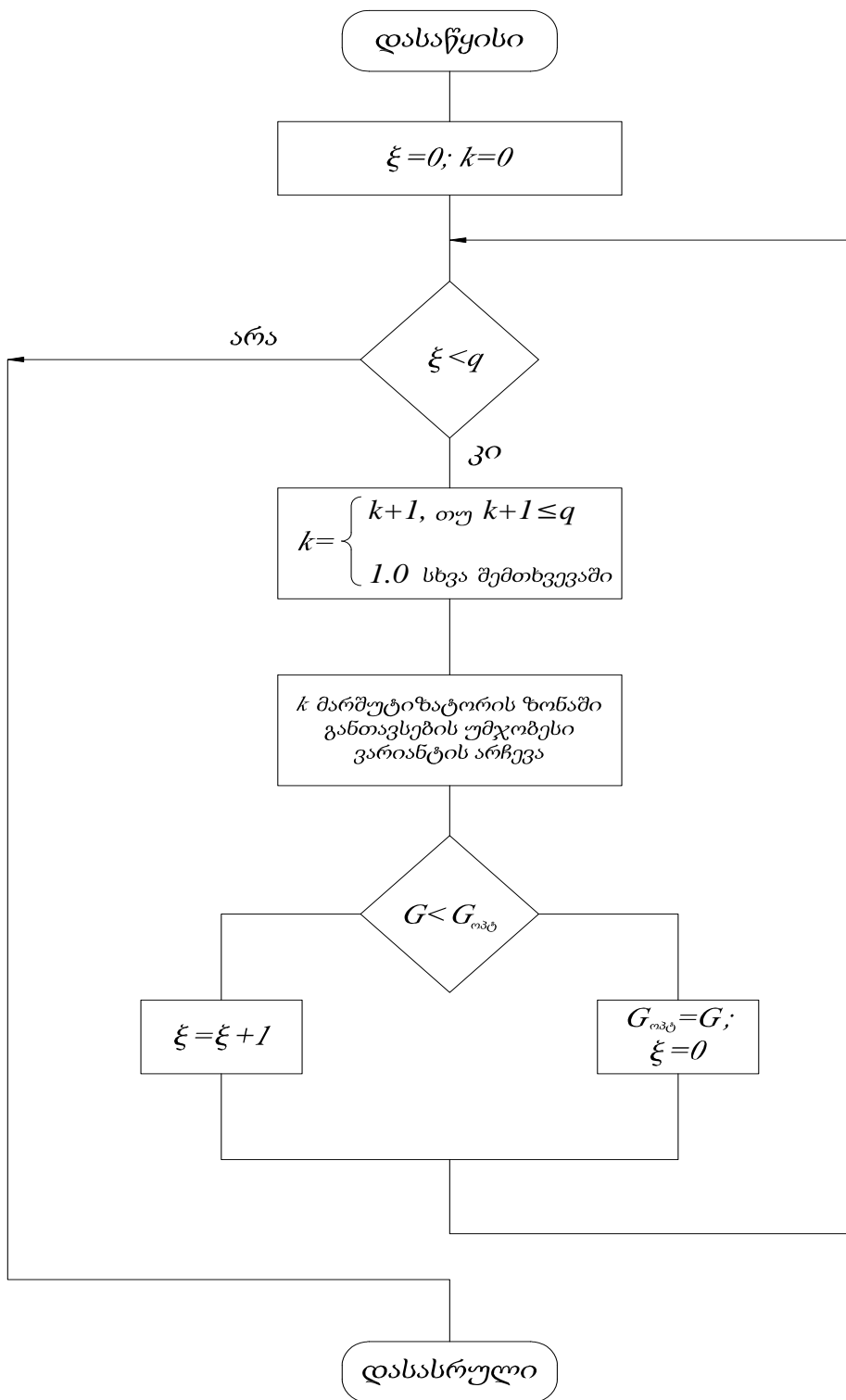
ნახ.35. აბონენტების ზონირების ალგორითმის სქემა და მარშუტიზატორების განთავსება

მარშუტიზატორის q ზონის შემდეგ პროცესი განმეორდება პირველი ზონიდან. თუ კი ნებისმიერი მარშუტიზატორიდან დაწყებული q -ჯერ არ მოხდება გაუმჯობესება ოპტიმიზირებული ფუნქციის მნიშვნელობის მაშინ პროცესი წყდება, რადგანაც მიღწეულია ლოკალური ექსტრემუმი. ამ დროს შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ რამოდენიმე სატერმინალო კომპლექსი არ არის მიმაგრებული უახლოეს მარშუტიზატორებთან შენდგომი გაუმჯობესება ფუნქციონალის გულისხმობს ყველა სატერმინალო კომპლექსის მიმაგრებას უახლოეს მანძილზე მდებარე მარშუტიზატორთან (ნახ.35). თუ კი სატერმინალო კომპლექსების მიმაგრების შეცვლის შედეგად ფუნქციონალი გაუმჯობესდა, მაშინ აზრი აქვს ხელმეორედ შესრულდეს ალგორითმი მარშუტიზატორების განთავსებისა q ფიქსირებულ ზონებში (სურ. 3.6). გამოთვლის პროცესი მთავრდება, როდესაც სატერმინალო კომპლექსების მიმაგრების პროცესის ცვლილება მარშუტიზატორთან ვერ უზრუნველყოფს გაუმჯობესების უკვე ოპტიმიზირებულ ფუნქციონალს. ამ დროს ლოკალური ექსტრემუმის მოძებნა q მარშუტიზატორისათვის მთავრდება q -ს მნიშვნელობა იზრდება 1 ერთეულით და ანგარიშები მეორდება.

მთავრ მომენტს ალგორითმის მუშაობაში წარმოადგენს საწყისი მდებარეობის პუნქტების მოძებნა q მარშუტიზატორისათვის ($1 < q < N$). ალგორითმის დასაწყისში q -თვის მიზანშეწონილია განთავსდეს შეძლებისდაგვარად თანაბრად მთელ ტერიტორიაზე.

საწყის მდებარეობად q მარშუტიზატორისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნას სუბოპტიმალური პუნქტების ქვესიმრავლე $q-1$ მარშუტიზატორებისა, რომელიც მიღებულია ალგორითმის წინა იტერაციით, რომელშიც დაემატება ახალი მარშუტიზატორი შემდეგი ერთ-ერთი მეთოდით:

1. ნებისმიერ პუნქტში
2. პუნქტში, სადაც მეტი ინტენსივობაა პირველადი მოთხოვნების
3. იმ პუნქტში, რომელიც აღებულია სრული გარადხევით



ნახ.36. ფიქსირებულ ზონებში q მარშუტიზატორების განთავსების არჩევის ალგორითმის სქემა

დასკვნა

ნაშრომის პირველ თავში დახასიათებულია კორპორაციული კომპიუტერული ქსელი, განხილულია ქსელის ძირითადი ამოცანა და ბაზური ქსელური ტექნოლოგიები, კორპორაციული ინფორმაციული სისტემების ძირითადი თვისებები, კორპორაციული კომპიუტერული ქსელის არქიტექტურის არჩევის პოზიციები.

ნაშრომის მეორე თავში განხილულია მედიცინაში გამოთვლითი ტექნიკის გამოყენების ძირითადი ასპექტები, დახასიათებულია თანამედროვე მედიცინის ერთ-ერთი ძირითადი მიმართულება – ტელემედიცინა, განხილულია მედიცინაში კომპიუტერული ქსელების გამოყენების ძირითადი საკითხები, შემოთავაზებულია მედიცინაში გამოთვლითი ტექნიკის გამოყენების მაგალითები.

მესამე თავში განხილულია ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელების აგებულებისა და შეფასების საკითხები, კერძოდ, ქსელების, რომლებიც ვიდეოკონფერენციის საშუალებას იძლევიან. დამუშავებულია ქსელის სტრუქტურა ვიდეოკონფერენციისათვის. მოცემული ტიპის ქსელები ხასიათდება განსაზღვრული სირთულეებით, რამდენადაც აქ ადგილი აქვს მომეტებულ დატვირთვას. ამიტომ გამოყოფილია ძირითადი პარამეტრები, რომლებითაც შეიძლება შეფასებული იქნას დიდი ზომის გაერთიანებული კომპიუტერული ქსელების მწარმოებლურობა, რომელიც იმუშავებს მომეტებული დატვირთვის პირობებში. შემოღებულია საერთო მაჩვენებელი, რომელიც ქსელის მწარმოებლურობის კომპლექსურად შეფასების საშუალებას იძლევა.

მეოთხე თავში შემოთავაზებულია მასობრივი მომსახურების მოდელები, რომლებიც შეიძლება გამოყენებული იქნას დიდი დატვირთვით მომუშავე კომპიუტერული ქსელების ფუნქციონირების ზუსტი შეფასებისათვის. კერძოდ, შემოთავაზებულია ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელის გაშვების უნარის შეფასების მოდელი, რომელშიც ნავარაუდევია ვიდეოკონფერენციის ჩატარება, რაც გულისხმობს ქსელის მუშაობას დიდი დატვირთვით ქსელის მუშაობას. ამასთანავე შემოთავაზებულია ქსელის მოდელი, რომელშიც

ხორციელდება კონფერენციის ჩატარება თანამგზავრის კავშირის საშუალებით, და რომელიც მსგავსი ტიპის ქსელის ალბათობადროებითი დახასიათების საშუალებას იძლევა.

მესუთე თავში შემოთავაზებულია ტელემედიცინის კომპიუტერული ქსელის მოდელი, რომელიც შედარებით ოპტიმალური სტრუქტურული შექმნის საშუალებას იძლევა, დროის განსაზღვრულ შეუაღედში პაკეტების მიწოდებას უზრუნველყოფს, რაც აუცილებელია რეალური დროის რეჟიმში ვიდეოკონფერენციის ჩასატარებლად. სტრუქტურის ოპტიმიზაცია წარმოებს ქსელის ღირებულების მინიმიზაციის პირობებში.

ტელემედიცინაში კომპიუტერული ქსელების გამოყენების დარგში ჩატარებულმა კვლევებმა გამოავლინეს მათი ძირითადი პრობლემატური მხარეები. დადგენილია ძირითადი სირთულეები სხვადასხვა ქსელის გაერთიანებისას ტელემედიცინის ერთ ქსელში:

- მოყვანილია რეკომენდაციები მაღალეფექტური ქსელების შესადგენად და შემოთავაზებულია განზოგადოებული მაჩვენებელი ქსელების ეფექტური შეფასებისათვის;
- მოცემულია ტელემედიცინის ქსელის შექმნის მეთოდოკა, ტელემედიცინის ქსელის სტრუქტურა და ვიდეოკონფერენციის ჩატარების ქსელები;
- დასმულია და გადაწყვეტილია მასობრივი მომსახურების მოდელის შექმნის ამოცანა ტელემედიცინის ქსელის გამშვების შესაძლებლობის შეფასებისთვის;
- შემოთავაზებულია თანამგზავრის ქსელის მომსახურების მოდელი;
- დასმულია და გადაწყვეტილია ტელემედიცინის ქსელის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის ამოცანა.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Кульгин М. Методология построения корпоративной сети
Часть 1. _ ВУТЕ/Россия 1999, №1, с. 21-27
2. Кульгин М. Методология построения корпоративной сети
Часть 2. _ ВУТЕ/Россия 1999, №1, с. 12-19
3. Костиков Д., Мелников Д., Савальев М., Шерстнев В. Frame Relay для профессионалов и не только // Сети, 1998 ,№3, с. 14-15
4. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных_ Киев: вильям, 1999
5. Кульгин М. Интеграция АТМ с Локальными сетями. Часть 1-2. _ ВУТЕ/Россия 1998, №1, с. 18-20
6. Кульгин М. Технология корпоративных сетей, Энциклопедия, _ СПб.: Питер, 2000
7. Нельсон Т. Информационные системы будущего. Пер. с англ. В кн.: Информационный поиск _ М.: Воениздат, 1970
8. Беллман Р., Дреифус С. Прикладные задачи динамического программирования _ М.: Наука, 1965
9. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями _ М.: Мир, 1979
10. Хомерики И.О. Размещение массивов коллективного пользования в корпоративных вычислительных сетях .Инженерные новости Грузии, 2001, №6, с. 22-24
11. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы _ СПб.: Питер, 1999
12. Хомерики И.О. Организация распределения баз данных в корпоративных вычислительных сетях. Тбилиси, 2006, ISBN 99940-40-96-0
13. კ. კამკამიძე, ა. ჩადუნელი კომპიუტერული სისტემები და ქსელები, “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, 2005 ISBN 9940-48-51-1
14. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы 3-е изд. _ СПб.: Питер, 2008- 958с.:ил
15. Броидо В. А., Ильина О. П. Архитектура ЭВМ и систем. Учебник для вузов. _ СПб.: Питер, 2006- 718 с.:ил. . ISBN 5-469-00742-1
16. Г. Вагнер, Основы исследования операций, Том 2, глава 8. 5-49 листа. Издательства Мир, Москва 1973 1-й Рижский пер. 2.

17. Таненбаум Э. Компьютерные сети. Санкт-Петербург, "Питер", 2002
18. Хорошевский В.Г. Инженерный анализ функционирования вычислительных машин и систем. Москва, "Радио и Связь", 1987
19. Новиков О.А., Петухов С.И. Прикладные вопросы теории массового обслуживания. Москва, "Радио", 1969
20. Столлингс В. Современные компьютерные сети, 2-е изд. _СПБ.: Питер, 2003
21. Дмитриев Ю.К., Хорошевский В.Г. Вычислительные системы из мини ЭВМ. Москва, "Радио и Связь", 1982
22. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Санкт-Петербург, "Питер", 2002
23. Andrew S. Tanenbaum. Computer Networks. Third Edition. Vrije University. Amsterdam. The Netherlands. Prentice-Hall International Inc. 2000
24. Модели информационных и коммутационных систем. Под редакцией Харкевича А.Д. и Гармаша В.А. Москва, "Мир", 1982
25. Селезнев М.Л. Информационно-вычислительные системы и их производительность. Москва, "Радио и Связь", 1986
26. Феррари Д. Оценка производительности вычислительных систем. Москва, "Мир", 1981
27. Морозов В.К., Долганов А.В. Основы теории информационных сетей. Москва, Высшая школа, 1987
28. W. Stallings. Computer Architecture and Organization. Prentice Hall. 2000
29. Таненбаум Э. Архитектура компьютера. Санкт-Петербург, "Питер", 2002
30. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Сетевые операционные системы. Санкт-Петербург, "Питер", 2002
31. Там Б. Г., Пуусеп М.Э., Таваст Р.Г. Анализ и моделирование производственных систем. Москва, "Финансы и Статистика", 1987
32. Таненбаум Э. Современные операционные системы. Санкт-Петербург, "Питер", 2002
33. Хетагуров Я.А., Древис Ю.Г. Проектирование информационно-вычислительных комплексов. Москва, "Высшая школа", 1987
34. Камкамидзе К., Мануков М., Тевдорадзе М., Салдадзе М. Оценка эффективности сетей видеоконференции. Грузинский Технический Университет. Юбилейная международная конференция

«Информационные Технологии». 2008

35. Гук М. Аппаратные средства локальных сетей. Санкт-Петербург, «Питер», 2002
36. Мартынов Ю.М., Крюков А.М., Разгон В.П. Математическое обеспечение сетей передачи данных. Москва, «Радио и Связь», 1986
37. Овчинников В.В., Рыбкин Н.Н. Техническая база интерфейсов локальных вычислительных систем. Москва, "Радио и Связь", 1989
38. Кенеди Кларк, Кевин Гамильтон. Принципы коммутации в локальных сетях.- Cisco, 2003
39. Костин А.Е., Шаньгин В.Ф. Организация и обработка структур данных в вычислительных системах. Москва, Высшая школа, 1987
40. Алексеев М.Б., Балан С.Н. Технология использования систем мультимедиа. Санкт-Петербург, «Бизнес-пресса», 2002
41. Оливер Ибе. Сети и удаленный доступ. Протоколы, проблемы, решения. - ДМК Пресс, 2002
42. Жожикашвили В.А., Вишневский В.М. Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ. Москва, "Радио и связь", 1988
43. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. Москва, "Наука", 1968
44. 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
45. 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
46. Аврамчук 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
47. Яшков С.Ф. Анализ очередей в ЭВМ. Москва, "Радио и Связь", 1989
48. Волковинский М.И., Кабалевский А.Н. Анализ приоритетных очередей с учетом времени переключения. Москва, "Энергоатомиздат", 1981
49. Альянах И.Н. Моделирование вычислительных систем. Москва, "Машиностроение", 1988
50. Авен О.И., Гурин Н.Н., Коган Я.А. Оценка качества и оптимизация вычислительных систем. Москва, «Наука», 1982

51. Уолренд Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети. Вводный курс. - М.: Постмаркет, 2001
52. Хохлюк В.И. Параллельные алгоритмы целочисленной оптимизации. Москва, "Радио и Связь", 1987
53. Камкамидзе К.Н., Натрошвили О.Г. О некоторых методах теоретической оценки функционирования сложной оптоэлектронной динамической структуры. Идентификация и диагностика электронных устройств и систем. Киев, «Наукова думка», 1981
54. Дилит Найк. Стандарты и протколы Интернета. – Channel Trading Ltd., 1999
55. Пятибратов и др. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. – ФИС, 1998
56. www.5ballov.ru. Методы управления трафиком, 2002. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.05.2013
57. www.5ballov.ru. Мультимедиа, 2001. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.05.2013
58. www.5ballov.ru. Структура и функционирование локальной вычислительной сети. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.05.2013
59. www.5ballov.ru. Видеоконференция в Internet. 2002. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.05.2013
60. www.5ballov.ru. Вещательные применения современных технологий передачи аудиоинформации через интернет. 2008. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.05.2013
61. www.telemed.org.ua უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.05.2013
62. <http://whitepaper.healthgrid.org> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.05.2013