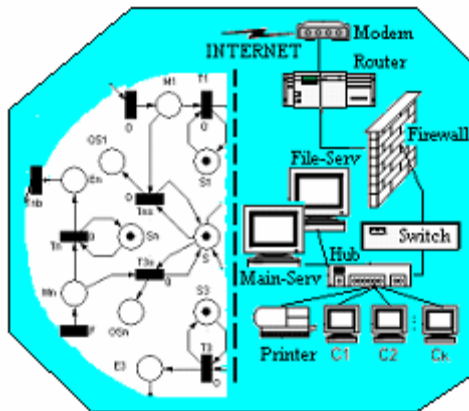


საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბია სურგულაძე, ლია პეტრიაშვილი

**განაწილებილი სისტემის  
რესურსების მართვის პროცესის  
მოდელირებისა და ანალიზის  
ალგორითმები  
(DataWarehouse-PetNet)**



თბილისი 2007

## გია სურგულაძე



სტუ-ს ინფორმატიკის ფაკულტეტის სრული პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, ინფორმატიზაციის საერთაშორისო აკადემიის აკადემიკოსი. არის 190 სამეცნიერო-პედაგოგიური ნაშრომის ავტორი (10 მონოგრაფია, 10 სახელმძღვანელო, 20 დამხმარე სახელმძღვანელო /ლექციების კონსპექტი, 25 ელექტრონული წიგნი სტუ-ს ვებ-გვერდზე, 125 სტატია/თეზისი) მონაცემთა რელაციური ბაზების, ობიექტ-ორიენტირებული დაპროგრამების, მართვის საინფორმაციო სისტემების დაპროექტებისა და პეტრის ქსელების გამოყენებითი თეორიის საკითხებზე. გერმანულ-ქართული ერთობლივი სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრის („GeoGer” Center) „ინფოტექნოლოგიები“ დირექტორი (ბერლინის ჰუმბოლდტისა და ნიურნბერგ-ერლანგენის უნივერსიტეტებთან), საქართველოს ინფორმატიზაციის ტექნოლოგთა კავშირის თავმჯდომარე, ჟიული შარტავას სახელობის პრემიის ლაურეატი ტექნიკის დარგში.

## ლილი პეტრიაშვილი



სტუ-ს ინფორმატიკის ფაკულტეტის „მართვის ავტომატიზებული სისტემების“ კათედრის ასოც-პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, კათედრის გერმანულენოვანი ჯგუფების კურატორი. არის 20 სამეცნიერო ნაშრომის, 1-მონოგრაფიის, 4 დამხმარე სახელმძღვანელოს და ლექციების კონსპექტის (გერმანულ ენაზე) ავტორი ოპერაციული და საოფისე სისტემების, სტატისტიკური მოდელირების, მასობრივი მომსახურების სისტემებისა და პეტრის ქსელების თეორიის საკითხებზე. ასპირანტურაში სწავლების პერიოდში 1995-2000 წლებში ოჯახთან ერთად ცხოვრობდა გერმანიაში, სტაჟირებას გადიოდა ნიურნბერგ-ერლანგენის უნივერსიტეტში, „ოპერაციული სისტემებისა და ქსელების კათედრაზე“. პარალელურად დაამთავრა ერლანგენის გერმანული ენის შემსწავლელი ინსტიტუტი, აქვს ატესტატი-სერტიფიკატი. არის ორი შვილის დედა.

## სარჩევნი

<b>შესავალი: ბიზნესის მართვის განაწილებული საინფორმაციო სისტემების ანალიზი</b>	<b>4</b>
1. მონაცემთა საცავის სტრუქტურა და ძირითადი ელემენტები	7
2. განაწილებული სისტემის მონაცემთა საცავის რესურსების კლასიფიკაცია	12
3. განაწილებული სისტემის რესურსების მართვის პროცესის მასობრივი მომსახურების მოდელი სტაციონარული რეჟიმისათვის	13
4. განაწილებული სისტემის რესურსების მართვის პროცესის კვლევა პეტრის ქსელის გრაფით დინამიკურ რეჟიმში	21
5. ბიზნეს პროცესების მოდელირება მასობრივი მომსახურების ჩაკეტილი სისტემებით	24
6. კომპიუტერული ქსელის რესურსების სინქრონიზების პროცესის მოდელირება პეტრის ქსელებით მრავალმომხმარებლურ რეჟიმში	31
7. პეტრის ქსელების მიზეზ-შედეგობრივი პროცესების პრედიკატულ ფორმაში ასახვა	39
8. განაწილებულ სისტემებში მონაცემთა საცავის ინფორმაციული ბლოკების დამუშავების პროცესების ასახვა პეტრის ქსელების გამოყენებით	44
<b>ლიტერატურა</b>	<b>52</b>

## **შმსაგალი**

### **ბიზნესის მართვის განაწილებული საინფორმაციო სისტემების ანალიზი**

ორგანიზაციული სისტემების მართვის პრობლემების და ამოცანების გადასაწყვეტად, და განსაკუთრებით ბიზნესის მართვის განაწილებული სისტემებისათვის, საჭირო ხდება ახალი კომპიუტერული და ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენება, რომელთა შორის ერთ-ერთი აქტუალური და მნიშვნელოვანი მიმართულებაა მონაცემთა საცავების (data warehouse) აგება. ბოლო პერიოდში იგი ითვლება, განსაკუთრებით პერსპექტიულ და დინამიკურ მიმართულებად საინფორმაციო სისტემების დაპროექტებაში, იგი უკავშირდება მრავალდონიან განაწილებულ საინფორმაციო სისტემის შექმნას [1].

მონაცემთა საცავი განიხილება როგორც რომელიმე კონკრეტული ორგანიზაციის ან დიდი საწარმოსთვის განკუთვნილი სპეციალური სუპერ-ბაზა, სადაც მიმდინარე ოპერატიული სამუშაოს შესრულებისას თავს იყრის ქრონოლოგიურ ინფორმაციათა მთელი სპექტრი, რომელთა დანიშნულებაა მომხმარებლისთვის ინტერნეტ გვერდებზე მიზნობრივად განლაგებული ტექსტური, გრაფიკული და აუდიო-ვიზუალური საინფორმაციო ბლოკების მიწოდება.

თავისუფალ საბაზრო ეკონომიკის პირობებში ბიზნესის მართვის სისტემებისათვის გადაწყვეტლებათა მიღების ხელშემწყობი ეფექტური მექანიზმების დამუშავება და კვლევა თანამედროვე ქსელური საინფორმაციო ტექნოლოგიების ინტეგრირებული გამოყენებით, ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მიმართულებაა. ელექტრონული ბიზნესისა და კომერციის მომხმარებელს მიეცემა ტექნიკური საშუალება ინტერაქტიულ-დიალოგური კრიტერიუმებით განსაზღვროს მისთვის საჭირო ინფორმაცია. ამ მიზნით ანალიზური პროცესების სისტემა ეყრდნობა მრავალგანზომილებიან მონაცემთა სტრუქტურებს.

სხვადასხვა საინფორმაციო წყაროებიდან მიღებული მონაცემები ტრანსფორმაციის, კონვერტაციის და ინტეგრირების შემდეგ თავსდება საცავის ობიექტ-ორიენტირებულ მონაცემთა ბაზებში (MS SQL Server, MS Access, InterBase ან სხვ.), ვინდოუსის (MS Office,

BorlandC++Builder, C#), Web-აპლიკაციების (ASP.NET, ADO.NET, XML) .NET ტექნოლოგიების საფუძველზე.

წინამდებარე ნაშრომში შემოთავაზებულია ავტორთა მიერ საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტსა და გერმანიის უნივერსიტეტებში (ბერლინის ჰუმბოლდტისა და ნიურნბერგ-ერლანგენის ინფორმატიკის ინსტიტუტებში) მიღებული თეორიული და ექსპერიმენტული სამუშაოების სამეცნიერო შედეგები, კერძოდ:

- კვლევის შედეგები ელექტრონული ბიზნესისა და კომერციის მართვის საინფორმაციო სისტემების დაპროექტების თანამედროვე მეთოდებისა და ინსტრუმენტების შესახებ, მათი კლასიფიკაციისა და სტრუქტურული ანალიზის საფუძველზე;

- ბიზნესის განაწილებული მართვის სისტემებისთვის მონაცემთა საცავების ობიექტ-ორიენტირებული დაპროექტების და რეალიზაციის მეთოდები და ინსტრუმენტული საშუალებანი საინფორმაციო ობიექტებისა და მეტაინფორმაციის ლოგიკურად მთლიანი ორგანიზებისა და მიზნობრივი დამუშავების კლასთა-ფუნქციების საფუძველზე;

- ბიზნესის განაწილებული საინფორმაციო სისტემების რესურსების ეფექტური მართვის დინამიკური მოდელი სტოქასტიკური პეტრის ქსელის გრაფო-ანალიზური ინსტრუმენტით;

- მონაცემებისა და მათი სტრუქტურების კლასტერიზაციის, კონვერტირებისა და აგრეგაციის ალგორითმული სქემები და პროგრამები;

- ბიზნეს-ობიექტების მომხმარებელთა მოთხოვნების წინმსწრები ანალიზისა და მათი დამუშავების სინქრონიზაციის რელაციური სქემები პეტრის ქსელის გრაფული მოდელების საფუძველზე.

ნაშრომის თეორიული და პრაქტიკული შედეგების გამოყენება შესაძლებელია:

- საწარმოებისა და ორგანიზაციების ბიზნესის მართვის სფეროში განაწილებული ინფორმაციული სისტემების ასაგებად და გადაწყვეტილების მიღების ხელშემწყობი მექანიზმების სრულყოფისათვის;

- განაწილებული სისტემების კომპიუტერული და ქსელური რესურსების ეფექტური მართვის ექსპერტული სისტემების ასაგებად;

– მთლიანი ქსელისა და მისი ცალკეული კომპონენტების დატვირთვის, მწარმოებლურობის, სისტემის მდგომარეობათა ალბათობების და სხვა მაჩვენებლების გასათვლელად, მოთხოვნათა შემოსვლისა და მათი მომსახურების ინტენსიურობების და ეკონომიკური მაჩვენებლების გათავალისწინებით.

მომხმარებელს საშუალება ეძლევა ინტერნეტ გვერდებზე არსებული ინფორმაციის დახმარებით ეფექტურად და მიზნობრივად იმოქმედოს ბიზნესის სფეროში. საჭირო ხდება ენერჯის, დროის და, რა თქმა უნდა, ფინანსური რესურსების დაზოგვის ღონისძიებების გატარება, რისი უნიკალური საშუალებაცაა ელექტრონული კომერციის (E-Commerce) გამოყენება. როგორც ცნობილია, იგი გამოიყენება ინტერნეტ-ტექნოლოგიის დახმარებით და უზრუნველყოფს კომპიუტერის მონიტორიდან უშუალოდ მსოფლიო ბაზარზე ყიდვა-გაყიდვის წარმოებას.

ნაშრომში შემოთავაზებულია განაწილებული მართვის სისტემების მონაცემთა საცავების დაპროექტების ეტაპების, მისი ძირითადი კომპონენტების, ფუნქციებისა და კლასიფიცირებულ მონაცემთა მეტაინფორმაციის ეფექტური ორგანიზაციის, გარდაქმნისა და ძებნის მეთოდებისა და ალგორითმების აღწერა.

მონაცემთა საცავი ორიენტირებულია საგნობრივ სფეროზე და ორგანიზებულია მონაცემთა ოპერატიული ბაზიდან შემოსულ სტრუქტურულად გადამუშავებულ მონაცემთა ქვესიმრავლეების საფუძველზე. ინფორმაციის წყაროს წარმოადგენს სხვადასხვა ორგანიზაციათა დანართები (აპლიკაციები), რომლებიც გამოიყენებს განსხვავებულ პროგრამულ პლატფორმებს და უკავშირდება ოპერატიულ მონაცემთა ბაზას ინტერნეტის საშუალებით (on-line რეჟიმი).

**gsurg@gmx.net,**  
**liapetri@Rambler.ru.**

## **1. მონაცემთა საცავის სტრუქტურა და პირითადი ელემენტები**

მონაცემთა საცავის (Data Warehouse - DWH) იდეა, რომელიც წარმოადგენს მართვის საინფორმაციო სისტემების დაპროექტების და რაეალიზაციის ერთ-ერთ უახლეს ტექნოლოგიას, აქტუალური გახდა 90-იანი წლებიდან. ამ იდეის ფუძემდებლად მოიხსენიება ამერიკელი მეცნიერი ვ. ჰ. ინმონი [2,3].

მონაცემთა საცავი აღიწერებოდა, როგორც „მონაცემთა სუპერმარკეტი“, „სუპერ მონაცემთა ბაზა“. ამ მიმართულებით პირველი პროექტი „ევროპის ბიზნეს ინფორმაციული სისტემა“ 1988 წელს IBM ფირმის მიერ განხორციელდა. გლობალურ მონაცემთა შენახვა და მათი ანალიზი სავაჭრო კომპანიების მუშაობისას არა მარტო ამაღლებს მუშაობის ეფექტურობას, არამედ უძლევს მკაცრ კონკურენციას, რომელიც საერთაშორისო ბაზარზე ყოველწლიურად ძლიერდება.

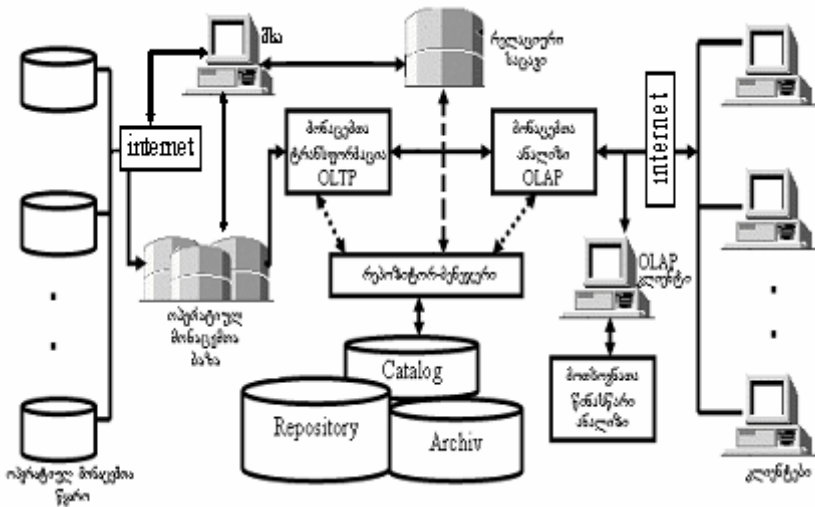
მონაცემთა საცავის ფართო გამოყენება, მსოფლიო ბიზნეს გაერთიანებაში ადასტურებს იმ ფაქტს, რომ ამ ტექნოლოგიაზე დაყრდნობით მოგება ყოველწლიურად იზრდება ათობით მილიარდი დოლარით. ბანკებში ჩატარებულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ საბაზო ტრანზაქციების და სასურველ მონაცემებზე არსებული ინფორმაციის მოცულობა ძალიან დიდია. პირველადი ანალიზისათვის უნდა მომზადდეს გაფართოებული მონაცემები და მიეცეს ინდექსაცია. ამისათვის საჭიროა ფართო კომპიუტერული რესურსები, რომელიც საშუალებას იძლევა მცირე დროის განმავლობაში შესრულდეს ძებნა რამდენიმე ცხრილიში, რომელიც ათობით მილიონ ჩანაწერს შეიცავს და განხორციელდეს მონაცემთა შერჩევა.

მონაცემთა საცავი არის კომპლექსური სისტემა, რომელიც შედგება შემდეგი ძირითადი ფუნქციური ბლოკებისაგან:

- მონაცემთა განაწილებული, რელაციური ბაზების მართვის სისტემები;
- ინფორმაციის წყაროებიდან ოპერატიულ მონაცემთა ჩატვირთვის და გარდაქმნის საშუალება;
- საცავის დაპროექტების მეთოდური და ინსტრუმენტული საშუალებანი;
- საცავის აგებისა და მოდიფიკაციის საშუალებანი;

- საცავის მეტამონაცემთა იერარქიული ორგანიზების ჰიპერლინკური საშუალებანი;
- საცავის ფუნქციურ მომხმარებელთა მოთხოვნების წინასწარი ანალიზისა და ტრანზაქციების ეფექტურად შესრულების დაგეგმვის საშუალებანი;
- საცავის საინფორმაციო ბლოკებისა და არქივის ოპერატიული ანალიზის ინსტრუმენტული საშუალებანი.

1.1 ნახაზზე მოცემული გვაქვს განაწილებული ავტომატიზებული მართვის სისტემის მონაცემთა საცავის ზოგადი სქემა.



ნახ.1.1

მონაცემთა საცავის მუშაობის პრინციპი ასეთია: პირველ ეტაპზე DWH-ს ტექნოლოგიის გამოყენების საშუალებით, რელაციურ ბაზებში ერთად თავმოყრილი მონაცემები ლაგდება გარკვეული სტრუქტურული თანამიმდევრობით, ხდება მათი „დაწმენდა“. მეორე ეტაპზე წარმოებს მათი ტექნოლოგიური დამუშავება მონაცემთა ოპერატიული ანალიზის OLAP – ტექნოლოგიის გამოყენებით. ხოლო მესამე ეტაპზე ეს მონაცემები მომხმარებლებს მიეწოდებათ ინტერნეტის საშუალებით.

ინფორმაციული ბლოკები, რომლებიც მონაცემთა საცავებშია განაწილებული, მიზანმიმართულად თავსდება ინტერნეტ – გვერდებზე და ხელმისაწვდომია ფართო მომხმარებლისთვის.



მონაცემთა საცავის კონცეფციის ავტორი, ვ. ინმონი აღნიშნავდა, რომ მონაცემთა საცავი არის: „საგნობრივ ორიენტირებულ მონაცემთა ქრონოლოგიური ნაკადი, რომლის მიზანსაც ორგანიზებული მართვა წარმოადგენს“.

მონაცემთა რელაციურ მოდელებზე აგებულ ბაზებისა და საცავებისათვის SQL (Structured Query Language) მონაცემთა სტრუქტურირებადი ენა არის ერთ-ერთი ეფექტური, საუკეთესო საშუალებაა მონაცემთა მანიპულირებისათვის. იგი აღიარებულია საერთაშორისო სტანდარტად, ამიტომაც ინფორმაციული საცავებისათვის მიზანშეწონილია რელაციური პლატფორმის გამოყენება.

რელაციური ცხრილებით წარმოდგენილ მონაცემებსა და საინფორმაციო ბლოკებს შორის არსებობს ლოგიკურ ურთიერთმიმართებათა ოთხი სახე, რომლებიც გამოიყენება კონცეპტუალური მოდელირებისათვის:

1. ერთი-ერთთან (1:1) – განხილულ ატრიბუტს აქვს იერარქიული ატრიბუტის ჩვეულებრივი რეკვიზიტის სახე. მაგ., ორგანიზაციის სრული დასახელება, რომელიც კავშირშია იურიდიულ პირთა ცნობარში, მისი რეგისტრაციის უნიკალურ ნომერთან;

2. მრავალი-ერთთან (M:1) – განხილული ატრიბუტი შეიძლება წარმოადგენდეს რომელიმე ცნობარის ელემენტს, რომელიც შესაბამისად არის მნიშვნელოვანი ატრიბუტი. მაგ., ორგანიზაციულ – ტერიტორიული კავშირის აღწერა, რომელშიც წარმოდგენილია ორგანიზაცია, თავისი უნიკალური კოდით, ხოლო ტერიტორია შეიძლება წარმოვადგინოთ, როგორც თეორიულად შეუზღუდავი ორგანიზაციათა სიმრავლე. ე.ი. ატრიბუტი „ტერიტორია“ აღწერს ორგანიზაციებსაც;

3. ერთი-მრავალთან (1:M) – ატრიბუტი წარმოადგენს ეგზემპლიარების განუსაზღვრელ რაოდენობას, ხოლო განხილული ატრიბუტის ეგზემპლიარი დაკავშირებულია მხოლოდ ერთ იერარქიულად მაღლა მდგომ ეგზემპლიართან. მაგ., საბაზო ანგარიშებსა და ერთ მესაკუთრეს (იურიდიულ პირს) შორის კავშირი;

4. მრავალი-მრავალთან (M:N) – განსახილველი ატრიბუტები ერთმანეთს უკავშირდება მრავალი საშუალებით, რაც რომელიმე ერთ ეგზემპლიარს საშუალებას აძლევს დაუკავშირდეს ნებისმიერ

დანარჩენს. მაგ., იურიდიული პირების და დამფუძნებელთა სია. ყოველი იურიდიული პირი შეიძლება იყოს დამფუძნებელი და ყოველი დამფუძნებელი - იურიდიული პირი.

მონაცემთა საცავი ორიენტირებულია განსაზღვრულ საგნობრივ სფეროზე და ორგანიზებულია მონაცემთა ოპერატიული ბაზიდან შემოსულ სტრუქტურულად გადამუშავებულ მონაცემთა ქვესიმრავლეების საფუძველზე. ინფორმაციის წყაროს წარმოადგენს სხვადასხვა ორგანიზაციათა დანართები (აპლიკაციები), რომლებიც გამოიყენებს განსხვავებულ პროგრამულ პლატფორმებს და უკავშირდება ოპერატიულ მონაცემთა ბაზას ინტერნეტის საშუალებით (on-line რეჟიმი). შესაძლებელია აგრეთვე სხვა სახის კავშირების (off-line რეჟიმი) გამოყენებაც.

მონაცემთა საცავში ინახება მონაცემთა სტრიქონების არა მთელი სიმრავლე, არამედ ამა თუ იმ ხარისხით გაერთიანებული (აგრეგატული) ინფორმაცია, რაც ხელს უწყობს მენეჯერების ეფექტურად გამოყენებას.

დღეს აზრთა სხვადასხვაობას იწვევს ის საკითხი, თუ რა განსხვავებაა მონაცემთა საცავს, მონაცემთა ბაზასა და ოპერატიულ სისტემას შორის. ამ განსხვავების ასახსნელად მნიშვნელოვანია თვით მონაცემთა საცავის ფუნქციური ხასიათის გაგება.

ნებისმიერი ოპერატიული სისტემა ან მონაცემთა ბაზა ორიენტირებულია კომპიუტერული რესურსების მართვის ან მონაცემთა დამუშავების ოპერაციებზე, მაშინ როდესაც მონაცემთა საცავში ყველაზე მნიშვნელოვანია თვით საინფორმაციო ობიექტი და მისი მიზნობრივად დამუშავებული შედეგების მომხმარებელზე მიწოდების მოხერხებულობა. საცავის ოპერატიულ მონაცემთა ბაზაში ინახება მხოლოდ აქტუალური (ახლად შემოსული) მონაცემები, მაშინ როდესაც საცავში და არქივში თავმოყრილია, კომპანიების მუშაობის ისტორიის მთელი საინფორმაციო სპექტრი. ისტორიული მონაცემების შენახვა არის ერთ-ერთი აუცილებელი პირობა და იგი წარმოადგენს მონაცემთა საცავის მთავარ ღირსებას, რადგან ამ ინფორმაციის დახმარებითაა შესაძლებელი სრულყოფილ ანალიზის წარმოება.

საცავში მონაცემები ინახება ცალკეული ფაქტების ცხრილების სახით, რომელთა განხილვაც შესაძლებელია სხვადასხვა კუთხით.

საბაზო სისტემების მონაცემთა საცავში ინფორმაცია თავმოყრილია არა მხოლოდ ანალიზისათვის. შეიძლება ინფორმაცია მივიღოთ საბაზო საქმიანობის ისეთ ფუნქციურ საკითხებზე, როგორცაა საბუღალტრო საქმე, ბანკის მართვა, სახაზინო საქმე, კადრების მართვა და ა.შ.

საცავში არსებული ინფორმაციის საფუძველზე გადასაწყვეტი საკითხები მონაცემთა ანალიზის ინსტრუმენტის დახმარებით შეიძლება განხილულ იქნეს სხვადასხვა დონეზე, დაწყებული გაერთიანებული ანგარიშების შემადგენლობიდან, დამთავრებული ბიუჯეტით და ბანკის საქმიანობის ანალიზით.

კლიენტთა ბაზის და საბაზო პროდუქტების შეფასების საშუალება, მათი სტრუქტურული და დინამიკური ცვლილების ანალიზი, აგრეთვე აქტივის და პასივის ხარისხის შეფასება და ბანკებში მიმდინარე ბიზნეს-ოპერაციები, საშუალებას გვაძლევს დროულად შევცვალოთ ტაქტიკური და სტრატეგიული გადაწყვეტილებები.

მაგალითად, მონაცემთა საცავის ანალიზის დახმარებით შესაძლებელია გადავჭრათ ისეთი რთული ამოცანა, როგორცაა სხვადასხვა ობიექტების ეკონომიკური უსაფრთხოების (იგულისხმება გაკოტრება) დაცვა.

## 2. განაწილებული სისტემის მონაცემთა საცავის რესურსების კლასიფიკაცია

განაწილებული სისტემების ქვეშ ჩვენ ვიხილავთ ელექტრონული ბიზნესისა და კომერციის ობიექტებს, მაგალითად დიდ სავაჭრო ცენტრებს (სუპერტმარკეტების კომპლექსს), რომელთაც გააჩნია განაწილებული მონაცემთა საცავი და პროგრამული პაკეტები, კლიენტ-სერვერ არქიტექტურის კონფიგურაცია ჰომოგენური (ან ჰეტეროგენული) კომპიუტერული რესურსებით. სისტემის მიზანია მომხმარებელთა მოთხოვნების (უშუალოდ მარკეტში ან ინტერნეტიდან) მაქსიმალური დაკმაყოფილება, რაც უზრუნველყოფს ფირმის მოგების სტაბილურობას.

მასობრივი მომსახურების თეორიის მიხედვით, პირობითად „მომსახურე ორგანოს“ ქვეშ შეიძლება ვიგულისხმოთ სუპერმარკეტის თანამშრომელი (მომხმარებელთან უშუალო კონტაქტი) ან კომპიუტერული ქსელის სერვერი (ელექტრონული კონტაქტი). ორივე შემთხვევაში პროცესი მსგავსი მოდელით აიგება (მოთხოვნების ნაკადი, მომსახურების დრო, რიგების სიგრძე და ა.შ.), ოღონდაც თვით ამ მაჩვენებელთა მნიშვნელობები იქნება განსხვავებული.

ასეთი მულტიპროცესორული ქსელური კონფიგურაციის სისტემების დაპროექტებისას საჭიროა მრავალი მახასიათებლის გათვალისწინება, რომელთა ოპტიმალური მნიშვნელობების შერჩევა ძალზე მნიშვნელოვანია და ამგვ დროს რთულიც. ამ სიდიდეთა ოპტიმიზაცია არა მარტო გაზრდის კომპიუტერული ქსელის წარმადობას, არამედ შეამცირებს მის შესაქმნელად საჭირო ხარჯებსაც. მნიშვნელოვანია გაეთვალისწინოთ ისეთი მომენტები, როგორცაა სიმძლავრეების, საერთო რესურსების და ა.შ. ოპტიმალური განაწილება.

კომპიუტერულ ქსელებში მიმდინარე მოვლენების (დინამიკური პროცესების) მოდელირებისათვის მოსახერხებელია პეტრის ქსელების გამოყენება, რაოდენობრივი მახასიათებლების ანალიზისათვის კი - მასობრივი მომსახურების სისტემების თეორია.

ჩვენი მიზანია შევიმუშავოთ ალგორითმული სქემები და შესაბამისი პროგრამული პაკეტი, რომელთა დანიშნულებაა კომპიუტერული ქსელის სიმძლავრეების ანალიზი და მათი ოპტიმალური განაწილება.

### **3. ბანაწილებული სისტემის რესურსების მართვის პროცესის მასობრივი მომსახურების მოდელი სტაციონარული რეჟიმისათვის**

განვიხილოთ კომპიუტერული ქსელი, სადაც არის რამდენიმე მომხმარებელი და რამდენიმე სერვერი (მომსახურე). დავუშვათ, რომ სერვერთაგან ერთ-ერთი ასრულებს გამანაწილებლის ფუნქციას, ე.ი. იღებს მომხმარებლისაგან მოთხოვნას და უგზავნის მას მომსახურებისათვის იმ სერვერს, რომელიც თავისუფალია. თუ ყველა სერვერი დაკავებულია, მოთხოვნა დგება რიგში და ელოდება ერთ-ერთი მათგანის განთავისუფლებას.

სერვერი, მიიღებს რა მოთხოვნას გამანაწილებელი სერვერიდან, ემსახურება მას და უბრუნებს ისევ გამანაწილებელ სერვერს, რომელიც, თავის მხრივ პასუხს უბრუნებს მომხმარებელს.

უნდა ვიგულისხმოთ, რომ მოთხოვნები მომხმარებლებისგან მოდის უწყვეტად, გარკვეული სიხშირით. თითოეული სერვერი ერთეული მოთხოვნის მომსახურებას ანდომებს გარკვეულ დროს. იმ შემთხვევაში როდესაც, მოთხოვნათა ფორმირების სიხშირე დიდია, გამანაწილებელ სერვერთან წარმოიქმნება რიგი. თუკი მოთხოვნათა ფორმირების სიხშირე ძალზე დიდია ქსელი შეიძლება გადაიტვირთოს და ვეღარ შეძლოს ფუნქციონირება.

ჩვენი მიზანია ქსელის არსებული პარამეტრების მეშვეობით დავადგინოთ მისი მუშაობის კრიტიკული წერტილი, შევარჩიოთ ისეთი მახასიათებლები, რომლებიც უზრუნველყოფს მის ნორმალურ ფუნქციონირებას და შევქმნათ პროგრამული პროდუქტი, რომელიც ყოველივე ამას განახორციელებს. მასობრივი მომსახურების თეორიის

თვალსაზრისით ზემოთ აღწერილი სისტემა არის M/M/m ტიპის [1].

განვიხილოთ მახასიათებლები და მათ შორის კავშირები, რომლებიც გააჩნია ქსელს. აქვე უნდა აღვნიშნოთ რომ ქსელის ფუნქციონირებას განვიხილავთ სტაციონარულ რეჟიმში. ამ შემთხვევაში, როგორც ცნობილია, გარკვეულ იდეალიზაციასთან გვაქვს საქმე. რეალურად დროის ყოველ  $t$  მომენტში სისტემაში არსებობს მოთხოვნათა რაღაც  $k$  რაოდენობა. ალბათობა იმისა, რომ დროის მოცემულ  $t$  მომენტში სისტემაში იმყოფება  $k$  მოთხოვნა, აღვნიშნოთ  $P_k(t)$ -თი. ჩვენ უნდა ვიგულისხმოთ, რომ  $t$ -ს ზრდასთან ერთად ალბათობა  $P_k(t)$  თანდათან მუდმივი ხდება. ამ შემთხვევაში  $P_k(t)$ -ს ნაცვლად შეიძლება გამოვიყენოთ  $P_k$ , რომელიც უკვე აღარ არის დროის ფუნქცია. ეს დაშვება არ გულისხმობს იმას, რომ სისტემა არ გადადის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში, რა თქმა უნდა დროის მიხედვით იცვლება ქსელში არსებული მოთხოვნების რაოდენობა, მაგრამ ალბათობა იმისა, რომ სისტემაში საკმარისად დიდი დროის გასვლის შემდეგ იმყოფება  $k$  მოთხოვნა, გამოიხატება  $P_k$ -თი.

პროგრამული პაკეტში საანგარიშო ფუნქციების დასაპროგრამებლად გამოვიყენოთ აღნიშნული კლასიკური მოდელები. ამგვარად, სერვერების რაოდენობით, შემოსულ მოთხოვნათა ინტენსივობით და დროით, რომელსაც ანდომებს სერვერი თითოეული მოთხოვნის მომსახურებას, შეგვეძლება დავადგინოთ ქსელის სხვადასხვა მახასიათებელი.

აღვნიშნოთ მოთხოვნათა მოსვლის ინტენსივობა  $\lambda$ -თი, ხოლო თითოეული მოთხოვნის მომსახურების დროს  $T_s$ -ით. ამ შემთხვევაში ერგოდიულობის პირობა არის:  $\lambda * T_s < 1$ .

ქსელს გააჩნია შემდეგი მახასიათებლები:

1. მოძრაობის ინტენსივობა:  $u = \lambda * T_s$ .
2. სერვერის დატვირთვა:  $\rho = u/m$ .

იმისათვის, რომ სისტემა იყოს სტაბილური, სერვერს უნდა შეეძლოს თავი გაართვას მოთხოვნათა მოსვლის საშუალო ინტენსივობას, ეს კი ნიშნავს, რომ მოძრაობის ინტენსივობა უნდა იყოს სერვერთა რაოდენობაზე ნაკლები,

ან რაც იგივეა, სერვერის დატვირთვა უნდა იყოს ერთზე ნაკლები, ე.ი.  $u < m$  ან  $\rho < 1$ .

$M/M/m$  სახის სისტემების კვლევისას მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ერლანგის ფუნქციას. ეს ფუნქცია განსაზღვრავს იმის ალბათობას, რომ ყველა სერვერი დაკავებულია, და იმავედროულად იმის ალბათობასაც, რომ მოსულ მოთხოვნას მოცდა მოუწევს. ერლანგის ფუნქციისთვის გამოვიყენებთ გამოსახულებას

$$Ec(m, u) = (u^m / m!) / (u^m / m! + (1 - \rho) \sum_{k=0}^{m-1} (u^k / k!))$$

მომხმარებლისთვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მოთხოვნის რიგში დგომის (მოცდის) საშუალო დროს, იგი გამოითვლება ფორმულით:

$$T_w = \frac{Ec(m, u) T_s}{m(1 - \rho)}$$

აუცილებელია განვსაზღვროთ მოთხოვნის სისტემაში ყოფნის საშუალო დრო:  $T_q = T_w + T_s$ .

ალბათობა იმისა, რომ მოთხოვნის სისტემაში ყოფნის დრო ნაკლებია  $t$ -ზე დამოკიდებულია  $u = m - 1$  თუ არა. თუ ეს პირობა სრულდება, მაშინ ადგილი აქვს შემდეგ ტოლობას:

$$P(\text{სისტემაში ყოფნის დრო} < t) = 1 - \left(1 + \frac{t}{T_s} Ec(m, u)\right) e^{-\frac{t}{T_s}}$$

წინააღმდეგ შემთხვევაში:

$$P(\text{სისტემაში ყოფნის დრო} < t) = 1 + \frac{B + Ec(m, u)}{B} e^{-\frac{t}{T_s}} + \frac{Ec(m, u)}{B} e^{-(m-u)\frac{t}{T_s}}$$

სადაც  $B = m - 1 - u$ .

დროის ყოველ მომენტში ქსელში იარსებებს მოთხოვნათა გარკვეული რაოდენობა. რაც ნაკლები მოთხოვნაა ქსელში, მით უკეთ ფუნქციონირებს იგი. ალბათობა იმისა, რომ ქსელში არის  $k$  მოთხოვნა არის  $P_k$  სადაც

$$P_k = \frac{u^k}{k!} P_0 \quad \text{როცა } k \leq m$$

და

$$Pk = \frac{u^k}{m!m^{k-m}} P_0 \quad \text{როცა } k \geq m$$

$P_0$  არის ალბათობა იმისა, რომ ქსელში საერთოდ არაა მოთხოვნა.

ეს რაც შეეხებოდა ალბათობებს. თვით სისტემაში არსებულ მოთხოვნათა რაოდენობა კი არის  $Lq$ , სადაც

$$Lq = u + \frac{pEc(m, u)}{1 - \rho}$$

თუკი ქსელში არის  $m$  ან  $m$ -ზე ნაკლები მოთხოვნა, მაშინ იმ მოთხოვნების რაოდენობა, რომლებიც რიგში დგანან 0-ის ტოლია, ხოლო თუ ვიცით, რომ  $x$  მოთხოვნა რიგში დგას, მაშინ მთლიანად სისტემაში იქნება  $x+m$  მოთხოვნა. ასე, რომ გვაქვს შემდეგი მახასიათებლები:

ალბათობა იმისა, რომ არცერთი მოთხოვნა არ იცდის:

$$P(\text{არცერთი მოთხოვნა არ იცდის}) = \sum_{k=0}^m Pk$$

ალბათობა იმისა, რომ  $x$  მოთხოვნა დგას რიგში:

$$P(x \text{ მოთხოვნა იცდის}) = P_{x+m} \quad \text{სადაც } x > m$$

მომლოდინე მოთხოვნათა საშუალო რიცხვი:

$$Lw = \frac{pEc(m, u)}{1 - \rho}$$

ობიექტ-ორიენტირებული დაპროგრამების საფუძველზე, კომპიუტერული ქსელისათვის მიზანშეწონილია შევქმნათ კლასი, რომლის დახურული პარამეტრები იქნება მოთხოვნათა მოსვლის სისშირე, მომსახურების დრო, სერვერების რაოდენობა და ა.შ. ფუნქცია - წევრების სახით კი რეალიზებული იქნება ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი მახასიათებლების გამოთვლა, შესაბამისი ფორმულების გამოყენებით.



ცალკე კლასებად იქნება რეალიზებული მომხმარებლის ინტერფეისი და პარამეტრთა შორის დამოკიდებულებათა გრაფიკების აგებისა და ვიზუალიზაციის ფუნქციები.

ზემოთ განხილული სიდიდეები სრულად ახასიათებს კომპიუტერული ქსელის მუშაობის სტაციონალურ რეჟიმს. ჩვენს მიერ შექმნილი პროგრამული საშუალება სწორედ ამ სიდიდეებს და ფორმულებს იყენებს ქსელის პარამეტრების ანალიზისათვის და მათი ოპტიმალური მნიშვნელობის შერჩევისათვის.

იგი, იღებს რა ინფორმაციას ქსელში მოთხოვნების მოსვლის სისწირეზე, სერვერთა რაოდენობასა და თითოეული მოთხოვნის მომსახურების დროზე, ანგარიშობს ისეთ პარამეტრებს როგორცაა მოთხოვნის რიგში დგომის დრო, ბუფერში მოთავსებული მომლოდინე მოთხოვნათა რაოდენობა, სერვერის დატვირთვა და მოძრაობის ინტენსივობა, სხვადასხვა ალბათობები და ა.შ.

გარდა ამისა, გამოითვლის მოცემულ პირობებში ოპტიმალური მუშაობისათვის საჭირო პარამეტრებს და აგებს მათ შორის დამოკიდებულებათა გრაფიკებს.

1.2 ნახაზზე მოცემულია Borland\_C++Builder ინსტრუმენტით აგებული მომხმარებლის ინტერფეისი, რომელშიც მუშაობა წარიმართება ვიზუალური და ტრადიციული დაპროგრამების კომპონენტების რევერსული ტექნოლოგიით[1].

სერვერის მახასიათებლები

სერვერების რაოდენობა

სერვერის მიერ მოთხოვნის მომსახურების საშუალო დრო (წმ)

მომხმარებლის მახასიათებლები

მოთხოვნათა ფორმირების სისწირე (მოთხ/წმ)

ქსელების მახასიათებლები

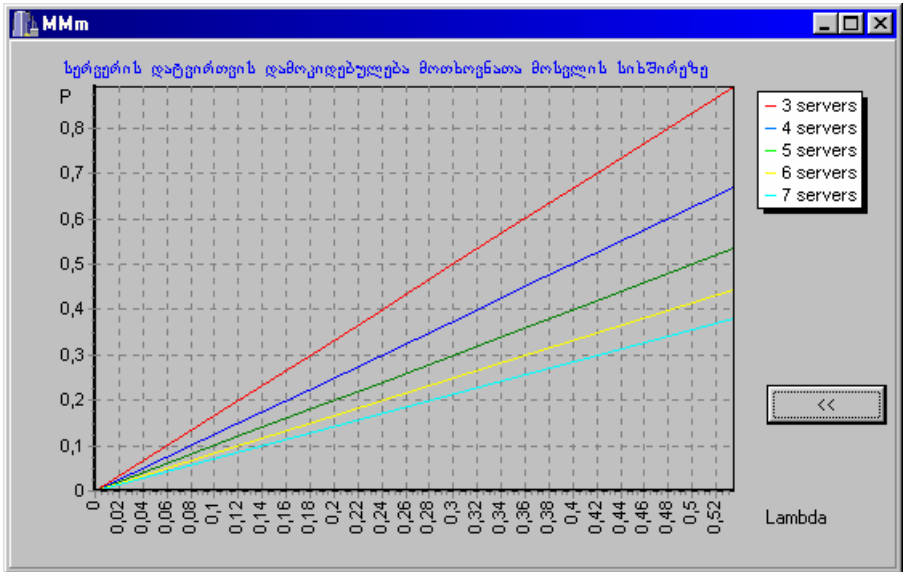
მოთხოვნის რიგში დგომის დრო (წმ)	163,528
მთლიანად მომსახურებისთვის საჭირო დრო (წმ)	168,528
რიგში მდგომ მოთხოვნათა რაოდენობა	97,136
მთლიანად სისტემაში არსებული მოთხოვნების რაოდენობა	100,106
სერვერის დატვირთვა	0,990
მოძრაობის ინტენსიურობა	2,970

<<  დიაგრამა დრო

ნახ.1.2

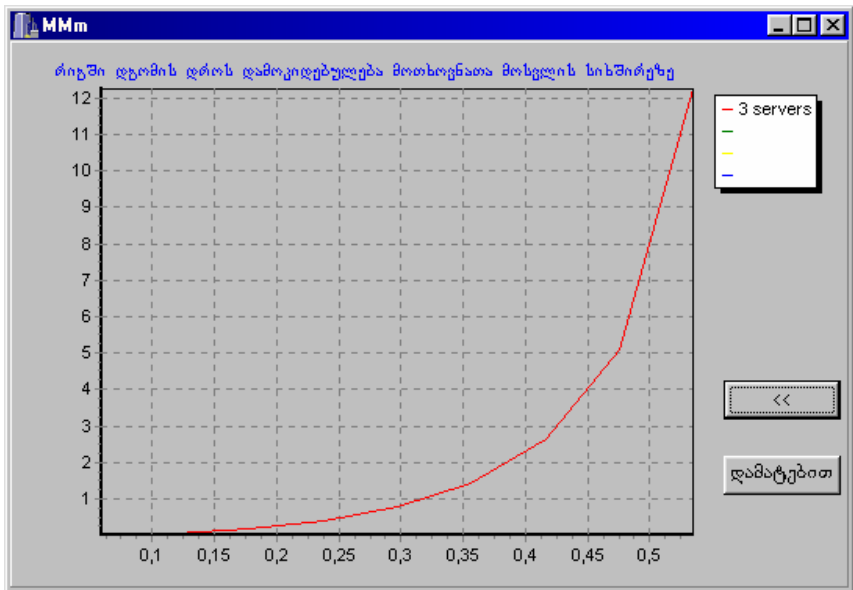
როგორც ნახაზიდან ჩანს, მომხმარებელს შეუძლია შეიტანოს (და ცვალოს) სამი პარამეტრის მნიშვნელობა: სერვერების რაოდენობა, მომსახურების საშუალო დრო და მოთხოვნათა რაოდენობის ინტენსიურობა. ღილაკით „ანგარიში“ სისტემა გაიანგარიშებს ქსელის ძირითად მახასიათებლებს, კერძოდ: სერვერის დატვირთვა, მოძრაობის ინტენსიურობა, მოთხოვნის რიგში დგომის დრო, მთლიანად მომსახურებისთვის საჭირო დრო, რიგში მდგომ მოთხოვნათა რაოდენობა, სისტემაში მყოფ მოთხოვნათა საერთო, რაოდენობა.

ღილაკით „დიაგრამა“ გამოიტანება გაანგარიშების შედეგად მიღებული გრაფიკები. კერძოდ, 1.3 ნახაზზე მოცემულია პროგრამულად მიღებული დიაგრამა სერვერის დატვირთვის დამოკიდებულებისა მოთხოვნათა მოსვლის სისწირეზე სერვერების სხვადასხვა რაოდენობისათვის (მაგ., 3-:-7).

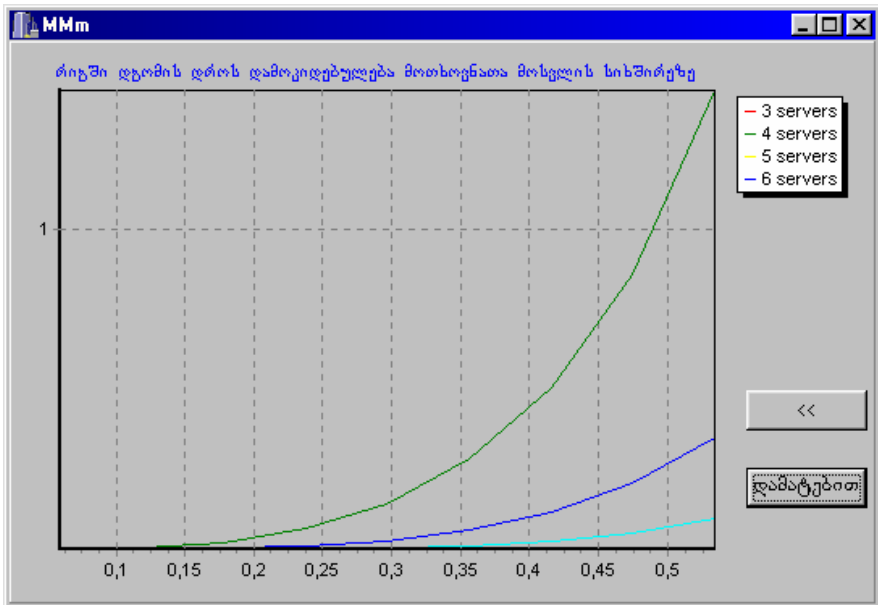


ნახ.1.3.

1.4 და 1.5 ნახაზებზე კი მოცემულია დიაგრამები მოთხოვნათა რიგში დგომის დროის დამოკიდებულებისა მოთხოვნათა მოხელის სისწირეზე სერვერების სხვადასხვა რაოდენობის (მაგ., 3-6) შემთხვევაში. ბოლო დიაგრამებიდან კარგად ჩანს, თუ როგორ იკლებს მოთხოვნათა რიგში დგომიდ დრო მომსახურე არხების მომატებით.



ნახ.14



ნახ.15.

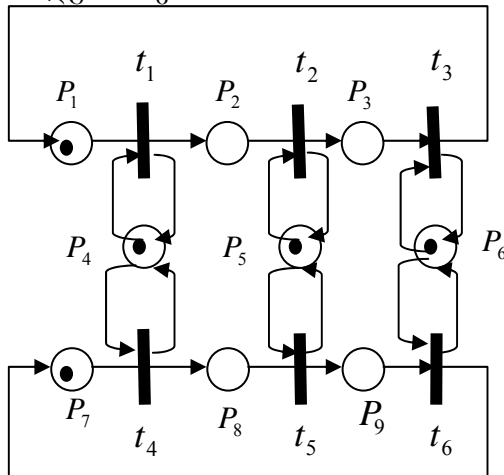
**4. განაწილებული სისტემის რესურსების მართვის პროცესის კვლევა პეტრის ქსელის ბრავით დინამიკურ რეჟიმში**

ახლა გავანალიზოთ კომპიუტერული ქსელის მოქმედება დინამიკურ რეჟიმში. ამ შემთხვევაში სერვერების მიერ კლიენტთა მოთხოვნების დაკმაყოფილების პროცესი შეიძლება მოდელირებულ იქნას ტრანზიტული დროითი პეტრის ქსელის (Timed Transition Petri Net) საშუალებით [4].

პეტრის ქსელის დროითი გაფართოება ჩვენს შემთხვევაში იქნება ალბათური (სტოქასტური). ამგვარად, ასეთი ქსელის ანალიზი შესაძლებელია მარკოვის მეთოდების გამოყენებით, რომელშიც დრო ექსპონენციალურადაა განაწილებული [5].

სტოქასტური პეტრის ქსელის მისაღებად საჭიროა „პოზიცია-გადასასვლელების ქსელს“ დამატოს გადასასვლელთა გაშვების (დაყოვნების, მოლოდინის) დროთა მომენტები (მაგალითად,  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ ).

განვიხილოთ კერძო მაგალითი კომპიუტერების ქსელისათვის, ორი სერვერითა და სამი კლიენტით. 1.6 ნახაზზე მოცემულია შესაბამისი სტოქასტური პეტრის ქსელის საწყისი მდგომარეობა.



ნახ.1.6.

მარკერის არსებობა  $S1(p1,p2,p3)$  და  $S2(p7,p8,p9)$  სერვერებში მიუთითებს მათ მზადყოფნაზე კლიენტების მომსახურებისათვის.

დავუშვათ, რომ  $C(p4,p5,p6)$  კლიენტის პოზიციებში მარკერები მუდმივადაა, ე.ი. მოთხოვნები არსებობს და ისინი ელოდება სერვერის მომსახურებას. როგორც აღვნიშნეთ,  $T_j$  გადასასვლელის გახსნის დროა (ანუ მომსახურების დაყოვნების დრო).  $T_j$ -ური გადასასვლელის გახსნის საშუალო დრო იქნება  $1/\mu$ , სადაც  $\mu$  გადასასვლელის გახსნის ინტენსივობაა.

სისტემის მდგომარეობები, ანუ მარკერების სიმრავლე შეიძლება ასე ჩაიწეროს:

$p$  პოზიციები და  $t$  გადასასვლელები:

**M1—100111001**

**M2—010111001**

**M3—100111100**

**M4—010111001**

**M5—100111010**

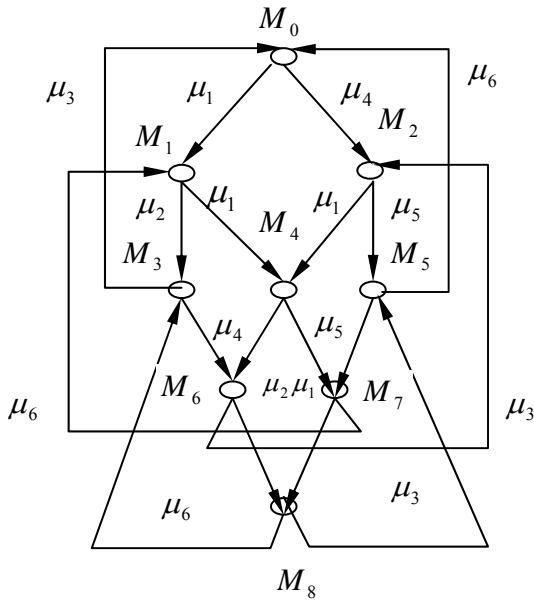
**M6—001111100**

**M7—010111010**

**M8—001111010**

სადაც  $M_i$ ,  $0 \leq i \leq K$  მდგომარეობებია (მარკირებები);  $T_j$ ,  $1 \leq j \leq L$  გადასასვლელები;  $\mu_j$ ,  $1 \leq j \leq L$  - დაყოვნების დრო გადასასვლელის გასაღებად. ჩვენს შემთხვევაში  $m=3$  და  $n=2$ , ამიტომ კომბინაცია იქნება  $m^n=9$ .

გადასასვლელების გახსნის ორგანიზება, როცა სისტემა ყველა მდგომარეობას გადის ნაჩვენებია 1.7 ნახაზზე, რომელსაც პეტრის ქსელის მიღწევადობის გრაფს უწოდებენ.



ნახ.1.7.

ასეთი სტოქასტური პეტრის ქსელის რაოდენობრივი ანალიზი შეიძლება განხორციელდეს შესაბამისი მარკოვის პროცესების ანალიზით. განვიხილოთ მარკოვის ჯაჭვის მაგალითი, რისთვისაც ამ ნახაზზე გრაფის რკალებზე მივამაგროთ გადასასვლელების გაშვების  $\mu$  კოეფიციენტები.

ჩვენთვის საინტერესოა დავადგინოთ სისტემის თითოეულ მდგომარეობაში გადასვლის ალბათობები, ამისათვის საჭიროა შევადგინოთ კოლმოგოროვის განტოლებათა სისტემა:

$$\begin{aligned}
 P_5 * \mu_6 + P_3 * \mu_3 - P_0 * (\mu_1 + \mu_4) &= 0 \\
 P_7 * \mu_6 + P_0 * \mu_1 - P_1 * (\mu_2 + \mu_4) &= 0 \\
 P_0 * \mu_4 + P_6 * \mu_3 - P_2 * (\mu_1 + \mu_5) &= 0 \\
 P_6 * \mu_3 + P_0 * \mu_4 - P_3 * (\mu_1 + \mu_5) &= 0 \\
 P_1 * \mu_4 + P_2 * \mu_1 - P_4 * (\mu_2 + \mu_5) &= 0 \\
 P_2 * \mu_5 + P_8 * \mu_3 - P_5 * (\mu_1 + \mu_6) &= 0 \\
 P_3 * \mu_4 + P_4 * \mu_2 - P_6 * (\mu_3 + \mu_5) &= 0 \\
 P_4 * \mu_5 + P_5 * \mu_1 - P_7 * (\mu_2 + \mu_6) &= 0 \\
 P_6 * \mu_5 + P_7 * \mu_2 - P_8 * (\mu_3 + \mu_6) &= 0 \\
 P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 &= 1
 \end{aligned}$$

მაგალითად, თუ დავუშვებთ, რომ  $\mu_1=3$ ,  $\mu_2=5$ ,  $\mu_3=2$ ,  $\mu_4=3$ ,  $\mu_5=1$ ,  $\mu_6=7$ , მაშინ ალბათობათა მნიშვნელობები, შესაბამისად იქნება:

**$P_0=0.11$ ;  $P_1=0.05$ ;  $P_2=0.07$ ;  $P_3=0.26$ ;  $P_4=0.06$ ;  $P_5=0.02$ ;  $P_6=0.37$ ;  $P_7=0.01$ ;  $P_8=0.05$ .**

უნდა აღინიშნოს, რომ კომპიუტერული ქსელისათვის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლის ინტენსივობა  $\mu$  არის სერვერის მიერ შესაბამისი კლიენტის მოთხოვნის მომსახურებისათვის საჭირო დროის შებრუნებული სიდიდე, ე.ი.  $1/T_s$ . ამ განტოლებათა სისტემის გაუსის მეთოდით ამოხსნით მივიღებთ სისტემის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლის ალბათობებს  $P_0, P_1, P_2, \dots, P_8$

## 5. ბიზნეს პროცესების მოდელირება მასობრივი მომსახურების ჩაკეტილი სისტემებით

თავისუფალ საბაზრო ეკონომიკის პირობებში ბიზნეს-პროცესების მართვის ერთ-ერთი ძირითადი მეთოდია მათემატიკური მოდელირება. ფაქტობრივად, სისტემური ანალიზისა და ოპერაციათა გამოკვლევის მათემატიკური მეთოდები ხდება ეკონომიკურ გამოკვლევათა განუყოფელი ნაწილი.

ამასთან, ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელირების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნაწილია მასობრივი მომსახურების თეორია სახელდობრ, მასობრივი მომსახურების ჩაკეტილი სისტემები. სწორედ მათი მეშვეობით აღიწერება მრავალი ეკონომიკური სისტემა, რომელთა ფუნქციონაში გადამწყვეტ როლს ასრულებს შემთხვევითი (სტოქასტური) ფაქტორები.

მეორეს მხრივ, ასეთი სისტემების მართვის ერთ-ერთი არსებითი ატრიბუტია მათი ფუნქციონის ეფექტიანობის ეკონომიკური მაჩვენებლის (კრიტერიუმის) შერჩევა, რაც თავის მხრივ ოპტიმალური სამოქმედო გადაწყვეტილებათა მიღების საფუძველია. ეს იმას ნიშნავს, რომ ალტერნატიული სამოქმედო ვარიანტებიდან აირჩევა ის, რომელსაც



შეესაბამება ეფექტიანობის ეკონომიკური მაჩვენებლის მეტი ან ნაკლები მნიშვნელობა.

ბუნებრივია, რომ ეფექტიანობის კრიტერიუმში გათვალისწინებული უნდა იყოს სისტემაში არსებული დანახარჯები, შემოსავლები, მოგება, საჯარიმო სანქციებით გამოწვეული ზარალი და სხვა ეკონომიკური ასპექტები, რომლებიც ობიექტურად ასახავენ სისტემის საბაზრო მდგომარეობას.

აღნიშნულ გარემოებათა გონივრული შეხამება წარმატებული ბიზნესის ძირითადი საწინდარია.

ჩვენი ქვეყნის მძიმე სოციალურ ეკონომიკური მდგომარეობისა და არსებული საგადასახადო კანონმდებლობის გათვალისწინებით საკმაოდ რთულია თავი დაავადწიოთ გაკოტრებას და ვაწარმოოთ წარმატებული კონკურენტუნარიანი ბიზნესი.

ჩვენი მიზანია ბიზნესის მართვის სისტემისთვის შექმნათ გადაწყვეტილებათა მიღების ხელშემწყობი, ისეთი ეფექტიანი მოდელი, რომლის მთავარი ორიენტირი იქნება წარმატებისათვის აუცილებელი სამუშაოების შესრულების ოპტიმალური პირობების შექმნა.

ბიზნესის ერთ-ერთ საყოველთაოდ გავრცელებულ სახეობას წარმოადგენს ე.წ. „სავაჭრო ობიექტთა ბიზნესი“, სადაც საქმე გვაქვს კლიენტების მომსახურებასთან. ერთი შეხედვით ამ მარტივ საქმიანობასთან დაკავშირებულია საკმაოდ დიდი სირთულეები.

კონკრეტულად განვიხილოთ მაღაზიათა მუშაობის პრინციპი. მაღაზია ყოველთვის დროულად უნდა იყოს უზრუნველყოფილი კლიენტის მოთხოვნილების შესაბამისი მაღალი ხარისხის პროდუქციით, რადგან არარეალიზებადი საქონელი იგივეა, რაც მაღაზიაში არსებული ცარიელი დახლები. (არსებობს კლიენტთა მოზიდვის სხვა მრავალი ფაქტორი, რომელთა განხილვასაც აქ არ შევუდგებით). კლიენტთა მოთხოვნილების დაკმაყოფილების პირობის უკან დგას ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი, რაც მდგომარეობს მაღაზიის მომსახურებაში.

თუ ჩვენ სათანადო ანალიზის გარეშე გავზრდით მომსახურე პერსონალს, რათა დროულად და მაღალ დონეზე

მოხდეს შესაბამისი მომსახურება, შესაძლებელია მიღებული ხარჯები იმდენად დიდი აღმოჩნდეს, რომ ბევრად გადააჭარბოს არსებულ მოგებას, რაც საბოლოოდ მიგვიყვანს გაკოტრებამდე. ამიტომ უნდა შევარჩიოთ საქმიანობის ისეთი მოდელი, რომელიც ზუსტად განსაზღვრავს, ჩვენს მიერ შერჩეულ ობიექტის მომგებიან მუშაობას.

ეკონომიკის სფეროში თეორიულ და განსაკუთრებით პრაქტიკულ დონეზე ხშირად ისმის ისეთი ამოცანები სადაც, საქმე ეხება დიდი რაოდენობით მომხმარებელთა მომსახურების პროცესს. სწორედ ასეთი ტიპის ამაცანათა გადასაჭრელად ყველაზე ეფექტური საშუალებაა მასობრივი მომსახურების თეორიის (მმთ) გამოყენება.

მმთ-ს გამოყენებით საშუალება გვეძლევა გამოვიკვლიოთ და შევისწავლოთ სისტემის მართვის პროცესები, დავადგინოთ სათანადო კანონზომიერება ამ სისტემის ცალკეულ ელემენტებს შორის და მიღებული შედეგები გამოვიყენოთ აღნიშნულ პროცესთა სრულყოფაში.

ჩვენი შემდგომი მიზნებისათვის განვიხილავთ შემდეგი სახის სისტემას.

მასობრივი მომსახურების სისტემა შედგება ორი სახეობის ელემენტისაგან

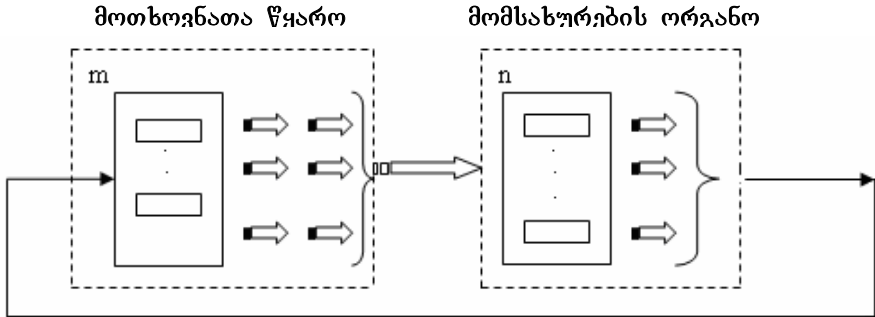
1. მომხმარებელი ობიექტები, რომლებიც საჭიროებს სათანადო მომსახურებას და

2. მომსახურე ობიექტები, რომლებიც განკუთვნილია მომხმარებელს გაუწიოს მომსახურება.

ჩვენ განვიხილავთ ასეთ ამოცანას: მოცემული გვაქვს სავაჭრო ფირმა  $m$  რაოდენობის მაღაზიებით. ამ მაღაზიათა ქსელს, საქონლის მომარაგებაზე ემსახურება  $n$  ბრიგადა. როგორც  $k_i$  რომელიმე მაღაზიაში განიდება მოთხოვნა რომელიმე სახის საქონელზე, მაღაზიის ხელმძღვანელი უკავშირდება საწყობს და უკვეთავს საქონელს. ყოველ ბრიგადას ერთსა და იმავე დროს შეუძლია მოემსახუროს მხოლოდ ერთ მაღაზიას, ხოლო თუკი შეკვეთის მოსვლის დროს ყველა ბრიგადა დაკავებულია, მაშინ საქონლის მიტანა გადაიდება მანამდის, სანამ არ განთავისუფლდება რომელიმე ბრიგადა. თუ მოთხოვნათა რაოდენობა

გადაატარებს ბრიგადების რაოდენობას მაშინ წარმოიქმნება რიგი მომსახურებაზე.

მომხმარებელ ობიექტს წარმოადგენს მაღაზიათა  $m$  რაოდენობა, რაც შეადგენს მოთხოვნათა  $m$  მოცულობის სასრულ წყაროს. მომსახურების ობიექტს კი შეადგენს  $n$  რაოდენობის მომარაგების ბრიგადა (ნახ.1.8).



ნახ.1.8.

შემოვიტანოთ აღნიშვნები:

- ერთი მაღაზიიდან შემოსულ მოთხოვნათა საშუალო რაოდენობა დროის ერთეულში -  $\lambda$  ;
- ერთი მოთხოვნის მომსახურების საშუალო დრო -  $1 / \mu$  ;
- მომსახურებული მოთხოვნების საშ. რაოდენობა დროის ერთეულში -  $\alpha$  ;
- ერთი მოთხოვნის მომსახურებიდან შემოსული საშუალო შემოსავალი დროის ერთეულში -  $c_1$ ;
- მომსახურების ერთი ორგანოს შენახვა დროის ერთეულში ჯდება -  $c_2$  ლარი
- კლიენტის ლოდინი დროის ერთეულში იწვევს ჯარმას-  $c_3$  ლარი.

სისტემაში დაყენებული მოთხოვნა გადაეცემა მომსახურე ორგანოებს და იწყება მოთხოვნის დაკმაყოფილება. იმ შემთხვევაში თუ რომელიმე მომსახურე ორგანო თავისუფალია, წინააღმდეგ შემთხვევაში მოთხოვნა დგება რიგში და ელოდება, სანამ არ გათავისუფლდება

რომელიმე მომსახურე ორგანო და მისი დაკმაყოფილება მოხდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა დაკმაყოფილება მის წინ მდგომი ყველა მოთხოვნა. მაშასადამე მოქმედებს მომსახურების არაპრიორიტეტული დისციპლინა FCFS ( First Come, First Served) – „მოვიდა პირველი, მომსახურდა პირველი“).

მომსახურების სისტემაში სრულდება ორი სახის ოპერაცია: 1) მოთხოვნის „წარმოშობა“; 2) მოთხოვნის მომსახურება. პირველი არის ფიქტიური ოპერაცია, მეორე რეალური. დავუშვათ, რომ ორივე სახის ოპერაციის ხანგრძლივობები ექსპონენტურად განაწილებული შემთხვევითი სიდიდეებია.

ასეთ პირობებში სისტემის ფუნქციონა ალიწერება მარკოვის პროცესით მდგომარეობათა დისკრეტული სივრცითა და უწყვეტი დროით.

სისტემის ყოფაქცევა დროში ალიწერება ფუნქციებით  $P(i,t) = P\{t \text{ მომენტში მომსახურებაზე და რიგში მყოფი მოთხოვნათა რაოდენობა არის } i\}$ .  $i = 0, m$ .

სტანდარტული ალბათური მსჯელობის საფუძველზე მიღებულია დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა  $P(i,t)$  ფუნქციების მიმართ (კოლმოგოროვის განტოლებები).

სისტემის სტაციონალური მდგომარეობა ალიწერება ალგებრულ განტოლებათა შემდეგი სისტემით:

$$\begin{cases} -m\lambda P(0) + \mu P(1) = 0 \\ -((m-i)\lambda + i\mu)P(i) + (i+1)\mu P(i+1) + \lambda(m-i+1)P(i-1) = 0, 1 \leq i < n \\ -((m-i)\lambda + n\mu)P(i) + n\mu P(i+1) + \lambda(m-i+1)P(i-1) = 0, n \leq i < m \\ -n\mu P(i) + (m-i+1)\lambda P(i-1) = 0 \end{cases}$$

სადაც

$$\lim_{t \rightarrow \infty} P(i,t) = P(i)$$

და ამასთანავე

$$\sum_{i=1}^m P(i) = 1$$

- სისტემის ეკონომიკური ეფექტიანობის მაჩვენებელი აღვნიშნოთ  $F$ -ით. იგი არის დროის ერთეულში არსებული სუფთა მოგება:  $F=F(m,n,\lambda,\mu)$ ;

- დროის ერთეულში სისტემის შემოსავალი შეადგენს -  $c_1\alpha$ .

- სისტემის დანახარჯები შეადგენს -  $c_2n$ ;

- კლიენტის ლოდინით გამოწვეული ჯარიმა იქნება -  $c_3\delta$ , სადაც  $\delta$  - არის დროის ნებისმიერ მომენტში მომსახურებაში მყოფი მოთხოვნების საშუალო რაოდენობა.

აღბათობის თეორიიდან ცნობილია, რომ

$$\delta = \sum_{i=0}^m iP(i)$$

ცხადია, რომ  $\delta$  არის  $m,n,\lambda,\mu$  პარამეტრების ფუნქცია

$$\delta = \delta(m,n,\lambda,\mu)$$

ასევე,  $\beta$ -არის იგივე პარამეტრების ფუნქცია  $\alpha = \alpha(m,n,\lambda,\mu)$ .

საბოლოოდ მივიღებთ სისტემის მოგების ფუნქციას:

$$F=F(m,n,\lambda,\mu) = c_1\alpha(m,n,\lambda,\mu) - c_2n - c_3\delta(m,n,\lambda,\mu).$$

ამ ფუნქციის გამოყენებით შეიძლება დაისვას და ამოიხსნას მათემატიკური დაპროგრამების შემდეგი ამოცანები:

1)  $m,\lambda,\mu$  - პარამეტრები ფიქსირებულია, ვიპოვოთ  $n$ -ის მნიშვნელობა, რომელიც  $F$  - ფუნქციას მიაჩვენებს მაქსიმალურ მნიშვნელობას;

2)  $m, \lambda, \mu$  - პარამეტრები ფიქსირებულია, ვიპოვოთ  $m$  - ის მნიშვნელობა, რომელიც  $F$  - ფუნქციას მიაჩვენებს მაქსიმალურ მნიშვნელობას.

$N^{\circ}$	$m, n$	$P(0)$	$P(1)$	$P(2)$	$P(3)$	$P(4)$	$P(5)$
1	5, 1	$0.3 \cdot 10^{-6}$	0.008	0.0007	0.014	0.19	0.79
2	5, 2	$0.25 \cdot 10^{-6}$	0.00002	0.0006	0.012	0.15	0.08
3	5, 3	$0.003 \cdot 10^{-5}$	0.0004	0.00004	0.00012	0,2	0,8
4	5, 4	$0.260 \cdot 10^{-5}$	0.00015	0.0046	0.06	0.3	0.55
5	5, 5	$0.24 \cdot 10^{-5}$	0.0002	0.0052	0.07	0.42	0.50

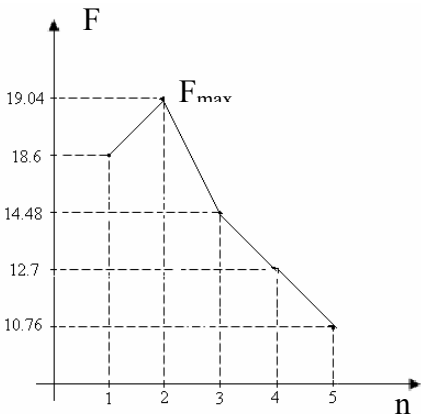
$\delta = \sum_{i=0}^m iP(i)$  - ფორმულის გათვალისწინებით შეგვიძლია

დავწეროთ, როცა:

- 1)  $n=1, m=5, \delta=4,7$ ;
- 2)  $n=2, m=5, \delta= 1,1$ ;
- 3)  $n=3, m=5, \delta= 4,8$ ;
- 4)  $n=4, m=5, \delta= 4,5$ ;
- 5)  $n=5, m=5, \delta= 4,4$ ;

საბოლოოდ: მნიშვნელობისათვის მივიღებთ:

$N^{\circ}$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$n$	$\alpha$	$\delta$	F
1	3.4	2.01	0.68	1	5	4.7	18.6
2	3.4	2.01	0.68	2	5	1.1	19.04
3	3.4	2.01	0.68	3	5	4.8	14.48
4	3.4	2.01	0.68	4	5	4.5	12.7
5	3.4	2.01	0.68	5	5	4.4	10.76



განხილული სუთი შემთხვევიდან ოპტიმალური ვარიანტია მე-2, როცა  $m=5, n=2$ ; ვიზუალურად შეიძლება ეს პროცესი გამოვსახოთ გრაფიკის საშუალებით, თუ აბსცისათა ( $n$ ) დერძზე მომსახურების ობიექტთა მნიშვნელობებს გადავზომავთ, ხოლო ორდინატთა დერძზე ( $F$ ) შესაბამის მოვების კოეფიციენტებს მივიღებთ:  $F_{\text{მოგ.}} = \max$ .

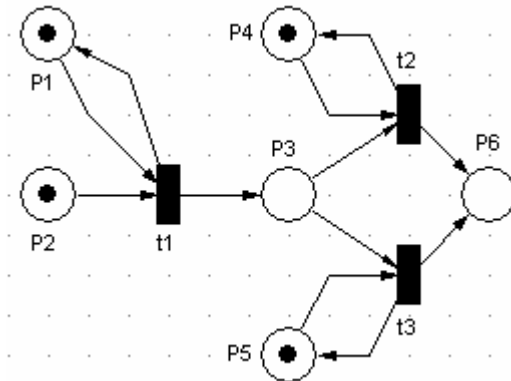
ფაქტობრივად, ეს არის მთელრიცხოვანი დაპროგრამების ამოცანები, რომელთა ამოხსნა  $m$ -ის და  $n$ -ის რეალური მნიშვნელობისათვის ( $n \leq m \leq 30$ ) შესაძლებელია კომპიუტერული გადარჩევის მეთოდით.

**6. კომპიუტერული ქსელის რესურსების სინქრონიზების  
პროცესის მოდელირება ავტორის ქსელაბიტი  
მრავალმოცხმარებლურ რეჟიმში**

პეტრის ქსელების თეორიის გამოყენება რეალური სამყაროს განსხვავებული საგნობრივი სფეროების მოდელირებისა და ანალიზისათვის პოპულარულად არის წარმოდგენილი მრავალ ნაშრომში [4,6,7].

ძირითადად განიხილება პროცესების, გამოთვლითი სისტემების ტექნიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის სხვადასხვა სახის ამოცანების მოდელირების საკითხები. მათ შორის პარალელური პროცესების ეფექტური მართვისათვისაც.

19 ნახაზზე მოცემულია პეტრის ქსელის გრაფით კომპიუტერული სისტემის ძირითადი რესურსების წარმოდგენის ტიპური მაგალითი [8].

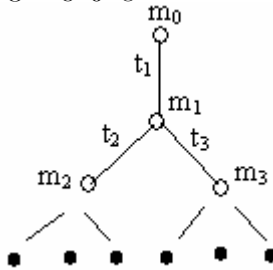


**ნახ.19**

აქ  $P_1$  აღწერს მოვლენას, რომ ცენტრალური პროცესორი თავისუფალია;  $P_2$  – მოთხოვნის შემოსვლა და მოლოდინის გადასვლა;  $P_3$  – მოთხოვნა შეტანა-გამოტანის მოლოდინის მდგომარეობაშია;  $P_4$  – პირველი შ/გ-1 მოწყობილობა თავისუფალია;  $P_5$  – შ/გ-2 თავისუფალია;  $P_6$  – მოთხოვნა შესრულებულია.

გადასასვლელები ასახავენ შემდეგ პროცესებს:  $t_1$  – ცენტრალური პროცესორი ასრულებს მოთხოვნას;  $t_2$  – მუშაობს შ/გ-1 და  $t_3$  – შ/გ-2 მოწყობილობანი. გამოთვლითი სისტემის მუშაობის პროცესის მოდელირება მდგომარეობათა სივრცეში გამოისახება შემდეგ მარკირებათა ვექტორურებით:

1.10 ნახაზზე მოცემულია მისი შესაბამისი მიღწევადობის ხის ფრაგმენტი.



ნახ.1.10

ამ მაგალითიდან კარგად ჩანს, რომ  $t_1$ -ის გაშვების შემდეგ (იხ. სტრიქონი  $m_1$ ) მარკერი გადაადგილდება  $P_2$ -დან  $P_3$ -ში და ამ სიტუაციაში წარმოიშობა კონფლიქტური სიტუაცია: შეიძლება  $t_2$ -ის ან  $t_3$ -ის გაშვება, მაგრამ ერთის გაშვება აბლოკირებს მეორეს.  $m_1$  მდგომარეობაში შესაძლებელია ახალი მოთხოვნის მოსვლა ( $P_1$ -ში ჩნდება მარკერი) და ამ სიტუაციაში შესაძლებელია პარალელურად  $t_1$  და  $t_2$  ან  $t_1$  და  $t_3$ -ის შესრულება.

ახლა განვიხილოთ ჩვენი ერთ-ერთი ამოცანისათვის პეტრის ქსელის ინსტრუმენტის გამოყენება შესაძლებლობა, კერძოდ ლოკალურ ქსელში მონაცემთა განაწილებული ბაზების სინქრონიზებული გამოყენება მრავალმომხმარებელურ რეჟიმში.

ქსელის ტოპოლოგია შევირჩიოთ საერთო საღვით (ან ვარსკლავური) ერთი სერვერით. დაუშვათ, რომ მონაცემთა ბაზები განაწილებულია კვადრებში შერეული სტრატეგიის შესაბამისად (როგორც ყველაზე რთული მოდელი), ხოლო

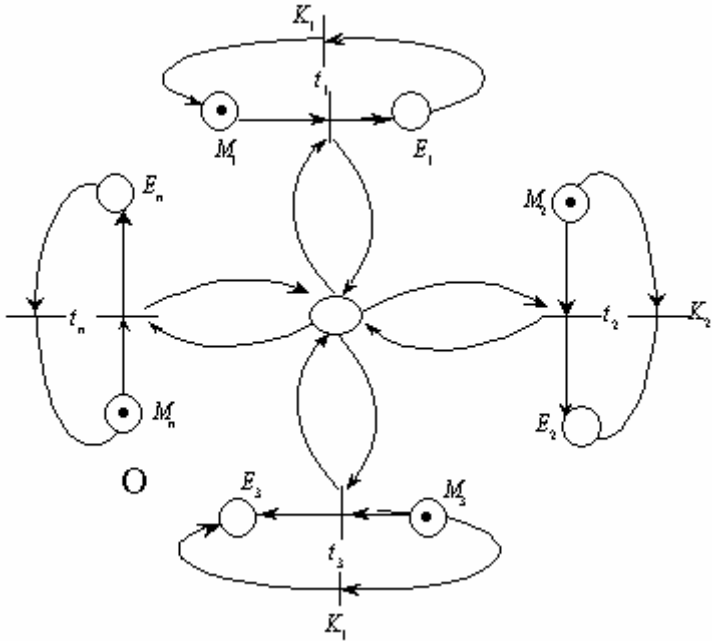


მათი კატალოგი მოთავსებულია ცენტრალიზებულ სერვერ-მონაცემთა ბაზაში. კვანძებში დასაშვებია მათი ლოკალური ბაზების მონაცემთა კატალოგების ქვესიმრავლეების არსებობა. მომხმარებლები სარგებლობენ თანაბარი პრიორიტეტით. მათი მოთხოვნების (ტრანზაქციების) მოსვლის ალბათობა განიხილება განაწილების პუასონის კანონით.

მოთხოვნები მუშავდება ლოკალურ კვანძებში თუ მათ სჭირდება სხვა ბაზების მონაცემები, წინააღმდეგ შემთხვევაში ისინი მიმართავენ სერვერ-გემს და თუ შესაბამისი გადაცემის არხი და ბაზის ფაილები თავისუფალია, მიიღებენ გარკვეული პრედიკატით დამუშავებულ ინფორმაციას. თუ მონაცემები ბლოკირებულია სხვა ტრანზაქციებით, მაშინ ეს მოთხოვნა დგება შესრულების რიგში ან ხელმეორედ მიეწოდება გარკვეული დროის ინტერვალის შემდეგ.

პეტრის ქსელების გამოყენებით მსგავსი პროცესების მოდელირება შესაძლებელია სინქრონიზაციის უნარის მქონე პროცედურებით [9]. ასეთ ამოცანათა კლასს მიეკუთვნება პროცესების ურთიერთგამორიცხვის, ჩიხების რეგულირების („ბრძენი ჩინელების შესახებ“),  $p$  და  $v$  -ოპერაციები სემაფორზე და სხვა.

1.11 ნახაზზე წარმოდგენილი გვაქვს მრავალმომხმარებლურ რეჟიმში, ზოგადად  $n$ -კვანძისა და ერთი სერვერ-მანქანის შეთანხმებული ფუნქციონირების პროცესის ფრაგმენტი პეტრის ქსელის გრაფით, კერძოდ მოთხოვნების (ტრანზაქციების) დასაკმაყოფილებლად.



ნახ.1.11

სქემის პოზიციებია:  $M$  – მოთხოვნა ელოდება შესრულებას (პოზიციაში არის მინიმუმ ერთი მარკერი), ან არ ელოდება (არაა მარკერი);  $E$  – დამუშავებული მოთხოვნა (მარკერი  $\geq 1$ ), ან დაუმუშავებელი ( $=0$ );  $S$  – სინქრონიზაციის პოზიციაა და მისი საშუალებით აქ მოდელირდება საერთო რესურსი (მაგალითად, მონაცემები, გადაცემის არცი და ა.შ.) მისი მნიშვნელობაა – რესურსი თავისუფალია გამოსაყენებლად (მარკერი  $\geq 1$ ), ან არ არის თავისუფალი ( $=0$ ). სქემის გადასასვლელებია;  $t$  – მოთხოვნა მუშავდება;  $k$  – მოთხოვნა დამუშავდა. საწყის მდგომარეობაში შეიძლება დაგუშვათ, რომ მოთხოვნა ყველა კვანძში შემოსულია და ელოდება შესრულებას,  $S$  სერვერ-მანქანის რესურსი თავისუფალია ( $S=1$ ). მოცემულ სიტუაციაში შესაძლებელია ნებისმიერი ერთი გადასასვლელის გახსნა. აქ ადგილი აქვს კონფლიქტურ სიტუაციას, რადგან ერთის გახსნა

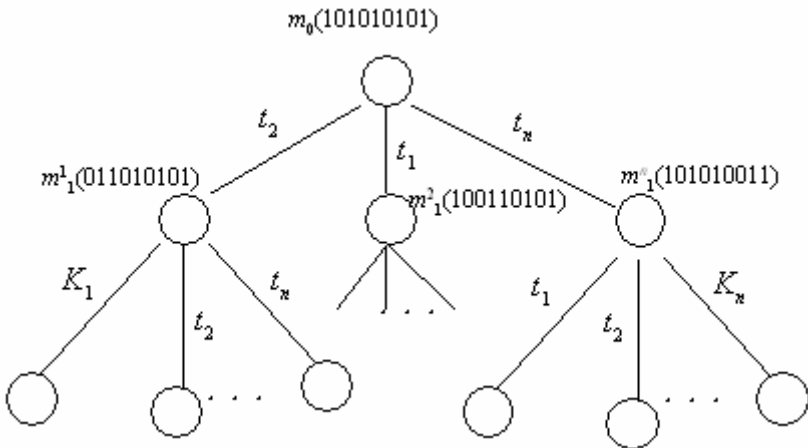
აბლოკირებს დანარჩენებს. ვთქვათ, შესრულდა  $t_1$ , მაშინ მარკერი  $M_1$ -დან გადაადგილდება  $E_1$ -ში და მარკერი  $S$ -ში იგივე რჩება (გაიცემა 1 და ემატება 1). მეორე ბიჯზე შესაძლოა ორი პარალელური პროცედურის შესრულება:

1)  $K_1$ -ის გაშვება და ახალი მოთხოვნის მომზადება პირველ კვანძში;

2) ერთი რომელიმე გადასასვლელის გახსნა.

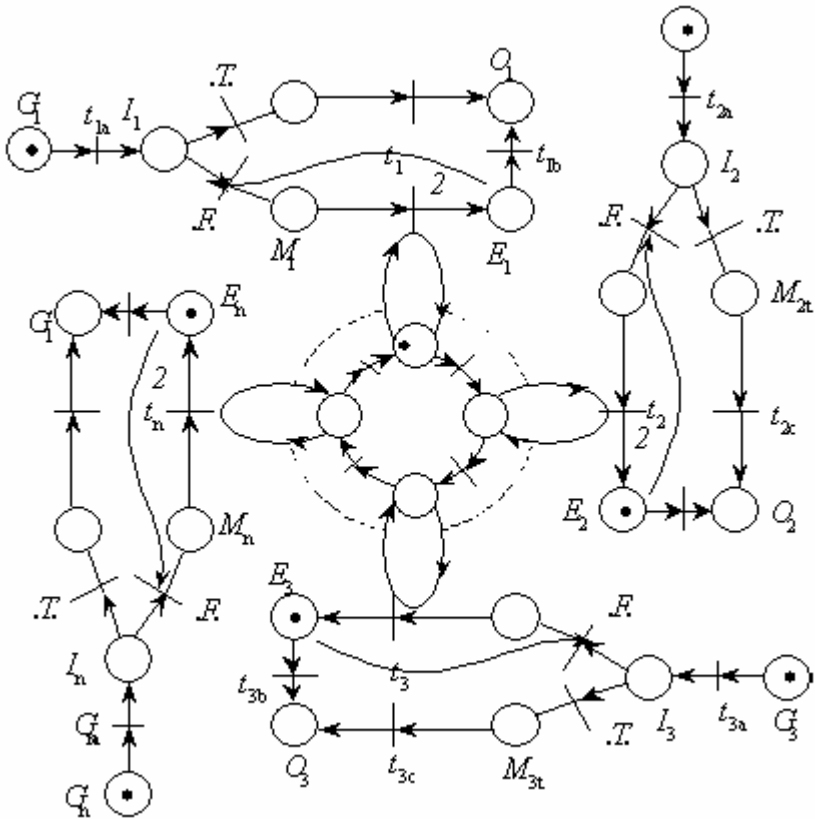
ამგვარად, მიმდევრობით გადამუშავდება მოთხოვნები ყველა კვანძში, თუმცა შესაძლოა პროცესი ისე წარიმართოს, რომ 1 და 2-ის მონაცვლეობით მივიღოთ უსასრულო მოლოდინის ციკლი [9].

1.12 ნახაზზე მოცემულია წინა ნახაზზე განხილული პეტრის ქსელის შესაბამისი მიღწევადობის ხის ფრაგმენტი (შესაძლოა უსასრულოც).



ნახ.1.12

ახლა შედარებით გავაღრმავოთ (დავაზუსტოთ) მოდელირების პროცესი: სინქრონიზაციის პოზიციის ( $S$ ) დეტალიზებული აღწერა, მოთხოვნების ფორმირების გენერატორის შემოტანით ( $G$ ), მოთხოვნის ანალიზისა ( $I$ ) და მისი დამუშავების შედეგების ( $O$ ) გაცემით. 1.13 ნახაზზე მოცემულია ამ პროცესის პეტრის ქსელის ფრაგმენტი.



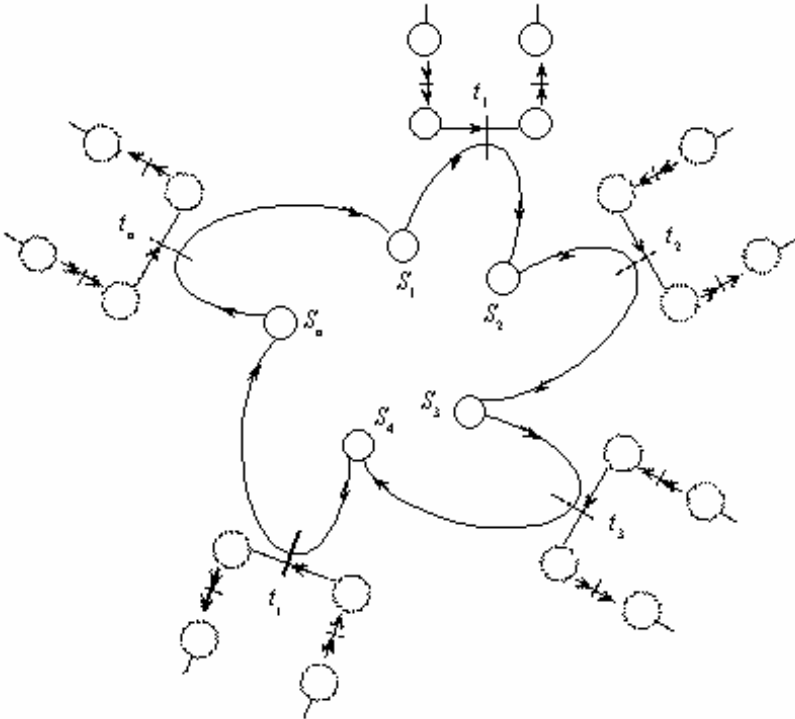
ნახ.1.13

აქ არის მოთხოვნის ანალიზის ჩატარება რესურსების შესახებ (ლოკალურ კატალოგში). თუ მოთხოვნისათვის ყველა საჭირო რესურსი აქვია, მაშინ (-I-T/F.) გადაწყვეტილების ბლოკი განსაზღვრავს მდგომარეობაში გადასვლას (ლოკალურ ბაზასთან მიმართვა), რომლის შემდეგაც გაიშვება გადასასვლელი (შედების გაცემა)  $O_i$ -ში.

თუ გადაწყვეტილების ბლოკი იძლევა .F.-ს, მაშინ მოთხოვნა ფორმირდება საერთო რესურსების გამოსაყენებლად და იგი მიმართავს სერვერ-მბ-ს (უფრო ზუსტად მოთხოვნა გადადის დამუშავების მოლოდინის მდგომარეობაში), -ში თავსდება მარკერი და იგი ელოდება

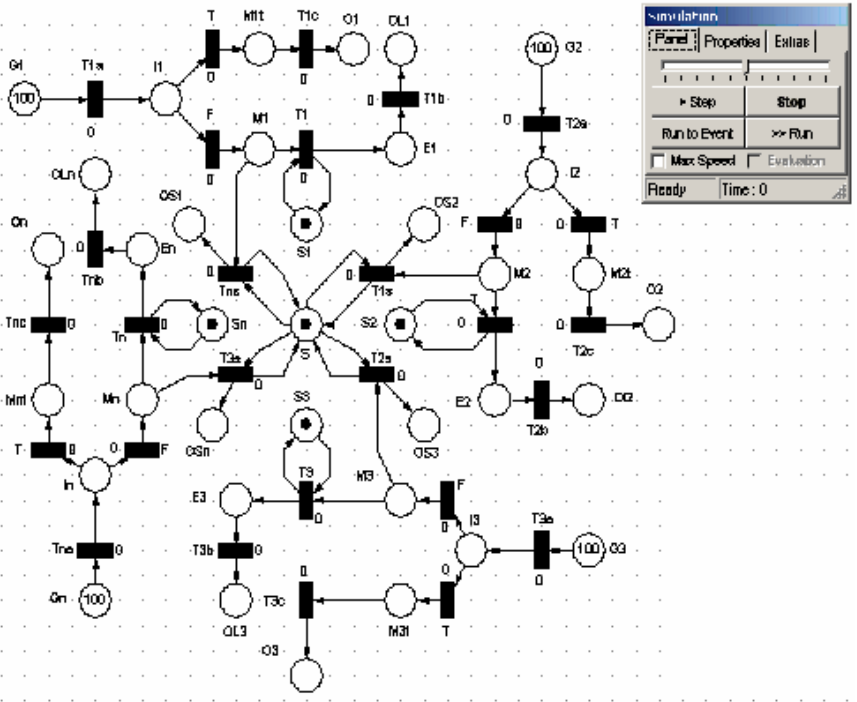
სინქრონიზაციის -1 პოზიციიდან. ზოგადად შეიძლება მივიღოთ, რომ სინქრონიზაციის  $s$  ვექტორის ელემენტები გადასასვლელების მიმდევრობითი (სინქრონული გაშვებით) დებულებენ მარკერს, როდესაც კვანძში მოთხოვნაა და პოზიციაში მოვიდა მარკერი, მაშინ იხსნება გადასასვლელი. მოთხოვნა დებულებს არხით საჭირო მონაცემებს და მარკერი გადადის  $E_j$  პოზიციაში.  $S_j$ -დან მარკერი გაიცემა  $t_j$ -ის გაშვების დროს, ამიტომ გადასასვლელი ბლოკირებულია.  $t_j$ -ის გაშვებით  $S_j$ -ში ბრუნდება მარკერი, რის შემდეგაც შესაძლოა მარკერის გადაგზავნა შემდეგი კვანძისათვის.

შესაძლებელია 1.14 ნახაზის განხილვა, როგორც ალტერნატიული ქსელის ფრაგმენტი.



ნახ.1.14

1.15 ნახაზზე ნაჩვენებია კლიენტ-სერვერ არქიტექტურით ორგანიზებული განაწილებული სისტემის პეტრის ქსელის მოდელი. იგი აგებულია PetEdit გრაფო-ანალიზური რედაქტორის გარემოში, რაც იძლევა მისი შემდგომი ანალიზის საშუალებას პროცესების იმიტაციის გზით [7].



ამგვარად, შესაძლებელია კვლევის ობიექტის შემდგომი დაზუსტება, რაც ასახული იქნება პეტრის ქსელის შესაბამის დეტალიზებულ ფრაგმენტში. ამიტომ დამპროექტებული თვითონ წყვეტს, თუ ობიექტის ქცევის რომელი დეტალიზაციის მოდელირებას აპირებს.

პეტრის ქსელის ანალიზისათვის შესაძლებელია აგრეთვე გადასასვლელებისათვის დაყონების დროითი პარამეტრების განხილვა. ამ მხრივ საყურადღებოა პეტრის ქსელის დეტერმინირებული და სტოქასტური მოდელირების ფუნქციონირების ანალიზი [4].

## 7. პეტრის ძეგლების მიზეზ-შედეგობრივი პროცესების პრედიკატულ ფორმაში ასახვა

გერმანიის პუმბოლდტის უნივერსიტეტის პროფესორის, ვოლფგანგ რეისიგის მიერ (კარლ პეტრის მოწაფე) ღრმად იქნა შესწავლილი და წარმოდგენილი პეტრის ქსელების გამოყენების შედეგები ობიექტების ქცევის მოდელირებისა და ანალიზისათვის, მათი კავშირი ნაწილობრივ მოწესრიგებულ სისტემებთან, ასახვის პრედიკატულ და რელაციურ ფორმებთან და ა.შ. [6].

ჩვენი მიზანია ზემოთ წარმოდგენილი განაწილებული რესურსების სინქრონიზაციის მოდელის შესაბამისი პეტრის ქსელის ანალიზი და პრედიკატული ფორმით წარმოდგენა.

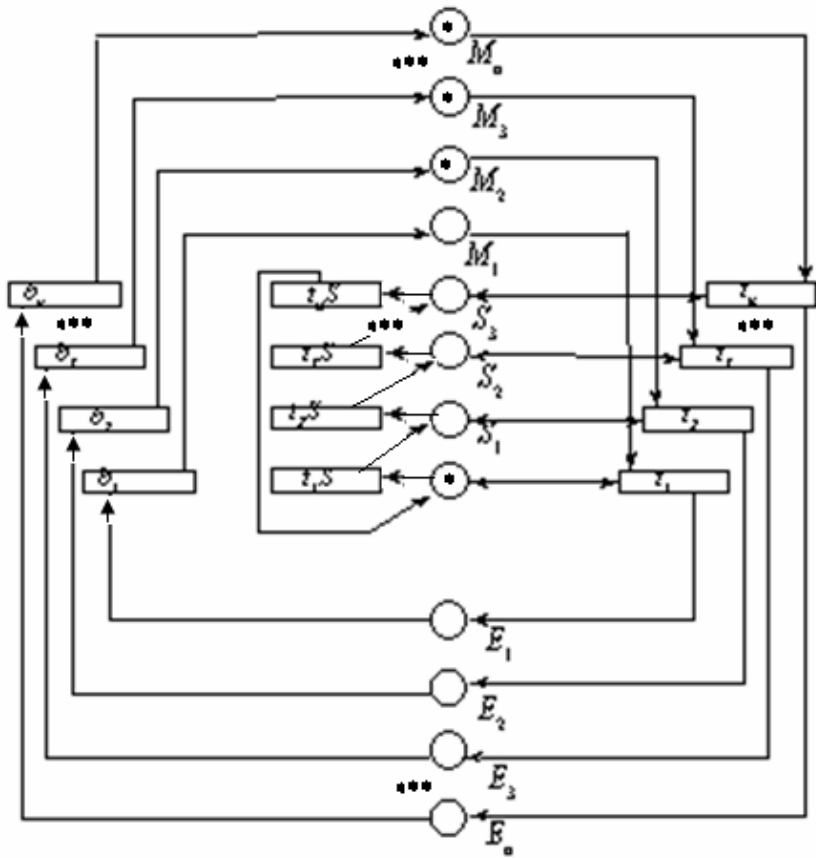
1.15-ა,ბ ნახაზის შესაბამისად განვიხილოთ მიზეზ-შედეგობრივი დამოკიდებულების მოდელის ფრაგმენტი, ხოლო  $M_i$ ,  $E_i$ -მოთხოვნები – როგორც მარკერები ქსელის პოზიციების განზოგადებით მივიღებთ პრედიკატებს.

$m(M_1, M_2, \dots, M_n)$  – „მომლოდინე მოთხოვნები“ ( $m(P_i, i=2, n)$ );

$e(E_1, E_2, \dots, E_n)$  – „დამუშავების მოთხოვნები“ ( $e(P_1)$ );

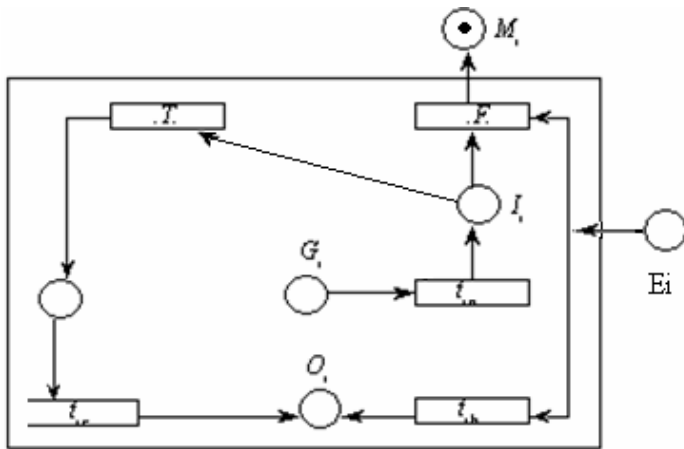
$s(S_1, S_2, \dots, S_n)$  – „თავისუფალი რესურსები“ ( $s(S_1)$ )

და ა.შ. (ნახ.1.16).



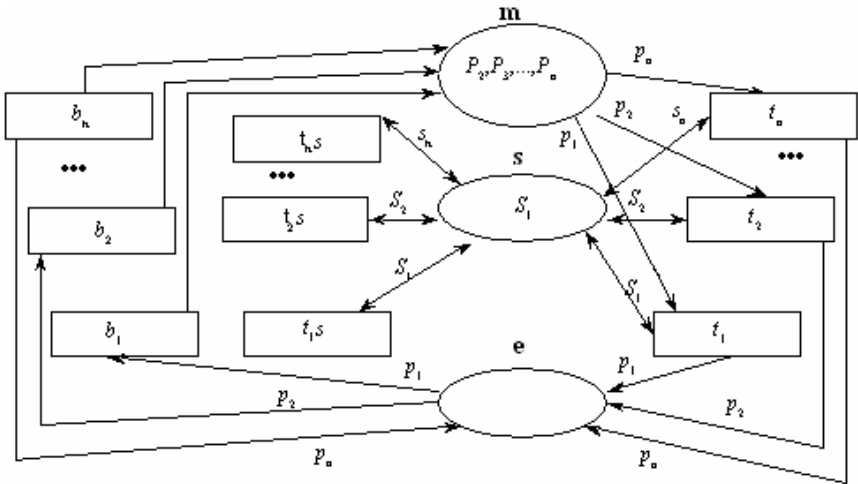
Бсб.1.15-с





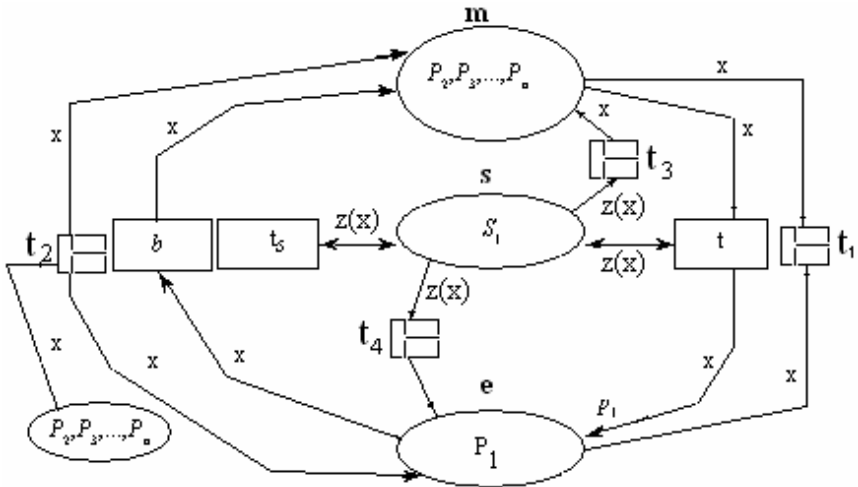
- - მოთხოვნა ელოდება შესრულებას
- - არ ელოდება
- - მოთხოვნა მუშავდება
- - არ მუშავდება
- - რესურსი თავისუფალია
- - დაკავებულია

ნახ.1.15-ბ



ნახ.1.16

მომდევნო ბიჯზე განვაზოგადებთ გადასასვლელებს და მივიღებთ 1.17 ნახაზზე წარმოდგენილ სურათს.



ნახ.1.17

აქ  $x$  ცვლადია, რომელიც იღებს კონკრეტულ მნიშვნელობებს, ხოლო  $z(x)$ -ით აღიწერება სემანტიკური კანონი, მაგალითად, რესურსების განაწილების შესახებ.

$z: P \rightarrow S$ , სადაც  $P_i \rightarrow S_{i+1}$ , if  $i=1, n-1$  და  $P_n \rightarrow S_1$

პრედიკატებს შორის არსებული ფაქტორების ასახვის სქემა მოცემულია აქვე. ფაქტებს აქვთ შემდეგი ლოგიკური გამოსახვა და სემანტიკა:

$t_1: \sim(m(x) \wedge e(x))$ : მოთხოვნა (ტრანზაქცია) რომელიც მუშავდება, არ ელოდება შესრულებას და მოთხოვნა, რომელიც ელოდება შესრულებას, არ მუშავდება;

$t_2: p(x) \rightarrow m(x) \vee e(x)$ : ყოველი მოთხოვნა მუშავდება ან ელოდება შესრულებას, სხვა მოქმედება გამორიცხებულია;

$t_3: s(z(x)) \rightarrow m(x)$ : თუ რესურსი თავისუფალია, მაშინ მოთხოვნა არ მუშავდება;

$t_4: \sim(e(x) \wedge s(z(x)))$ : თუ მოთხოვნა მუშავდება, მაშინ რესურსი დაკავებულია, და თუ რესურსი არაა დაკავებული, მაშინ მოთხოვნა არ მუშავდება.

## **8. განაწილებულ სისტემებში მონაცემთა საცავის ინფორმაციული ბლოკების დამუშავების პროცესების ასახვა კბტრის ქსელების გამოყენებით**

თანამედროვე მართვის საინფორმაციო სისტემების დაპროექტება და რეალიზაცია ხორციელდება უახლესი ინფორმაციული ტექნოლოგიებით, რომელთა საფუძველსაც ობიექტ – ორიენტირებული მიდგომა წარმოადგენს.

ორგანიზაციული სისტემების მართვის პრობლემების და ამოცანების გადაწყვეტის თანამედროვე კომპიუტერული და ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენების ერთ-ერთი აქტუალური და მნიშვნელოვანი მიმართულებაა მონაცემთა საცავი, რომელიც უკავშირდება მრავალდონიან განაწილებულ საინფორმაციო სისტემის შექმნას.

მონაცემთა საცავების დამკვიდრება გამოწვეული იყო იმ აუცილებლობით, რომელიც განაპირობა მართვის დიდ და რთულ სისტემებში განაწილებული ინფორმაციული ბაზების მონაცემთა „საწყობში“ თავმოყრამ.

ეს უკანასკნელი შესაძლებელს ხდის მომხმარებელს მიეცეს მონაცემთა ინტერაქტიული კრიტერიუმებით განსაზღვრის ტექნიკური საშუალება, საჭირო მონაცემთა სტრუქტურის ინტენსიურობის დასადგენად. ამის გამო ანალიზური პროცესების სისტემა ეყრდნობა მრავალგანზომილებიან მონაცემთა სტრუქტურას, რომელიც მონაცემთა ადეკვატურ პრეზენტაციას უწყობს ხელს.

ბოლო პერიოდის განმავლობაში პროგრამული ინდუსტრიის სწრაფმა განვითარებამ მნიშვნელოვან წარმატებას მიაღწია. მათ შორის უნდა აღინიშნოს მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემების პროგრამული პაკეტების უდიდესი წილი მსოფლიო ბაზარზე, რომელთა შორის ღირსეული ადგილი უკავია ORACLE, MsSQL Server და სხვ.

როგორც აღვიშნეთ, მრავალდონიანი განაწილებული საინფორმაციო სისტემების მონაცემთა საწყობებში თავს იყრის ამ ობიექტისათვის მნიშვნელოვანი ინფორმაციული ბლოკები, რომელთა კლასიფიკაცია შეიძლება კონტექსტური ასპექტებით განხორციელდეს. მაგალითად, თუ განვიხილავთ

დიდ სავაჭრო ცენტრებს, ინფორმაციული ობიექტის ისტორიას, პროდუქციის კონიუნქტურას, ფასების, საქონელბრუნვის, თანამშრომელთა, სავაჭრო გეგმისა და ფაქტობრივი ფინანსური შემოსავლების, პარტნიორებისა და კონკურენტების, კლიენტებსა და საერთო ბაზრის მოთხოვნის შესახებ და ა.შ.

ინფორმაციული ბლოკები, რომლებიც მონაცემთა საცავეებშია განაწილებული, მიზანმიმართულად თავსდება ინტერნეტ-გვერდებზე და ხელმძიასწვდომია ფართო მომხმარებლისთვის.

ობიექტ-ორიენტირებული ანალიზისა და დაპროექტების მიდგომა გულისხმობს არა მხოლოდ საინფორმაციო საცავეების შექმნას, არამედ მისი ინფორმაციული ბლოკების მიზნობრივად დამუშავების პროგრამების პაკეტების შექმნას და გამოყენებას.

კლასის, როგორც მართვის საინფორმაციო სისტემის ძირითადი დამახასიათებელია ინკაფსულაციის, მემკვიდრეობითობის და პოლიმორფიზმის თვისებები. ინკაფსულაცია კი გულისხმობს გარკვეული მეთოდების შემუშავებას ინფორმაციული ბლოკების დასამუშავებლად.

მაგალითად, დიდ სავაჭრო ცენტრებისთვის ასეთი მეთოდები შეიძლება იყოს მომხმარებელთა მოთხოვნის განსაზღვრა (მარკეტული გამოკვლევის ინფორმაციული ბლოკი), სავაჭრო გეგმებისა და საქონელბრუნვის მართვა (ისტორიული, ტრადიციული, რეგიონალური ასპექტების გათვალისწინებით), მომხმარებელთა (კლიენტთა) მომსახურების ფორმებისა და პროცესის გაუმჯობესება (რიგების შემცირება, ყურადღებიანი მომსახურება და ა.შ.) პროგნოზის, ანალიზის, ოპტიმიზაციის მეთოდების გამოყენება და ა.შ.

მაგალითისთვის წინამდებარე ნაშრომში ჩვენ შევეხეთ მასობრივი მომსახურების ისეთ პროგრამულ პაკეტს, როგორცაა **GPSS\_World** სისტემა, რომელიც დამუშავებულია Minuteman Software (აშშ) კომპანიის მიერ. ეს კომპლექსური მოდელირების ინსტრუმენტი გამოიყენება დისკრეტული და უწყვეტი პროცესების კომპიუტერული მოდელირებისათვის. იგი მაღალ დონეზე ასახავს

ინტერაქტიულობას და ინფორმაციის ვიზუალურ წარმოდგენას.

GPSS World –ს **Windows** ოპერაციული სისტემისთვის აქვს გაფართოებული შესაძლებლობა, ამასთანავე იგი წარმოადგენს ინტერნეტიდან ინტეგრირებული ფუნქციის მუშაობის სამომხმარებლო საშუალებას.

GPSS World – ის ძლიერი მხარეა მისი გამჭვირვალობა მომხმარებლისთვის. გამჭვირვალობა მომხმარებლისთვის ღირებულია სამი მიზეზის გამო: პირველ რიგში საშიშია გამოვიყენოთ უცნობი „შავი ყუთის“ ტიპის მოდელირება, რომლის შიგა მექანიზმის ფუნქციონირება დაფარულია მომხმარებლისთვის.

ამ შემთხვევაში არ შეიძლება ვიყოთ დარწმუნებული, მიესადაგება თუ არა რომელიმე კონკრეტულ შემთხვევას. აგრეთვე არ გვაქვს არანაირი გარანტია რომ ის იმუშავებს ჩვენი მოთხოვნების შესაბამისად.

მეორე შემთხვევაში, წარმატებული იმიტაციური მოდელი ღირებული და ვარგისია დროის ხანგრძლივ მონაკვეთში. შეიძლება საჭირო გახდეს ახალი მომხმარებლებისთვის მოდელირების შიგა პროცესების გაცნობა, ეს კი თითქმის შეუძლებელია, თუ მოდელი არ არის მაღალ დონეზე გამჭვირვალე.

მესამე კი, ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური და ნაკლებად ცნობილი იმიტაციური მოდელირების კომპიუტერულ მონაპოვარს წარმოადგენს სისტემის მოქმედების არსში შეღწევა, როდესაც გამოცდილ პროფესიონალს მოდელირების სფეროში შეუძლია დაინახოს საჭირო მომენტში მოდელირების შიგა დინამიკა.

განვიხილოთ მაგალითი: „სავაჭრო ცენტრში კლიენტებთან მოლარის მომსახურება“. კლიენტები შემოდინან მარკეტში, შეარჩევენ მათთვის სასურველ პროდუქციას და ელოდებიან მომსახურებას. სიტუაცია შეიძლება იყოს ასეთი: მოლარე დაკავებულია და კლიენტი დგება რიგში, ან თავისუფალია და ემსახურება მას. დავუშვათ ყოველი კლიენტის გამოჩენის მომენტი და მომსახურების დრო მოლარისთვის ცნობილია. ჩვენი მიზანია შევადგინოთ ისეთი სისტემის ფუნქციონირების იმიტაცია, რომლის დროსაც

ცნობილი იქნება მოლარე დროის რამდენი პროცენტის განმავლობაში იქნება თავისუფალი და დროის რა შუალედი დასჭირდება კლიენტს მარკეტში ყოფნისათვის, რათა არ მოხდეს დიდი რიგების წარმოქმნა და კლიენტის დაკარგვა.

დროის განმავლობაში სისტემის მდგომარეობის ცვლილების დინამიკური ასახვა პირველ რიგში უნდა განისაზღვროს სამოდულირებელი სისტემის მდგომარეობის განსაზღვრით, ჩვენს შემთხვევაში მოლარის მდგომარეობით (დაკავებულია იგი თუ თავისუფალი) და კლიენტთა რაოდენობით. სისტემის მდგომარეობა შეიცვლება შემდეგ შემთხვევებში 1) მარკეტში კლიენტთა შემოსვლით 2) მოლარის მომსახურების დამთავრებით და მომდევნო კლიენტის გასვლით. იმიტაციის ილუსტრირებისთვის სისტემის მდგომარეობას ჩვენ განვსაზღვრავთ ხდომილებათა დროითი მოწესრიგებით, იგი შეესაბამება კლიენტთა შემოსვლას და გასვლას.

იმიტაციის შედეგი გამომავალი მონაცემების შესაბამისად შეიძლება წარმოვადგინოთ 1-ელი ცხრილის სახით:

**შემოსვლის მომენტი და კლიენტთა  
მომსახურების დრო**

ცხრ. 1.

კლიენტის ნომერი	შემოსვლის მომენტი	ომსახურე- ობის დრო
1	4,6	4,9
2	12,5	3,6
3	17,2	4,5
4	17,9	2,4

ამ ცხრილის გათვალისწინებით შეიძლება შევადგინოთ მე-2 ცხრილი, რომლისთვისაც საჭიროა ჩავთვალოთ, რომ დროის საწყის მომენტში სისტემაში არ არის კლიენტი, მოლარე თავისუფალია და პირველი კლიენტი შემოდის, როცა ის 4,6-ის ტოლია.

მე-2 ცხრილში 1-ელი და მე-2 სვეტები არსებულია პირველიდან, მომსახურეობის საწყისი დრო არის მე-3 სვეტში, რომელიც დამოკიდებულია იმაზე მომდევნო კლიენტმა დატოვა თუ არა მარკეტი. მე-4 სვეტში წასვლის

დრო გამოითვლება, როგორც მესამე სვეტის შესაბამისი ელემენტების ჯამი და მოცემული კლიენტის მომსახურების დრო, რომელიც გამოითვლება 1-ელი ცხრილის დახმარებით. ყოველი კლიენტის ყოფნის დრო რიგში და მარკეტში გამოითვლება 2. ცხრილის დახმარებით. ამ გარდაქმნათა საშუალო მნიშვნელობა შესაბამისად ტოლია 2,27 და 5,97.

**ცხრილი 2.** შეიცავს შემაჯამებელ ინფორმაციას კლიენტთან მიმართებაში, მაგრამ არ შეიცავს ცნობებს მოლარეზე და რიგის სიგრძეზე. ამ ინფორმაციის მიღებისთვის საჭიროა გამოვიკვლიოთ ამ სიტუაციასთან დაკავშირებული მოვლენები.

ხდომილების დადგომისას „კლიენტის შემოსვლა“ შემდგომი სიტუაცია მარკეტში განისაზღვრება მოლარის მდგომარეობით. თუ მოლარე თავისუფალია, ის გადადის მდგომარეობაში „დაკავებულია“ და ემსახურება კლიენტს. ამით იგეგმება ხდომილება „მოცემული კლიენტის წასვლა“, რომელიც დროის მომენტში ტოლია მიმდინარე დროს, დამატებული მომსახურების დრო.

ცხრ.2.

კლიენტის ნომერი	შემოსვლის მომენტი	მომსახურ. დაწყების მომენტი	წახვლის მომენტი	რიგში დროის დრო	მარკეტში დაყოფილი დრო
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)-(3)-(2)	(6)-(4)-(2)
1	4,6	4,6	9,5	0	4,9
2	12,5	12,5	16,1	0	3,6
3	13,6	17,2	26,2	3,6	12,6
4	14,8	17,9	19,3	3,1	4,5

თუ მოლარე დაკავებულია, კლიენტი მომსახურება არ შეიძლება დაიწყოს და, შესაბამისად, კლიენტი დგება რიგში (რიგის სიგრძე იზრდება ერთით). მოვლენათა დამუშავების ლოგიკა „კლიენტი ტოვებს მარკეტს“ დამოკიდებულია რიგის სიგრძეზე. თუ რიგში დგას ერთი კლიენტი მაინც, მაშინ მოლარე ითვლება დაკავებულად, თუ კლიენტი ვერ შეძლებს დალოდებას ტოვებს რიგს (რიგის სიგრძე შემცირდება ერთით). თუ რიგი თავისუფალია მოლარე ჩაითვლება თავისუფლად.

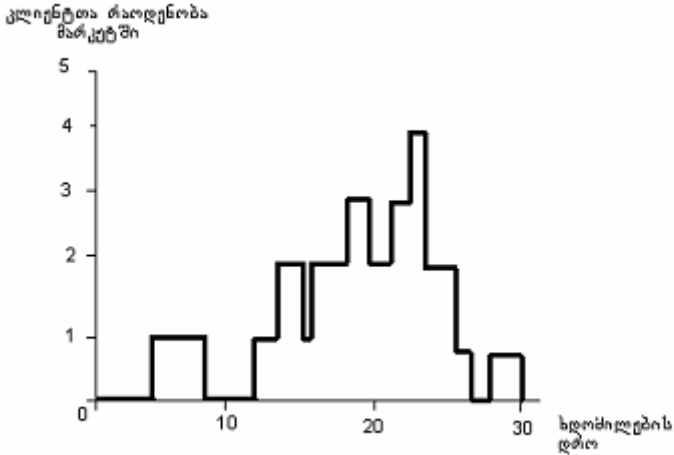


მე-3 ცხრილში აღწერილია მოლარის მდგომარეობის ხდომილება, ორიენტირებული აღწერა და მარკეტში კლიენტთა რაოდენობა.

ცხრ.3.

შემოსულის მომენტი	კლიენტის ნომერი	ხდომილების სახეები	რიცის სიგრძე	კლიენტთა რაოდენობა	მოლარის მდგომარეობა	მოლარის დაუქმებელი დრო
0,0	-	დასაწყისი	0	0	თავსუფ.	-
4,6	1	შემოსვლა	0	1	დაკავებ.	4,6
5,2	1	გასვლა	0	0	თავსუფ.	-
5,9	2	შემოსვლა	1	2	დაკავებ.	
7,3	3	შემოსვლა	2	3	დაკავებ.	
8,2	4	გასვლა	0	0	თავსუფ.	
12,5	5	შემოსვლა	1	1	დაკავებ.	3,6
13,6	3	შემოსვლა	1	4	დაკავებ.	8,3
13,9	6	გასვლა	1	1	დაკავებ.	
14,8	7	გასვლა	2	3	დაკავებ.	2,1
18,7	4	შემოსვლა	0	0	თავსუფ.	
19,4	5	გასვლა	1	1	დაკავებ.	
20,5	8	გასვლა	0	0	თავსუფ.	
26,8	9	შემოსვლა	2	2	დაკავებ.	
28,7	10	შემოსვლა	0	0	თავსუფ.	
30	10	გასვლა	0	0	თავსუფ.	

ამ სიდიდეთა ცვლილება დროში შეიძლება გამოვსახოთ გრაფიკულად (ნახ.1.18)



ნახ.1.18

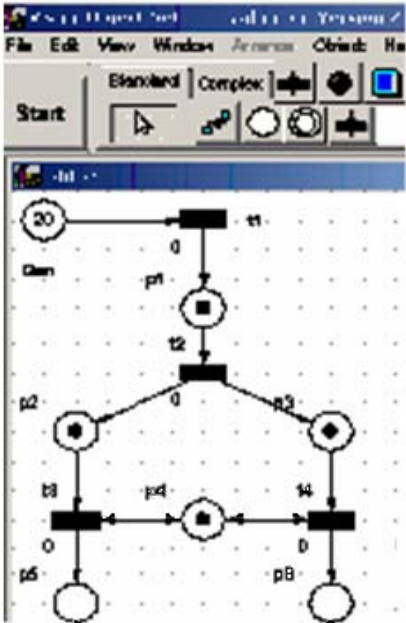
იმიტაციის შედეგი გვიჩვენებს რომ პირველი 30 წუთის განმავლობაში მარკეტში საშუალოდ ერთდროულად იმყოფებოდა 0,9 კლიენტი, ხოლო მოლარე თავისუფალი იყო დროის 18,6% პროცენტით

ქრონოლოგიურად, რომ დავაღაგოთ შემოსვლის და გასვლის ხდომილებები, საჭიროა შემოვიტანოთ ხდომილებათა ჩანაწერები, რომელიც ექვემდებარება შემდეგ დამუშავებას უნდა მოხდეს მომდევნო ხდომილების დადგომის მომენტის დაფიქსირება და აგრეთვე გასვლის. ამ მომენტების შედარებით განისაზღვრება რომელი ხდომილება უნდა იქნას შერჩეული. ხდომილების დადგომის დროს სისტემის მდგომარეობა იცვლება შესაბამისად ლოგიკურ-მათემატიკურ დამოკიდებულებით, რაც უკავშირდება ამ ხდომილებებს. სისტემის მდგომარეობის ცვლილება შეიძლება განვიხილოთ ორ ასპექტში:

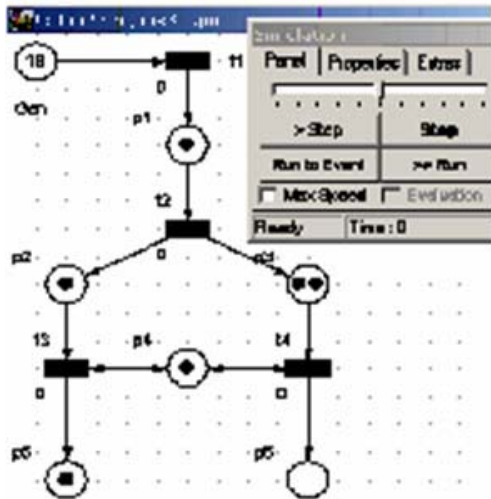
1) როგორც პროცესი რომელშიც კლიენტს ემსახურებიან (კლიენტის თვალსაზრისი) და

2) როგორც ხდომილებათა თანამიმდევრობა, რომელიც იწვევს მოლარის მდგომარეობის ცვლილებას (მოლარის თვალსაზრისი).

1.19 ნახაზზე წარმოდგენილი პეტრის ქსელი საშუალებას იძლევა შევარჩიოთ მომსახურების ისეთი ოპტიმალური მდგომარეობა, როდესაც კლიენტთა მომსახურება შესაძლებელია მინიმალური დროის განმავლობაში.



ნახ.1.19-ა



ნახ.1.19-ბ

### გამოყენებული ლიტერატურა:

1. სურგულაძე გ., პეტრიაშვილი ლ. მონაცემთა საცავია აგების ტექნოლოგია ინტერნეტული ბიზნესის სისტემებისათვის. სტუ. თბილისი. 2005.
2. Inmon W. Building the Data Warehouse. New Youtk. 1996.
3. Inmon W. Building the Operational Data Store. [www.ruckriegel.org](http://www.ruckriegel.org).
4. სურგულაძე გ., გულუა დ. განაწილებული სისტემების ობიექტ-ორიენტირებული მოდელირება უნიფიცირებული პეტრის ქსელებით. სტუ. თბილისი. 2005.
5. Bolch G., Greiner S., DeMeer H., Travedi K. Queueing Networks and Markov Chains. John Wiley&Sons.Inc., 2000.
6. Reisig W., Petrinetze – eine Einfuhrung. Germany, 1982.
7. Surguladze G., Petriashvili L., Shonia O., Surguladze Gr. Visual modeling and dynamic analysis of distributed business-processes on the basis of net-technologies and petri networks. Georg.Scienc.Acad.-“Moambe”, No172-2, 2005.
8. სურგულაძე გ., შონია ო., პეტრიაშვილი ლ. კომპიუტერული ქსელის რესურსების სინქრონიზების პროცესის მოდელირება და ანალიზი მრავალმომხმარებლურ რეჯიმში. „ინტელექტი“, № 1, თბილისი, 1995.
9. სურგულაძე გ., ქაშიბაძე მ. ოპერაციული სისტემები. სტუ. თბილისი, 1993.