

სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ინჟინერიის, აგრარულ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

ნინო ბერიძე

მონაცემთა ანალიზის თანამედროვე ტექნოლოგიები სასწავლო  
პროცესის მართვაში

ინფორმატიკის სადოქტორო პროგრამა

სადისერტაციო ნაშრომი შესრულებულია ინფორმატიკის დოქტორის  
აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: გულნარა ჯანელიძე,

საინჟინრო მეცნიერებათა დოქტორი

თანახელმძღვანელი: ლელა წითაშვილი,

ინჟინერიის დოქტორი ინფორმატიკაში

ახალციხე

2020

## შინაარსი

ნახაზების ნუსხა .....	4
ცხრილების ნუსხა.....	7
დისერტაციაში გამოყენებული აბრევიატურები.....	8
რეზიუმე.....	9
ABSTRACT.....	13
შესავალი .....	17
I თავი. ლიტერატურის მიმოხილვა.....	23
1.1 მონაცემთა ანალიზის თანამედროვე ინსტრუმენტული საშუალებები.....	23
1.2 „ჭკვიანი უნივერსიტეტის“ კონცეფცია, აქტუალობა და სერვისები .....	26
1.3 ინტელექტუალური ანალიზის ტექნოლოგიები.....	37
II თავი. სასწავლო პროცესის ხარისხის გაუმჯობესებისადმი თანამედროვე მიდგომები .....	40
2.1. სწავლების ხარისხის უზრუნველყოფის ძირითადი ამოცანები .....	40
2.2. სწავლა-სწავლების ხარისხის გაუმჯობესების ხელშეწყობა .....	45
2.3. სასწავლო პროცესის მართვა, გადაწყვეტილების მიღების პროცესი .....	49
2.4. უმაღლესი სასწავლებლების ინფორმაციული უსაფრთხოების უზრუნველყოფა .....	59
2.5. რეკომენდაციები ინფორმაციული უსაფრთხოების უზრუნველყოფაში .....	62
2.6. მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზი Data Mining ტექნოლოგიის გამოყენებით .....	67
2.7 ინტელექტუალურ ანალიზში მონაცემთა კვლევის მეთოდები .....	69
2.8 კლასტერიზაციის ამოცანა და მისი გადაწყვეტისადმი თანამედროვე მიდგომები .....	70
2.8.1 ხელოვნური ნეირონული ქსელები .....	70
2.8.2 ხელოვნური ნეირონული ქსელების სწავლების მიდგომები .....	72
2.8.3. კლასტერული ანალიზი და თვითორგანიზებადი რუკები .....	74
2.8.4. თვითორგანიზებადი რუკების ქსელის სწავლება .....	76
III თავი. OLAP ტექნოლოგიის გამოყენება სასწავლო პროცესის მონაცემთა ანალიზისთვის ..	78
3.1. OLAP ტექნოლოგია და მისი უპირატესობები მონაცემთა ანალიზისთვის .....	78
3.2. მონაცემთა საცავების როლი გადაწყვეტილების მიღების პროცესში.....	79
3.3. მონაცემთა ბაზის აგება უნივერსიტეტის იერარქიის ყველა დონეზე .....	83
3.4 ფაქტებისა და განზომილებების ცხრილების აგება, მონაცემთა წყაროს განსაზღვრა.....	89
3.5 OLAP კუბებისა და ჰიპერკუბების აგება.....	101
3.6 ოპერაციები OLAP კუბებზე.....	113

3.7 მონაცემთა ანალიზი და მმართველი გადაწყვეტილების მიღება .....	122
3.8 მონაცემთა საცავისა და ვიტრინების შევსება, მონაცემთა გასუფთავება და სტანდარტიზება.....	127
3.9 OLAP კუბში მონაცემთა ანალიზი გენეტიკური პროგრამირების გამოყენებით.....	130
3.10 კუბის განშლის დაგეგმარება და უსაფრთხოების გამართვა .....	135
IV თავი. მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზი უმაღლეს განათლებაში.....	141
4.1 ალგორითმის შერჩევა.....	141
4.2. მულტიცენტრული კლასტერიზაციის ჰიბრიდული ალგორითმი .....	141
დასკვნა .....	150
გამოყენებული ლიტერატურა:.....	154
დანართი №1. ანალიზის შედეგები .....	159
დანართი №2. კლასტერიზაციის ალგორითმის ანალიზი .....	167

## ნახაზების ნუსხა

ნახ. 1.2.1 IBM- ის ჭკვიანი საგანმანათლებლო ჩარჩო.....	28
ნახ. 1.2.2 ჭკვიანი განათლების სისტემის არქიტექტურა .....	29
ნახ. 1.2.3 ჭკვიანი უნივერსიტეტის ინფრასტრუქტურა .....	32
ნახ. 1.2.4 „ჭკვიან“ განათლებაში ელექტრონული კურსის ფორმირების წყაროები.....	33
ნახ. 1.3.1 Data Mining ტექნოლოგიის გამოყენების სრული ციკლი .....	38
ნახ. 1.3.2 თანამედროვე Data Mining ტექნოლოგია .....	38
ნახ. 2.1.1 დამსაქმებლის მიერ პერსონალის განსაზღვრა და შერჩევა.....	43
ნახ. 2.2.1 სტუდენტის სწავლების პროცესის სტრუქტურული სქემა .....	46
ნახ. 2.3.1 სასწავლო პროცესის გმმს .....	55
ნახ. 2.3.2 მონაცემთა საცავის შექმნა და გამოყენება.....	57
ნახ. 2.3.3 მმართველ გადაწყვეტილებაზე ზემოქმედი ფაქტორები .....	58
ნახ. 2.8.1.1 ნეირონის მათემატიკური მოდელი .....	71
ნახ. 2.8.1.2 აქტივაციის გამავალი ფუნქცია .....	71
ნახ. 2.8.2.1 ნეირონული ქსელის მოდელი .....	72
ნახ. 2.8.2.2 ნეირონული ქსელის სწავლების პროცესი.....	73
ნახ. 2.8.2.3 ხელოვნური ნეირონული ქსელების მოდელის ტიპები .....	74
ნახ. 2.8.4.1 თვითორგანიზებადი რუკების ქსელი.....	76
ნახ. 3.2.1 საცავში მონაცემთა ორგანიზაციის სქემა.....	80
ნახ. 3.2.2 გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემის არქიტექტურა.....	82
ნახ. 3.3.1 „ლექტორი“ .....	85
ნახ. 3.3.2 „შეფასებები“ .....	85
ნახ. 3.3.3 „საგანი“ .....	86
ნახ. 3.3.4 „სტუდენტი“ .....	86
ნახ. 3.3.5 „უნივერსიტეტი“ .....	87
ნახ. 3.3.6 დატვირთვის დიაგრამა .....	87
ნახ. 3.3.7 აკადემიური მოსწრების დიაგრამა.....	88
ნახ. 3.3.8 „ლექტორი“ შევსებული მონაცემები .....	88

ნახ. 3.4.1 მონაცემთა წყაროს განსაზღვრა .....	89
ნახ. 3.4.2 მონაცემთა ბაზის ცხრილები .....	90
ნახ. 3.4.3 შემუშავებული მონაცემთა ბაზა.....	90
ნახ. 3.4.4 მონაცემთა წყაროს წარმოდგენა, ცხრილები და მათი კავშირები .....	91
ნახ. 3.4.5 ატრიბუტისთვის ტიპის განსაზღვრა .....	93
ნახ. 3.4.6 განზომილება „student“ და მისი ატრიბუტები.....	94
ნახ. 3.4.7 განზომილება „student“ .....	94
ნახ. 3.4.8 განზომილების ასახვა კონსტრუქტორში.....	95
ნახ. 3.4.9 განზომილება „lecturer“-ის შექმა .....	96
ნახ. 3.4.10 განზომილება „subject“ .....	96
ნახ. 3.4.11 კუბის შექმნა.....	97
ნახ. 3.4.12 კუბისთვის საათების განსაზღვრა.....	98
ნახ. 3.4.13 კუბისთვის განზომილებების არჩევა .....	98
ნახ. 3.4.14 შექმნილი კუბი .....	99
ნახ. 3.4.15 კუბის განზომილებების კავშირები .....	100
ნახ. 3.5.1 ჰიპერკუბი x, y და z კოორდინატებით.....	102
ნახ. 3.5.2 კუბი განზომილებებით: ლექტორები, ჯგუფები, საგნები.....	103
ნახ. 3.5.3 დატვირთვის კუბის შემადგენელი ელემენტები.....	103
ნახ. 3.5.4 შემაჯამებელი უჯრედების ფორმირების სქემა.....	105
ნახ. 3.5.5 ჰიპერკუბის მოდელი დატვირთვის შესაფასებლად .....	106
ნახ. 3.5.6 „ლექტორები“ განზომილების იერარქია .....	106
ნახ. 3.5.7 „საგანი“ განზომილების იერარქია .....	107
ნახ. 3.5.8 „დრო“ განზომილების იერარქია.....	107
ნახ. 3.5.9 „სტუდენტი“ განზომილების იერარქია .....	108
ნახ. 3.5.10 კუბი განზომილებებით: Lecturer, Subject_name, Student_number .....	109
ნახ. 3.5.11 შეფასებების კუბის შემადგენელი ელემენტები.....	109
ნახ. 3.5.12 ჰიპერკუბის მოდელი აკადემიური მოსწრების შესაფასებლად.....	110
ნახ. 3.5.13 იერარქია ჯგუფი-სტუდენტი .....	112

ნახ. 3.6.1 იერარქიის დონეები დეტალიზაციისთვის.....	121
ნახ. 3.7.1 საგნებში საშუალო შეფასებები .....	123
ნახ. 3.9.1 OLAP კუბზე ოპერაციების თანმიმდევრობის განსაზღვრა გენეტიკური პროგრამირების გამოყენებით .....	131
ნახ. 3.9.2 ალგორითმი წონითი კოეფიციენტების გამოყენებით .....	133
ნახ. 4.2.1 მულტიცენტრული კლასტერიზაციის ჰიბრიდული ალგორითმი.....	141
ნახ. 4.2.2 თვითორგანიზებადი რუკების ცენტრალური ნეირონის ვექტორი.....	143
ნახ. 4.2.3 ნეირონის რანჟირება.....	144
ნახ. 4.2.4 ნაწილაკთა გამყოფი წრე .....	145
ნახ. 4.2.5 კლასტერიზაცია .....	147

## ცხრილების ნუსხა

ცხრ. 3.3.1 „ლექტორი“ .....	83
ცხრ. 3.3.2 „სტუდენტი“ .....	83
ცხრ. 3.3.3 „საგანი“ .....	84
ცხრ. 3.3.4 „რეიტინგი“ .....	84
ცხრ. 3.5.1 მონაცემთა აგრეგირების მაგალითი.....	112
ცხრ. 3.6.1. კუბის ორგანოზომილებიანი ჭრა ერთი ზომისთვის.....	117
ცხრ. 3.6.2 „შეფასება“ კუბის ორგანოზომილებიანი ჭრა რამდენიმე ზომისთვის .....	117
ცხრ. 3.6.3 „შეფასება“ კუბის ორგანოზომილებიანი ჭრა ერთ ღერძზე რამდენიმე განზომილებით.....	118
ცხრ. 3.6.4 „დატვირთვა“ კუბის ორგანოზომილებიანი ჭრა რამდენიმე ზომისთვის .....	118
ცხრ. 3.6.5 „დატვირთვა“ კუბის ორგანოზომილებიანი ჭრა ერთ ღერძზე რამდენიმე განზომილებით.	119
ცხრ. 3.6.6 სტუდენტების შეფასებები საგნების მიხედვით .....	119
ცხრ. 3.6.7 კუბის შემობრუნების შედეგად მიღებული ცხრილი.....	119
ცხრ. 3.6.8 სტუდენტების შეფასებები საგნებში სემესტრების მიხედვით .....	120
ცხრ. 3.6.9 აგრეგირებული მონაცემები.....	120
ცხრ. 3.6.10 დეტალიზაციის ოპერაციის შედეგები .....	121
ცხრ. 3.7.1 ჯგუფების შეფასებები საგნების მიხედვით.....	122
ცხრ. 3.7.2 ჯგუფების საშუალო შეფასებები.....	123
ცხრ. 3.7.3 საგანში ლექტორების საშუალო შეფასებები.....	124
ცხრ. 3.7.4 ლექტორის საშუალო შეფასება.....	125
ცხრ. 3.7.5 ლექტორის დატვირთვა საგნების და ლექციის ტიპის მიხედვით .....	125

## დისერტაციაში გამოყენებული აბრევიატურები

გმმს - გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემები

იდს - ინფორმაციის დაცვის სისტემა

ANN - Artificial Neural Networks

BIOS – Basic Input/Output System

CD-Rom – Compact Disc Read-Only Memory

CISO - Chief Information Security Officer

CSV – Comma-Separated Values

ER (ERD) - Entity Relationship Diagram

FTP - File Transfer Protocol

ICT - Information and Communication Technology

MEXT - Ministry of Education, Culture, Sport, Science and Technology

NIT - National Institute of Technology

OLAP - Online Analytical Processing

OLTP - Online Transaction Processing

PDF – Portable Document Format

RFID - Radio-frequency identification

SLE - Smart Learning Environment

SMC - Smart Classroom

SME - Smart Education

SMU - Smart University

SOM - Self-Organizing Maps

SQL Server – Structured Query Language

SSIS – SQL Server Integration Services

USB - Universal Serial Bus

VPN - Virtual Private Network

WSN - Wireless Sensor Networks



## რეზიუმე

თანამედროვე ორგანიზაციებში, მათ შორის უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებში მონაცემების მოცულობამ მკვეთრად მოიმატა, შესაბამისად მონაცემების დაგროვებისა და შენახვის მიზნით აუცილებელი გახდა მონაცემთა საცავების გამოყენება. გარდა შენახვისა, მნიშვნელოვანია მონაცემთა ანალიზი, რომელიც ფაქტობრივად არის გზა პროგნოზებისკენ, რათა დაიგეგმოს თუ რა და როგორ უნდა გაკეთდეს მომავალში, რა არის შესაცვლელი და რა ღონისძიებებია ჩასატარებელი. ანალიზი მოგვცემს შესაძლებლობას ცხადი სურათი შევქმნათ ცალკეულ პროცესზე, რაც მეტად მნიშვნელოვანია მომავალში სასწავლო პროცესის სწორად წარმართვისთვის.

ნებისმიერი საგანმანათლებლო დაწესებულების სასწავლო პროცესის მართვა ვერ იქნება სრულყოფილი და ეფექტური თანამედროვე ინსტრუმენტული საშუალებების გამოყენების გარეშე. ამდენად, სამუშაოს მიზანია სასწავლო პროცესის ხარისხის მართვის ამოცანების გადაწყვეტა მონაცემთა ოპერატიული (OLAP) და ინტელექტუალური (Data Mining) ანალიზის მეთოდების გამოყენებით. კერძოდ, სასწავლო პროცესის მონიტორინგის შედეგად მიღებული მონაცემების ანალიზი მონაცემთა საცავისა და OLAP (Online Analytical Processing) ტექნოლოგიის გამოყენებით, ხოლო შრომის ბაზრის კონიუნქტურისა და ცალკეული სპეციალობების მიმართ თანამედროვე მოთხოვნების განსაზღვრა მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული - კლასტერული ანალიზის მეთოდით.

ნაშრომში გაკეთებულია მონაცემთა ანალიზის თანამედროვე ინსტრუმენტული საშუალებების მიმოხილვა. მონაცემთა მრავალგანზომილებიანი ანალიზისთვის შემოთავაზებულია მონაცემთა ანალიტიკური დამუშავების სპეციალური OLAP (On-Line Analysis Processing) ტექნოლოგია, ხოლო მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზისთვის - Data Mining ტექნოლოგია. განხილულია „ჭკვიანი უნივერსიტეტისა“ და „ჭკვიანი განათლების“ კონცეფცია და სერვისები, რომელიც ინფორმაციულ-კომუნიკაციური ტექნოლოგიების გამოყენებით უზრუნველყოფს საგანმანათლებლო, კვლევის, კომერციული და სხვა საუნივერსიტეტო საქმიანობის სრულიად ახალ

შესაძლებლობებს. წარმოდგენილია ჭკვიანი უნივერსიტეტის ინფრასტრუქტურა და ჭკვიანი განათლების სისტემის არქიტექტურა.

განხილულია სასწავლო პროცესის ხარისხის უზრუნველყოფის ძირითადი ამოცანები. განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა საგანმანათლებლო პროცესის შესაბამისობას დასაქმების ბაზრის მოთხოვნებთან. ჩატარებული კვლევების შედეგად ყურადღება გამახვილებულია სასწავლო პროცესის ხარისხის მართვის სპეციფიკურ კონცეფციებზე, როგორცაა ადამიანური რესურსების შერჩევისა და კომპეტენციების განსაზღვრის საკითხები, რომელიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს კურსდამთავრებულთა კვალიფიკაციის შესახებ ძირითადი მოთხოვნები.

წარმოდგენილია თანამედროვე საგანმანათლებლო პროცესის სტრუქტურული სქემა. განხილულია პრობლემები, რომლებიც მიუთითებენ საგანმანათლებლო საქმიანობაში ხარისხის სფეროში პრობლემებსა და ნაკლოვანებებზე. ჩამოთვლილი ფაქტორები მოწმობს ხარისხის უზრუნველყოფის არსებული სისტემის არასაკმარის ეფექტურობაზე. შესაბამისად, წარმოდგენილია სწავლების ხარისხის გაუმჯობესების ხელშემწყობი ღონისძიებები, რომელთაგან შეიძლება გამოვყოთ საგანმანათლებლო პროცესის ხარისხის ზრდა რეგულარული კონტროლის საფუძველზე და ანალიტიკური საქმიანობის წარმართვა.

საგანმანათლებლო სივრცეში არსებული პრობლემების ანალიზიდან გამომდინარე გაკეთებულია დასკვნა, თუ რამდენად ღირებულია უმაღლესი განათლების სფეროში ობიექტური და სარწმუნო ინფორმაცია, რომლის მიღება შესაძლებელია სასწავლო პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე.

საგანმანათლებლო სივრცეში, სასწავლო პროცესში თავს იყრის დიდი რაოდენობით ინფორმაცია, რომლის დამუშავება მოითხოვს თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებას. მონაცემები, სასწავლო პროცესის შედეგებზე, საშუალებას მოგვცემს არამხოლოდ მოხდეს დროული კორექტირება, არამედ მოპოვებული ინფორმაცია გამოყენებულ იქნას ეფექტური გადაწყვეტილების მისაღებად. დამუშავებულია გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემის არქიტექტურა, რომლის ძირითადი კომპონენტებია: მონაცემთა საცავი და OLAP

თანამედროვე ინსტრუმენტული საშუალებები, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ჩავატაროთ მონაცემთა ვიზუალიზება, სტატისტიკური ანალიზი, მონაცემთა კვლევა.

ნაშრომში გაანალიზებულია OLAP ტექნოლოგია, მისი როლი და უპირატესობები მონაცემთა მრავალგანზომილებიანი ანალიზის ამოცანების გადასაწყვეტად. დამუშავებულია მონაცემთა ბაზა: „უნივერსიტეტი“. განსაზღვრულია მონაცემთა წყარო. აგებულია ფაქტებისა და განზომილებების ცხრილები. შესრულებულია ამოცანის განშლის ოპერაცია, რის შედეგად იქმნება განსაზღვრული ობიექტები, რომელთა დამუშავების დროს მონაცემები მონაცემთა საბაზო წყაროებიდან კოპირდება კუბის ობიექტებში. კუბის განზომილებები დაყოფილია იერარქიებად, რაც აუცილებელია მაჩვენებლების მნიშვნელობების აგრეგირებისა და დეტალიზებისთვის იერარქიული სტრუქტურის შესაბამისად. აგებულია ჰიპერკუბების მოდელი.

შესრულებულია OLAP კუბზე ჭრის, აგრეგირებისა და კონსოლიდირების ოპერაციები. კუბში შენახულ მონაცემთა ვიზუალიზებისთვის გამოყენებულია ჩვეულებრივი ორგანზომილებიანი ანუ ცხრილური წარმოდგენები, რომელთაც აქვთ სტრიქონებისა და სვეტების რთული იერარქიული სათაურები. ნაშრომში წარმოდგენილია შექმნილი კუბებისა და ჰიპერკუბების გამოყენებით მონაცემთა სხვადასხვა ჭრილში დათვალიერების ტექნოლოგია. მოცემულია კუბის განზომილებების დეტალიზებისა და აგრეგირების ოპერაციების შედეგები. წარმოდგენილია ტენდენციები, რომელთა გამოვლენაც შესაძლებელია კუბის ანალიზის საფუძველზე.

შესრულებულია მონაცემთა საცავისა და ვიტრინების შევსების ოპერაციები. ვინაიდან მონაცემთა საცავები ინფორმაციას იღებენ რამდენიმე წყაროდან და ფორმატიდან, როგორცაა ტექსტური ფაილები, Excel-ის ცხრილები, მულტიმედიური ფაილები და სხვ. მონაცემები მოითხოვენ სპეციალურ დამუშავებას. აღნიშნულის მიზნით შესრულებულია მონაცემთა გასუფთავებისა და სტანდარტიზების პროცედურები.

OLAP კუბებში მონაცემთა ანალიზის შესრულების თანმიმდევრობის პროცესში მათი გამოთვლითი დანახარჯების მინიმიზებისთვის გამოყენებულია გენეტიკური

პროგრამირების მოდიფიცირებული ვარიანტი, რომელიც ეფუძნება ახლებურ მიდგომას ე.წ. "წონითი კოეფიციენტების" გამოყენებით. იგი სწრაფად ახდენს ალგებრული გამოსახულების ოპერაციების კომბინაციათა გადარჩევას და ოპტიმალური გადაწყვეტილების პოვნას.

ნაშრომში განხილულია, რომ პროექტის დამუშავებისა და გამოცდის შემდეგ შეიძლება გადასვლა მუშა სერვერების მონაცემთა ბაზის განშლის დამუშავებაზე. ამავდროულად, მონაცემთა სათანადო უსაფრთხოების განსაზღვრისთვის აუცილებელია ანალიზის სამსახურის ეგზემპლარის ყველა წერტილთან წვდომის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა. აღნიშნულთან მიმართებით დამუშავებულია მონაცემთა ბაზის განშლის დაგეგმარების, ასევე უსაფრთხოების განსაზღვრისა და გამართვის საკითხები.

დამუშავებულია მონაცემთა ანალიზიდან მმართველი გადაწყვეტილების მიღების საკითხები. დამუშავებული ტექნოლოგია ნებისმიერ მომენტში მონაცემთა ნებისმიერ იერარქიაზე გადასვლის საშუალებას იძლევა. მონაცემები ვიზუალიზებულია გრაფიკების, დიაგრამების, ცხრილების სახით. მოცემული სახით მონაცემთა წარმოდგენა ანალიტიკის სამსახურს ინფორმაციის ნებისმიერ ჭრილში მიღების საშუალებას მისცემს.

განალიზებულია დასაქმების ბაზრის კვლევის, ცალკეული სპეციალობების მიმართ თანამედროვე მოთხოვნების განსაზღვრის ამოცანა. აღნიშნულის მიზნით ნაშრომში შემოთავაზებულია კლასტერული ანალიზის მეთოდი. შემუშავებულია მულტიცენტრული კლასტერიზაციის ჰიბრიდული ალგორითმი, რომელიც გარკვეული სიზუსტით იძლევა ინფორმაციას მოცემულ ეტაპზე დასაქმების ბაზრის მოთხოვნების შესახებ. ეს მიდგომა შეიძლება გათვალისწინებულ იქნას სასწავლო პროგრამების გადაწყობა-განახლების პროცესში.

## ABSTRACT

Modernization of the higher educational system is a complicated objective. Development of the quality management system meeting modern standards is important out of key management principles in the higher educational institutions with the key aim to raise level of education requiring continuous monitoring of the educational process and analysis of the received data.

Efficiency of the higher education institution quality management is impossible without defining demands of the labor market which is full participant of the modern educational institution organization. Labor market is a determined system enabling to bring into quality compliance of the professional potential and available vacancies. Therefore, it is very important to analyze market and organize flexible educational system oriented on the market requirements.

Volume of the data of the educational institutions was increased drastically. Accordingly the data storage facilities are required to collect data and maintain them. In addition it is necessary to analyze data leading to the forecasting, planning the future activities, what has to be changed and which activities has to be implemented. Analysis gives us the possibility to create a clear picture about individual student and a teacher which is very important for relevant implementation of the educational process.

Management of any educational institution quality is not perfect and effective without appliance of the modern instruments. Accordingly, the goal of the work is to solve immediate and intellectual data mining methods of the data. In particular, by means of data storage analysis and OLAP (Online Analytical Processing. Cluster analysis method is one of the most wide-spread methods of data analysis to define labor market and requirements for the individual specialties.

The work discusses “Smart University” and “Smart Education” concepts and services by means of ITC technologies ensuring new opportunities for educational, research, commercial and other types of university activities. The infrastructure of smart university and smart education system architecture are introduced.

The quality management objectives and problem solution ways are discussed. Special focus is made on the relevance of the educational process with the requirement of the labor market. As a result of the conducted studies the focus is made on the specific concepts of the quality management such as selection of human resources and defining of competencies enabling to define the key requirements of the qualification of the graduates.

The structural scheme of the modern educational process is presented. The problems indicating the problems and gaps in the field of education quality are discussed. The listed factors prove the low effectiveness of the applied system of the quality assurance. Accordingly, the education quality support activities are presented out of which the increase of the education process quality is singled out based on the regular control and management of analytical activities.

In the educational space based on the problem analysis the conclusion is made regarding to the value of the objective and reliable information in the higher educational sector which is possible to get based on the education process monitoring.

In the educational space, the great number of the information is accumulated in the educational space, required appliance of the modern technologies. The data about educational process results will enable us to make timely amendment in order to make effective solutions. The supporting system architecture is elaborated with the main components: the data storage and OLAP modern instrument tools give possibility to conduct data visualization, statistical analysis and data research.

In order to solve the objective the database “the University” is developed. The data storage is created, the data source is defined. The fact and dimension tables are developed. The problem opening operation is implemented as a result of which the objects are defined and during their processing the data are copied from the source database into cube objective. The cube dimensions are divided into hierarchies and it is necessary for aggregation and detailing of the indicators in accordance to the hierarchic structure. The hypercube model is developed.

The operations of OLAP cube cut, aggregation and consolidation are made. An ordinary double dimension i.e. table presentations are used for visualization of the data

stored in the cube, having the complex hierarchic titles of rows and columns. The cubes developed and the technology of observation of the data in different cuts by means of hypercube are demonstrated in the work. The results of the cube dimension detailing and aggregation operations are presented. The trends which are possible to identify as a result of the cube analysis are also presented.

The data storage and window filling operations are fulfilled. As the data storages receive the information from several sources and format, such as text files, excel sheets, multimedia files, etc. Data require special processing. For this reason the data clean up and standardization procedures are also applied.

In the consequential process of OLAP cube data analysis the genetic programming modification version is applied for minimizing calculation expenses which is based on a new approach, so called "weight coefficient". It quickly distinguishes the algebra operation combinations and finds the optimal solutions.

As a result of the project processing and testing it is possible to process the opening of the databases of the working servers. At the same time for defining relevant security of the data it is necessary to ensure the safety of access to each copy of the data analysis service points. The planning of the database opening, as well as defining of the safety and management problems are elaborated from this prospective.

Improvement of the educational process and development regularly requires following the labour market demands. It is requirement to study the labor market and modern demands of the individual specialties, accordingly, the curricula and shall be defined in the dynamics and the study process should be adopted accordingly. The work suggests the clustering method of the analysis for this purpose. The multi-central clustering algorithm which provides information by certain accuracy regarding to the labor market request and the education programs shall be adopted and updated accordingly.

Introduction of multi-dimensional analysis of the data removes all the limitations on the quantity and types of the information, enabling education quality service to identify the trends, problems, achievement in a timely manner the formation issues of management influence of the education process management system. Clustering analysis gives more

precise information about existing labor market demand, which enables to adopt and update the educational programs.



## შესავალი

**თემის აქტუალობა:** თანამედროვე პერიოდში ორგანიზაციებში, მათ შორის საგანმანათლებლო დაწესებულებებში, გაჩნდა დიდი მოცულობის მონაცემების დამუშავებისა და ანალიზის აუცილებლობა. მონაცემთა მრავალგანზომილებიანი ანალიზის ტექნოლოგიის დანერგვა ხსნის ყველა შეზღუდვას გასაანალიზებელი ინფორმაციის რაოდენობასა და ტიპებზე, რაც განათლების ხარისხის სამსახურს საშუალებას მისცემს დროულად გამოავლინონ ტენდენციები, პრობლემები, მიღწევები, რომლებმაც შემდგომში უნდა განსაზღვროს სასწავლო პროცესის მართვის სისტემაზე მმართველი ზემოქმედებების ფორმირების საკითხები. კლასტერული ანალიზის ინსტრუმენტული საშუალებების გამოყენებით მონაცემთა ანალიზი გარკვეული სიზუსტით იძლევა ინფორმაციას მოცემულ ეტაპზე შრომის ბაზრის მოთხოვნების შესახებ, რომლის გათვალისწინება მიზანშეწონლია სასწავლო პროგრამების განახლებისთვის.

განათლების მაღალი ხარისხის უზრუნველყოფა უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულებების უმთავრესი მიზანია. აღნიშნულ ვალდებულებაზე პასუხისმგებლობის წინაშე დგას ხარისხის უზრუნველყოფის სამსახური, რომლის უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა საგანმანათლებლო პროცესის ხარისხის მუდმივი კონტროლი და გაუმჯობესების ზომების შემუშავება. მოცემული პრობლემის გადასაწყვეტად მიზანშეწონლია დამსაქმებელთა მოთხოვნების განსაზღვრა და გათვალისწინება. ამდენად, სასწავლო პროცესის ხარისხის მართვის სისტემის ფუნდამენტური პრინციპია საბაზრო კონიუნქტურაზე ორიენტირებული მოქნილი, გადაწყობადი განათლების სისტემის ორგანიზება.

უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულების ხარისხის მენეჯმენტის სისტემის ეფექტური მუშაობა მოითხოვს საინფორმაციო გარემოს შექმნას, რომელიც მონაცემთა შეგროვებისა და ანალიზის პროცესების მართვას უზრუნველყოფს. ნებისმიერი საგანმანათლებლო დაწესებულების სასწავლო პროცესის მართვა ვერ იქნება სრულყოფილი და ეფექტური თანამედროვე ინსტრუმენტული საშუალებების გამოყენების გარეშე, რომელიც უზრუნველყოფს სასწავლო პროცესის მონიტორინგს და მონიტორინგის მონაცემთა ინტელექტუალურ ანალიზს. არანაკლებ

მნიშვნელოვანია შრომის ბაზრის კონიუნქტურისა და თანამედროვე მოთხოვნების განსაზღვრა ცალკეული სპეციალობების მიმართ, შესაბამისად სასწავლო პროცესის მოდერნიზება.

ამდენად, **სამუშაოს მიზანია** სასწავლო პროცესის ხარისხის მართვის ამოცანების გადაწყვეტა მონაცემთა ოპერატიული (OLAP) და ინტელექტუალური ანალიზის (Data Mining) მეთოდების გამოყენებით.

დასახული ამოცანების გადასაწყვეტად ნაშრომში გამოყენებულია **კვლევის თანამედროვე მეთოდები, კერძოდ:** მონიტორინგის შედეგად მიღებული მონაცემების ანალიზი მონაცემთა საცავისა და OLAP ტექნოლოგიის გამოყენებით, ხოლო შრომის ბაზრის კონიუნქტურისა და ცალკეული სპეციალობების მიმართ თანამედროვე მოთხოვნების განსაზღვრა მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული - კლასტერული ანალიზის მეთოდით.

დასახული მიზნის მისაღწევად სადისერტაციო ნაშრომი მოითხოვს შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტას:

- მონაცემთა ანალიზის თანამედროვე ინსტრუმენტული საშუალებების მიმოხილვა;
- თანამედროვე „ჭკვიანი უნივერსიტეტის“ აქტუალობა და სერვისების მიმოხილვა;
- ინტელექტუალური ანალიზის ტექნოლოგიების როლის განსაზღვრა;
- სწავლების ხარისხის უზრუნველყოფის ძირითადი ამოცანების განსაზღვრა;
- საგანმანათლებლო პროცესის გაუმჯობესების ხელშემწყობი პირობების განსაზღვრა, სადღეისოდ არსებული პრობლემებისა და ნაკლოვანებების გამოვლენა;
- სასწავლო პროცესის მონიტორინგის მონაცემთა ანალიზის მიზნით მონაცემთა საცავებისა და OLAP ტექნოლოგიის გამოყენების უპირატესობის დასაბუთება;
- მონაცემთა საცავების როლის განსაზღვრა გადაწყვეტილების მიღების პროცესში;
- მონაცემთა ბაზის აგება უნივერსიტეტისთვის და მომზადება ანალიზისთვის;
- ფაქტებისა და განზომილებების ცხრილების აგება, მონაცემთა წყაროს განსაზღვრა;
- OLAP კუბებისა და ჰიპერკუბების აგება, მონაცემთა მრავალგანზომილებიანი ანალიზისთვის;

- OLAP კუბებზე ოპერაციები ჩატარება;
- კუბის მონაცემთა ვიზუალიზება ცხრილების სახით;
- მონაცემთა ანალიზი და მმართველი გადაწყვეტილების მიღება;
- მონაცემთა საცავისა და ვიტრინების შევსება, მონაცემთა გასუფთავება და სტანდარტიზება;
- OLAP კუბებში მონაცემთა ანალიზის პროცესში ოპერაციათა შესრულების თანმიმდევრობათა ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტა გენეტიკური პროგრამირების მოდიფიცირებული ალგორითმით;
- კუბის განშლის დაგეგმარება და ინფორმაციული უსაფრთხოების გამართვა;
- მულტიცენტრული კლასტერიზაციის ჰიბრიდული ალგორითმის შემუშავება შრომის ბაზრის კონიუნქტურისა და ცალკეული სპეციალობების, კვალიფიკაციების მიმართ თანამედროვე მოთხოვნების შესწავლის მიზნით.

სადისერაციო ნაშრომი შედგება შესავლისა და ოთხი თავისგან.

**პირველ თავში** გაკეთებულია მონაცემთა ანალიზის თანამედროვე ინსტრუმენტული საშუალებების მიმოხილვა. „ჭკვიანი უნივერსიტეტის“ კონცეფციის ანალიზი და სერვისების მიმოხილვა, რომელიც სადღეისოდ არის სწრაფად განვითარებადი და ქმნის თანამედროვე სწავლისა და სწავლების ახალ შესაძლებლობებს. წარმოდგენილია ჭკვიანი უნივერსიტეტის ინფრასტრუქტურა და ჭკვიანი სასწავლო კურსის მოდელი, სადაც ჩანს ტექნიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის ურთიერთშერწყმის მიზანშეწონილობა. განხილულია ინტელექტუალური ანალიზის ტექნოლოგიები და მათი როლი გადაწყვეტილების მიღების პროცესისთვის.

მეორე თავში განხილულია სწავლების ხარისხის უზრუნველყოფის ძირითადი ამოცანები. წარმოდგენილია ხარისხის უზრუნველყოფისადმი თანამედროვე მიდგომები, რომელთაგან მნიშვნელოვანია განათლების სისტემისა და შრომის ბაზრის ურთიერთობა, სადაც აღნიშნული ურთიერთობები მუდმივად განვითარებადია. განხილულია სწავლა-სწავლების გაუმჯობესების ხელშემწყობი ფაქტორები, გამოვლენილია არსებული პრობლემები და ნაკლოვანებები. გაანალიზებულია სასწავლო პროცესის მართვისადმი თანამედროვე მიდგომები და

გადაწყვეტილების მიღების პროცესი, რომელიც უმაღლეს სასწავლო დაწესებულებაში მიზანშეწონილია იყოს წინასწარ დაგეგმილი და განხორციელდეს გამჭვირვალე ფორმით. გაანალიზებულია სწავლებასთან დაკავშირებული საკითხები და მათ გაუმჯობესებაში ინფორმაციული საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების როლი, დროული და ხარისხიანი გადაწყვეტილების მიღებისთვის. დასაბუთებულია მონაცემთა საცავებისა და OLAP ტექნოლოგიის გამოყენების უპირატესობა მონაცემთა ანალიზისთვის და შემდგომში გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემის დამუშავებისთვის.

**მესამე თავში** წარმოდგენილია OLAP ტექნოლოგია და მისი უპირატესობები მონაცემთა ანალიზისთვის. დამუშავებულია მონაცემთა ბაზა „უნივერსიტეტი“ სასწავლო პროცესის მონიტორინგის მიზნით, რომლის საფუძველზეც შემდგომ აგებულია ფაქტებისა და განზომილებათა ცხრილები. აგებულია OLAP კუბები და ჰიპერკუბები მონაცემთა მრავალგანზომილებიანი ანალიზისთვის. დამუშავებულია კუბის იერარქიებად დაშლის განზოგადოებული სქემა, ასევე შემაჯამებელი უჯრედების ფორმირების სქემა. ჩატარებულია ოპერაციები OLAP კუბებზე. შესრულებულია მონაცემთა ანალიზი, მიღებული კუბების საფუძველზე. ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილების სახით. კუბში შენახულ მონაცემთა ვიზუალიზებისთვის გამოყენებულია ჩვეულებრივი ორგანზომილებიანი ანუ ცხრილური წარმოდგენები, რომელთაც აქვთ სტრიქონებისა და სვეტების რთული იერარქიული სათაურები. მიღებული შედეგები მმართველი გადაწყვეტილების მიღებისთვის გადამწყვეტ როლს შეასრულებს. წარმოდგენილია მონაცემთა საცავისა და ვიტრინების შევსების პროცედურები, მონაცემთა გასუფთავებისა და სტანდარტიზების საკითხები. დასმულია OLAP კუბებში მონაცემთა ანალიზის პროცესში ოპერაციათა გეგმების ანუ შესრულების თანმიმდევრობათა ოპტიმიზაციის ამოცანა და მისი გადაწყვეტა გამოთვლითი დახარჯების მინიმიზების კრიტერიუმით. აღნიშნულ პრობლემასთან მიმართებით გამოყენებულია გენეტიკური პროგრამირების მოდიფიცირებული ალგორითმი, რომელიც სწრაფად ახდენს ალგებრული გამოსახულების ოპერაციების კომბინაციას ანუ შესრულების თანმიმდევრობათა გადარჩევას და ოპტიმალური გადაწყვეტილების პოვნას.

დამუშავებულია კუბის განშლის დაგეგმარებისა და უსაფრთხოების გამართვის ამოცანები.

**მეოთხე თავში** წარმოდგენილია პროფესიული პოტენციალისა და შრომის ბაზარზე არსებული ვაკანსიების ერთმანეთთან თვისობრივ შესაბამისობაში მოყვანის პრობლემა და შემოთავაზებულია მისი გადაწყვეტის გზები, რომელთაგან უმნიშვნელოვანესია საბაზრო კონიუნქტურაზე ორიენტირებული მოქნილი, გადაწყობადი განათლების სისტემის ორგანიზება. შრომის ბაზრის კონიუნქტურისა და ცალკეული სპეციალობების, კვალიფიკაციების მიმართ თანამედროვე მოთხოვნების შესწავლის მიზნით შემოთავაზებულია კლასტერული ანალიზის მეთოდი. შემუშავებულია მულტიცენტრული კლასტერიზაციის ჰიბრიდული ალგორითმი, რომელიც გარკვეული სიზუსტით იძლევა ინფორმაციას მოცემულ ეტაპზე შრომის ბაზრის მოთხოვნების შესახებ, რომლის შესაბამისად შესაძლებელია სასწავლო პროგრამების გადაწყობა და განახლება.

დისერტაციის ბოლოს მოცემულია დასკვნა და გამოყენებული ლიტერატურა.

**სამეცნიერო აპრობაცია:** ნაშრომის ცალკეული თავები მოხსენებების სახით წაკითხულია სხვადასხვა სამეცნიერო კონფერენციაზე. გამოქვეყნებულია 4 ნაშრომი სტატიების სახით:

1. **OLAP კუბში მონაცემთა ანალიზი გენეტიკური პროგრამების გამოყენებით,** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ყოველკვარტალური გამოცემა, შრომები №1(511), თბილისი, 2019 წელი, გვ. 49-55.
2. **სასწავლო პროცესის მონიტორინგის მონაცემთა მრავალგანზომილებიანი ანალიზი,** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, შრომები, მართვის ავტომატიზებული სისტემები №1(28), თბილისი, 2019 წელი, გვ. 148-153.
3. **ხარისხის მართვის ამოცანები და მათი გადაწყვეტის გზები უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებაში,** საქართველოს მეცნიერებისა და საზოგადოების განვითარების ფონდი, საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი „ინტელექტი“ №2(64), თბილისი, 2019 წელი, გვ. 34-38.
4. **მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზი უმაღლეს განათლებაში,** საქართველოს მეცნიერებისა და საზოგადოების განვითარების ფონდი,

საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი „ინტელექტი“ №2(64), თბილისი, 2019 წელი, გვ. 72-77.

5. **Organizing of the Decision Making Support System Bases on Multi-Dimensional Analysis**, In the 3<sup>rd</sup> International Conference on Basic and Applied Science, Engineering IT and Design Research (BAED-2020), Istanbul Turkey, May 02-03, 2020.
6. სტუდენტთა აკადემიური მოსწრების მონიტორინგის მონაცემების ანალიზი OLAP კუბების ტექნოლოგიის გამოყენებით, საქართველოს დავით აღმაშენებლის სახელობის უნივერსიტეტი, სტუდენტთა XXVII სამეცნიერო კონფერენცია, 2019, თბილისი.
7. OLAP კუბის შექმნა და მასზე ოპერაციების შესრულება მონაცემთა ანალიზისთვის, სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, პროფესორ-მასწავლებელთა და დოქტორანთა სამეცნიერო კონფერენცია, 16 მაისი, 2019.
8. სასწავლო პროცესის ხარისხის კონტროლი და მართვის გაუმჯობესების ხელშეწყობა „ჭკვიან უნივერსიტეტში“, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, სტუს-ის სტუდენტთა 87-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, თბილისი, 2019.
9. ინფორმაციული ტექნოლოგიები უმაღლესი განათლების ხარისხის მართვაში, პროფ. კონსტანტინე კამკამიძის დაბადების 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია,, ციფრული ტექნოლოგიები: დღევანდელი და გამოწვევები“, სტუ, თბილისი, 28 მაისი, 2018.

## I თავი. ლიტერატურის მიმოხილვა

### 1.1 მონაცემთა ანალიზის თანამედროვე ინსტრუმენტული საშუალებები

თანამედროვე პერიოდში ინფორმაციული მასივების ზრდის კვალდაკვალ ორგანიზაციებში ჩნდება მრავალი გადაწყვეტილების ერთდროულად მიღების აუცილებლობა. ამავდროულად, უზარმაზარი მონაცემთა მოცულობა საჭიროა დამუშავდეს გაცილებით მოკლე დროში. ამდენად, ერთ-ერთ აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს გაფანტული მონაცემების სტრუქტურირებულ ინფორმაციად გარდაქმნა. სწორედ ამისთვის გამოიყენება მონაცემთა ანალიტიკური დამუშავების სპეციალური სისტემები OLAP (On-Line Analysis Processing). ორგანიზაციის საქმიანობის მოდელირებისა და ზუსტი ანგარიშების შედგენისთვის, საჭიროა მონაცემთა ამორჩევა სხვადასხვა წყაროდან ერთდროულად. ამისათვის OLAP სისტემები სპეციალურად მორგებულია მონაცემთა წყაროს სხვადასხვა ფორმატზე და ქმნიან მრავალგანზომილებიან მასივს განაწილებული ინფორმაციიდან.

OLAP ტექნოლოგია გვთავაზობს სწრაფ ხერხს მონაცემთა დათვალიერებისა და ანალიზისთვის ნებისმიერ ასპექტში, ნებისმიერი თვალსაზრისით და დეტალიზაციის საჭირო დონით. შესაბამისად, იგი წარმოადგენს მნიშვნელოვნად წინგადადგმულ ნაბიჯს მრავალ ინსტრუმენტულ საშუალებებსა და მეთოდებთან შედარებით, რომელიც შემუშავდა ბიზნესის მართვის სისტემების ევოლუციის ადრეულ ეტაპზე.

ნებისმიერი ანალიტიკის ძირითადი ამოცანაა გარე ცოდნაზე დაფუძნებული ჰიპოთეზების გენერირება. საჭირო ინფორმაციის ამოღება ინფორმაციის უზარმაზარი „გროვადან“ არის მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზი - Data Mining, მონაცემთა ანალიზის მეთოდები, რომელთა მეშვეობით შესაძლებელია სტრატეგიულად მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილებების მიღება. აღნიშნულმა მეთოდმა ჰპოვა ფართო გამოყენება მეცნიერებაში. მას იყენებენ როგორც კვლევის საუკეთესო მეთოდს. თუმცა ბიზნესში იგი არანაკლებ როლს თამაშობს. (როდიონოვი..., 2002).

მონაცემთა ანალიზის სისტემების და პროგნოზული ანალიტიკის გამოყენება სხვადასხვა წყაროებიდან მიღებული მონაცემების მთელი პოტენციალის ეფექტურად გამოყენების საშუალებას იძლევა. ასეთი სისტემების მეშვეობით ორგანიზაციის

მენეჯერებს შეუძლიათ მიიღონ ობიექტური გადაწყვეტილებების მიღებისთვის საჭირო მონაცემები. ამ კლასის პროგრამულმა პროდუქტებმა ჰპოვეს ფართო გავრცელება მთელი მსოფლიოს მასშტაბით. ამავდროულად ისინი გამოიყენება სხვადასხვა დარგში და განსხვავებული სახეობის საქმიანობაში. OLAP ტექნოლოგიის გამოყენების თვალსაზრისით ყველაზე პერსპექტიულად მოიზრება სავაჭრო კომპანიები, საბანკო სისტემა. ამ დარგებში საშუალო და მსხვილ კომპანიებს აქვთ ტერიტორიული განაწილებული ორგანიზაციული სტრუქტურა, პროდუქციისა და მომსახურების ფართო ნომენკლატურა, აგრეთვე კონტრაგენტების დიდი რაოდენობა.

თანამედროვე OLAP პროდუქტების უმრავლესობა არ შეიძლება ცალსახად მიეკუთვნოს არც დამუშავების საშუალებებს და არც მზა დანართებს. ერთის მხრივ, მათი გამოყენება არ საჭიროებს ანალიტიკური დანართების აგების თეორიისა და პრაქტიკის ხანგრძლივად შესწავლას, მაგრამ, მეორეს მხრივ, ისინი არ წარმოადგენენ მზა გადაწყვეტას კომპანიის ანალიტიკური ამოცანებისთვის, ვინაიდან ისინი მოითხოვენ გარკვეულ აწყობას მონაცემთა წყაროებზე, ანალიზის ალგორითმებსა და საბოლოო ინფორმაციის წარმოდგენის ფორმებზე. (კუდრიავცევი, 2008: 66-70).

OLAP ინსტრუმენტებისგან განსხვავებით, Data Mining (მონაცემთა მოპოვების) ინსტრუმენტები ორიენტირებულია ახალი დამოკიდებულებებისა და კანონზომიერებების მოძიებაზე. OLAP და Data Mining საშუალებებისთვის სხვადასხვანაირად ისმება ამოცანები. მაგალითად, თუ OLAP-ისთვის ამოცანა შეიძლება იყოს, შესყიდვის საშუალო ღირებულების, მომხმარებლის საშუალო ასაკის, საუკეთესო გაყიდვადი პროდუქტის პოვნა, მაშინ Data Mining-ისთვის ეს არის ფაქტორების ძებნა, რომლებიც გავლენას ახდენენ შესყიდვაზე, კლიენტების სეგმენტაცია, შესყიდვების ტიპური სცენარების განსაზღვრა და სხვა. ამავდროულად იგი საშუალებას იძლევა აიგოს ახალი ჰიპოთეზები მონაცემებში უცნობი, მაგრამ რეალურად არსებული დამოკიდებულებების ხასიათის შესახებ, შეიქმნას მოდელები, რომლებიც შესაძლებელს გახდის რაოდენობრივად შეფასდეს კვლევების ფაქტორების გავლენის ხარისხი.

ერთობლივად, ოპერატიული ანალიტიკური დამუშავებისა და მონაცემების მოპოვების ინსტრუმენტები ინფორმაციის დეტალური ანალიზის საშუალებას



იძლევა, რასაც თავის მხრივ მივყავართ მონაცემთა საცავებში ახალი ცოდნის აღმოჩენის პროცესის გაცილებით ეფექტურ შედეგებამდე. OLAP ტექნოლოგიები ჩვეულებრივ გამოიყენება მონაცემთა ბაზებში ცოდნის აღმოჩენის პროცესის ადრეულ ეტაპებზე. ეს იწვევს მონაცემთა უკეთ გააზრებას, ეხმარება ანალიტიკოსებს გამოავლინონ მონაცემთა აქტუალური ნაწილები, ხოლო მონაცემთა მოპოვების ტექნოლოგიები ამდიდრებენ ამ ფუნქციონალურობას.

Data Mining მოიცავს ცოდნის აღმოჩენის სხვადასხვა მეთოდების დიდი რაოდენობას. ამოცანებიდან, რომელთა გადაჭრა ეფექტურია მონაცემთა მოპოვების მეთოდებით შეიძლება გამოვყოთ კლასტერიზაცია, რომლის მეშვეობით მონაცემებში შეიძლება გამოვავლინოთ სტრუქტურული ჯგუფები, რომელიც შემდგომ გაამარტივებს მონაცემთა დამუშავებას და ცალკეულ გამოვლენილ კლასტერზე შესრულდება ანალიზი. კლასტერიზაციის პროცესში შეიძლება ატიპიური ობიექტების აღმოჩენა, რომლებმაც ვერ შეძლეს ვერცერთ კლასტერზე მიკუთვნება. (ტიტოვა, 2011).

უახლოეს პერიოდში ინფორმაციის მოცულობა, რომელსაც აწყდება უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულება სასწავლო პროცესის მართვის განხორციელებისას, არის უზარმაზარი. ამ პროცესის მართვის ხარისხი პირდაპირ დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენად შეუძლია უნივერსიტეტს არსებული ინფორმაციიდან ამოიღოს მაქსიმალური. ამ მოთხოვნების შესასრულებლად აუცილებელია ეფექტური საინფორმაციო და ანალიტიკური სისტემის შექმნა, რომლის ძირითადი ამოცანაა მონაცემთა ეფექტური შენახვა, დამუშავება და ანალიზი. ამ სფეროში მდიდარი გამოცდილება დაგროვდა კვლევისა და განვითარების პროცესში. ინფორმაციის დამუშავება და გაერთიანება მიიღწევა მონაცემთა მოპოვების, გარდაქმნისა და ჩატვირთვის გზით. მონაცემთა ანალიზისთვის მიზანშეწონილია მონაცემთა ანალიზის თანამედროვე ინსტრუმენტული საშუალებების გამოყენება: მონაცემთა საცავი (Data Warehouse), ოპერატიული ანალიტიკური დამუშავება (On-Line Analytical Processing, OLAP), მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზი (Data Mining).

## 1.2 „ჭკვიანი უნივერსიტეტის“ კონცეფცია, აქტუალობა და სერვისები

რამდენიმე წელია რაც „ჭკვიანი“ ტექნოლოგიების კონცეფცია და მასთან დაკავშირებული ცნებები შეიქმნა და მკვიდრდება ჩვენს ყოველდღიურობაში.

ჭკვიანი მოწყობილობების, ჭკვიანი ტექნოლოგიების, სმარტფონებისა თუ სხვა ახალი მაღალტექნოლოგიური სისტემების სწრაფი გავრცელება, უნივერსიტეტების, ფაკულტეტების, სტუდენტებისა თუ პროფესიონალი კადრების შესაძლებლობებისთვის, ახალი სწავლების მიდგომების უზარმაზარ შესაძლებლობებს ქმნის, რომელიც ორიენტირებული იქნება სწავლის შედეგების ხარისხის გაზრდაზე. ამას გარდა, ეს ტექნოლოგიური მიღწევები უზრუნველყოფს უნივერსიტეტებისა თუ კოლეჯების ძირითად ფუნქციებსა და მომსახურებებს.

„ჭკვიანი უნივერსიტეტის“ კონცეფცია არის სწრაფად განვითარებადი, რომელიც წარმოადგენს მაღალტექნოლოგიური აღჭურვილობის, ჭკვიანი პროგრამებისა და ინოვაციური კონცეფციების ინტეგრირებას. ყოველივე ეს ქმნის, ჭკვიანი პედაგოგიკის საფუძველზე თანამედროვე სწავლებისა და სწავლის სტრატეგიებს.

ყოველწლიურად, საერთაშორისო კონფერენციებში წარმოდგენილი საკითხები, ნათლად ასახავს, რომ უახლოეს მომავალში ჭკვიანი მსოფლიოს კონცეფციები იქნება აქტიურად გამოყენებადი მსოფლიოს წამყვან აკადემიურ სასწავლო ორგანიზაციებში.

როგორც ალბერტ აინშტაინს უთქვამს, „ჩვენ ვერ შევძლებთ ჩვენი პრობლემების მოგვარებას იმავე აზროვნებით, რომლითაც ჩვენ შევქმენით ისინი“. ამგვარად, ჩვენ უნდა შევქმნათ და განვაავითაროთ ახალი მიდგომები, სისტემები და ტექნოლოგიები სამომავლო ინოვაციური უნივერსიტეტების შექმნისთვის. (უსკოვი..., 2018: 1-7)

ჭკვიანი უნივერსიტეტის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ ის არის აღჭურვილი მაღალ ინოვაციური ტექნოლოგიებით, რომელთაც აქვთ მოქნილი სწავლისა და სწავლების სტილი, ასევე საგანმანათლებლო მასალებზე ინფორმაციის მოპოვება საყოველთაოდ ხელმისაწვდომია. ინოვაციური, თანამედროვე ტექნოლოგიის ზოგიერთი მაგალითია:

- რადიოსიხშირული იდენტიფიკაციის (RFID) სისტემები უზრუნველყოფენ უსაფრთხოების გაუმჯობესებას, ფინანსური და საიდენტიფიკაციო ტრანზაქციების შესრულების დროს არასწორი პირადობების აღმოჩენის შესაძლებლობა აქვთ. ასევე იძლევა ადვილად ლოგისტიკური და პროდუქტთან დაკავშირებული ინფორმაციის შენახვასა და მოძიებას; (ბაქენი..., 2016: 15-27)
- ღრუბლოვანი გამოთვლები (Cloud Computing) იძლევა ფაილების გაზიარების შესაძლებლობას, რომელიც ხელმისაწვდომი იქნება ყველა სტუდენტისთვის, რათა შეძლონ მათი სურვილის შესაბამისად სწავლა და მუშაობა ნებისმიერ დროსა და ადგილას. (ივანჩენკო, 2012: 271-278)

მსოფლიოს წამყვან კომპანიებს აქვთ თავიანთი სტრატეგიული საგანმანათლებლო ჩარჩო, რითაც ანახებენ მსოფლიოს თუ როგორ მუშაობენ ისინი.

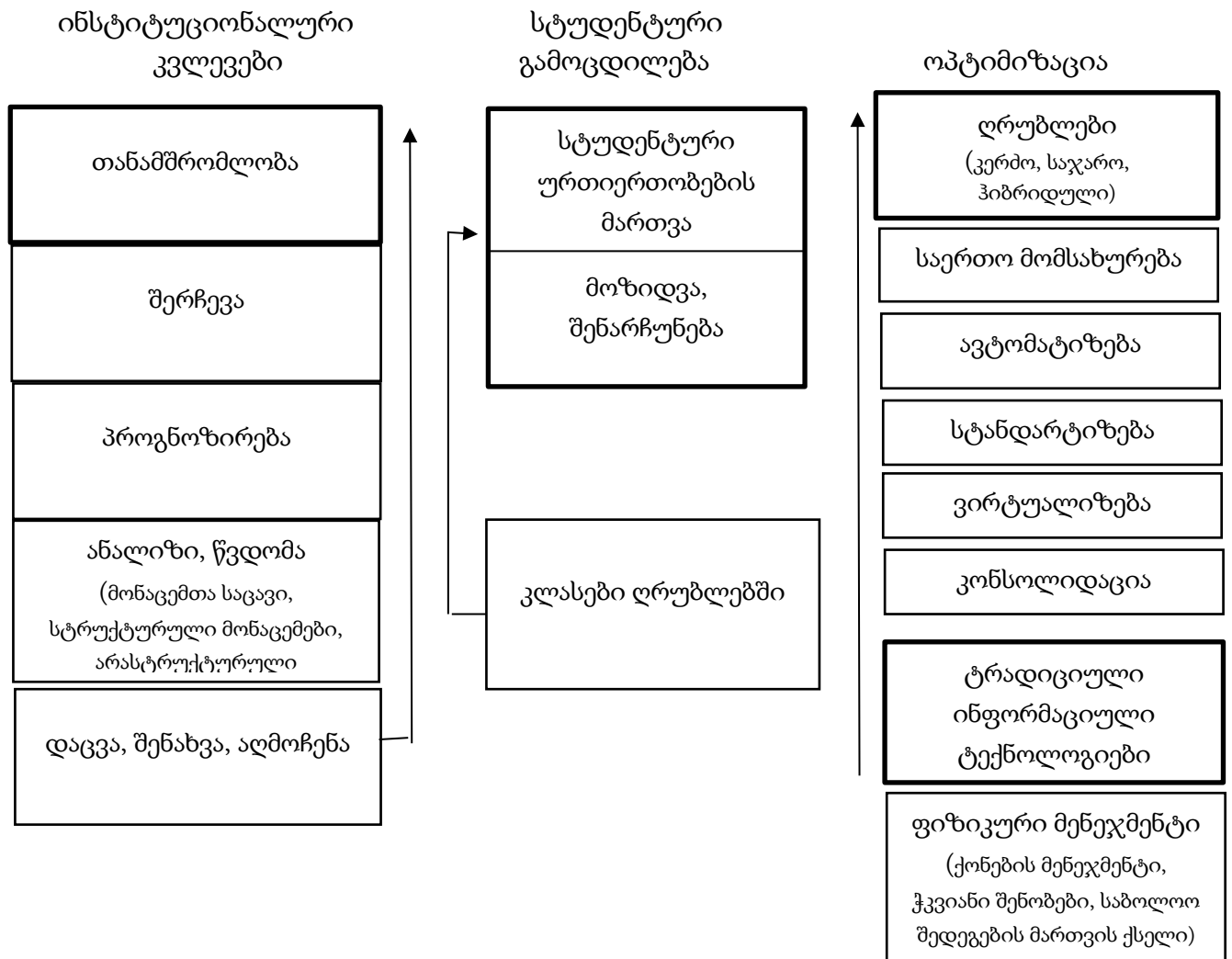
- ბოლო რამდენიმე წლის განმავლობაში, ჭკვიანი უნივერსიტეტი (SMU), ჭკვიანი განათლება (SME), ჭკვიანი საკლასო ოთახები (SMC), ჭკვიანი სასწავლო გარემო (SLE) და მათთან დაკავშირებული სხვადასხვა საკითხები, გახდა საერთაშორისო, სამთავრობო, კორპორატიული, ორგანიზაციული და სტრატეგიული გეგმების საფუძველი და მთავარი თემა. (ბაქენი..., 2016: 15-27). მაგალითად:

„IBM კომპანიამ შექმნა მსოფლიოსთვის სასურველი საგანმანათლებლო ჩარჩო, რაც აჩვენებს, თუ როგორ მუშაობს პარტნიორებთან, კლიენტებთან, ასევე მათ საგანმანათლებლო დაწესებულებებში ჭკვიანი ტექნოლოგიების გამოყენების საშუალებას აძლევს, რაც მათ უფრო ეფექტურს, პროდუქტიულსა და კონკურენტუნარიანს ხდის. ჭკვიანი განათლება უზრუნველყოფს მდგრადი მუშაობის გაუმჯობესებას ინფორმაციის უკეთ გატარების გზით, უკეთესი გადაწყვეტილებების მიღების შესაძლებლობას, მოსალოდნელი პრობლემების პრაქტიკულად მოგვარებასა და რესურსების კოორდინაციის ეფექტურად მუშაობას.“

ასევე IBM განსაზღვრავს ჭკვიან განათლებას შემდეგნაირად: ინტელექტუალური, ინტერდისციპლინარული სტუდენტზე ორიენტირებული სწავლის სისტემა - ის დაკავშირებულია სკოლების, უმაღლეს სასწავლებლებისა და სამუშაო ძალის მომზადებასთან, რისთვისაც იგი იყენებს: ადაპტურ სასწავლო პროგრამებს და სტუდენტური სწავლების პორტფოლიოებს, ტექნოლოგიებსა და

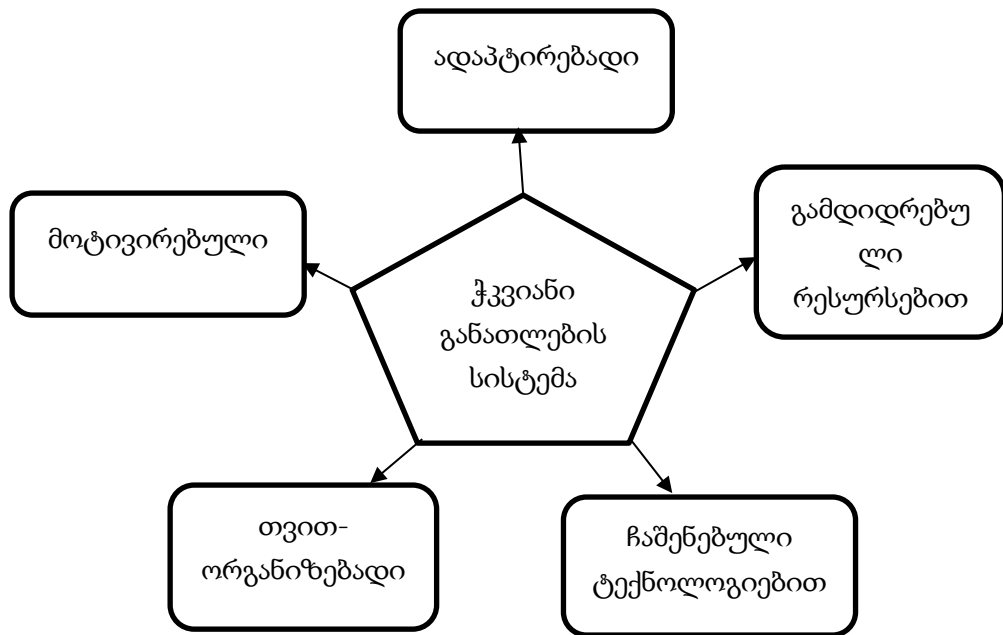
ციფრულ სასწავლო რესურსებს მასწავლებლებისა და სტუდენტებისათვის, კომპიუტერიზებულ ადმინისტრირებას, მონიტორინგს და მასწავლებლების ანგარიშგებას კლასში, მოსწავლეების შესახებ რაც შეიძლება მეტი ინფორმაციის მიღების ტექნოლოგიებს, ონლაინ სწავლის რესურსებს (ტიხომიროვი, 2015: 1-3).

ნახ.1.2.1-ზე მოცემულია IBM- ის ჭკვიანი საგანმანათლებლო ჩარჩო:



ნახ. 1.2.1 IBM- ის ჭკვიანი საგანმანათლებლო ჩარჩო

ნახ. 1.2.2-ზე წარმოდგენილია ჭკვიანი განათლების სისტემის არქიტექტურა:



ნახ.1.2.2 კვვიანი განათლების სისტემის არქიტექტურა

კვვიანი განათლების სისტემის შექმნა მოითხოვს თანამედროვე ტექნოლოგიების და მიდგომების დანერგვას, რომელთაგან შეიძლება გამოვყოთ:

- ონლაინ კლასების ორგანიზება;
- ღრუბლოვანი ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული ინფრაქსტრუქტურის შექმნა;
- ციფრული სახელმძღვანელოების გამოყენება და განვითარება;
- ონლაინ შეფასებების გამოყენება;
- მასწავლებელთა კომპეტენციის გაძლიერება;
- სწავლა-სწავლებისადმი შემოქმედებითი მიდგომა;
- დიდი რაოდენობის სასწავლო მასალის გადამუშავების შედეგად პრობლემის გადაჭრის უნარ-ჩვევების გამომუშავება;
- მიღებული ცოდნის საზოგადოებრივი მიზნებისთვის გამოყენების უნარების გამომუშავება.

კვვიანი სწავლების მიდგომებზე SAMSUNG კომპანია უპირატესობას ანიჭებს სამ ძირითად კომპონენტს: ინტერაქტიული მართვის გადაწყვეტა, სწავლების მართვის სისტემა და სტუდენტური საინფორმაციო სისტემა. მათი მრავალრიცხოვანი უნიკალური თვისებები და ფუნქციები მიზნად ისახავს კვვიანი სკოლის გავლენას განათლებაზე და სარგებლის მოტანაზე. მათ შორის აღსანიშნავია:

ინტერაქტიულობის გაზრდა, პერსონალური სწავლება, ეფექტური საკლასო მენეჯმენტი და უკეთესი სტუდენტური მონიტორინგი. (უსკოვი..., 2018: 11-16).

არსებობს მრავალი მოსაზრება და ხედვა ჭკვიანი განათლების შესახებ. მიზანშეწონილია განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი:

– „ჭკვიანი უნივერსიტეტი“ არის კონცეფცია, რომელიც მოიცავს სრულ მოდერნიზაციას ყველა საგანმანათლებლო ასპექტში. ჭკვიანი განათლება არის შესაძლებლობა, რომ ვუზრუნველყოთ ახალი უნივერსიტეტი, სადაც ინფორმაციულ-კომუნიკაციურ ტექნოლოგიებსა და ფაკულტეტებს შორის კავშირს მივყავართ საგანმანათლებლო, კვლევის, კომერციული და სხვა საუნივერსიტეტო საქმიანობის პროცესებისა და შედეგების სრულიად ახალ ხარისხზე. „ჭკვიანი უნივერსიტეტის“ კონცეფცია გულისხმობს ტექნოლოგიების წარმოქმნას, როგორცაა ჭკვიანი დაფები, ჭკვიანი ეკრანები და უკაბელო ინტერნეტი ყველგან.;

„ჭკვიანი სასწავლო გარემო“ შეიძლება ჩაითვალოს ტექნოლოგიური მხარდაჭერის სასწავლო გარემოდ, რომელიც უზრუნველყოფს ადაპტაციას და უზრუნველყოფს შესაბამის მხარდაჭერის (მაგალითად, ხელმძღვანელობა, გამოხმაურება, მინიშნებები ან ხელსაწყოები) უფლებას შესაფერი ადგილების მიხედვით, რაც დამოკიდებულია ინდივიდუალური სტუდენტების საჭიროებებზე, რაც განისაზღვრება მათი სასწავლო ქცევის ანალიზით და აკადემიური შესრულებით ონლაინ და რეალურ კონტექსტში, სადაც ისინი არიან განთავსებულნი. „ჭკვიანი სასწავლო გარემო“ ითვალისწინებს მთლიან კონტექსტს; ანუ ეს არის სტუდენტის მდგომარეობის ან რეალური გარემოების კონტექსტი, რომელშიც სტუდენტი იმყოფება. „ჭკვიან სასწავლო გარემოს“ შეუძლია მოსწავლეებს მყისიერი და ადაპტური დახმარება შესთავაზოს ინდივიდუალური სწავლების საჭიროებებისთვის სხვადასხვა პერსპექტივებიდან. ინტელექტუალური სწავლის შესაძლებლობას შეუძლია მომხმარებლის ინტერფეისის (ანუ ინფორმაციის წარდგენის გზები), პიროვნული შინაარსის ფაქტორების დაკმაყოფილებისა (მაგ: სტილისა და დაკვეთის შესწავლა) და სტუდენტების ინდივიდუალური სწავლის სტატუსის ადაპტირება; (უსკოვი..., 2018: 49-51).

– "ჭკვიანი განათლება" არის ღრუბლოვანი გამოთვლებისა და ინტერნეტ-ტექნოლოგიების გამოყენების შედეგი.

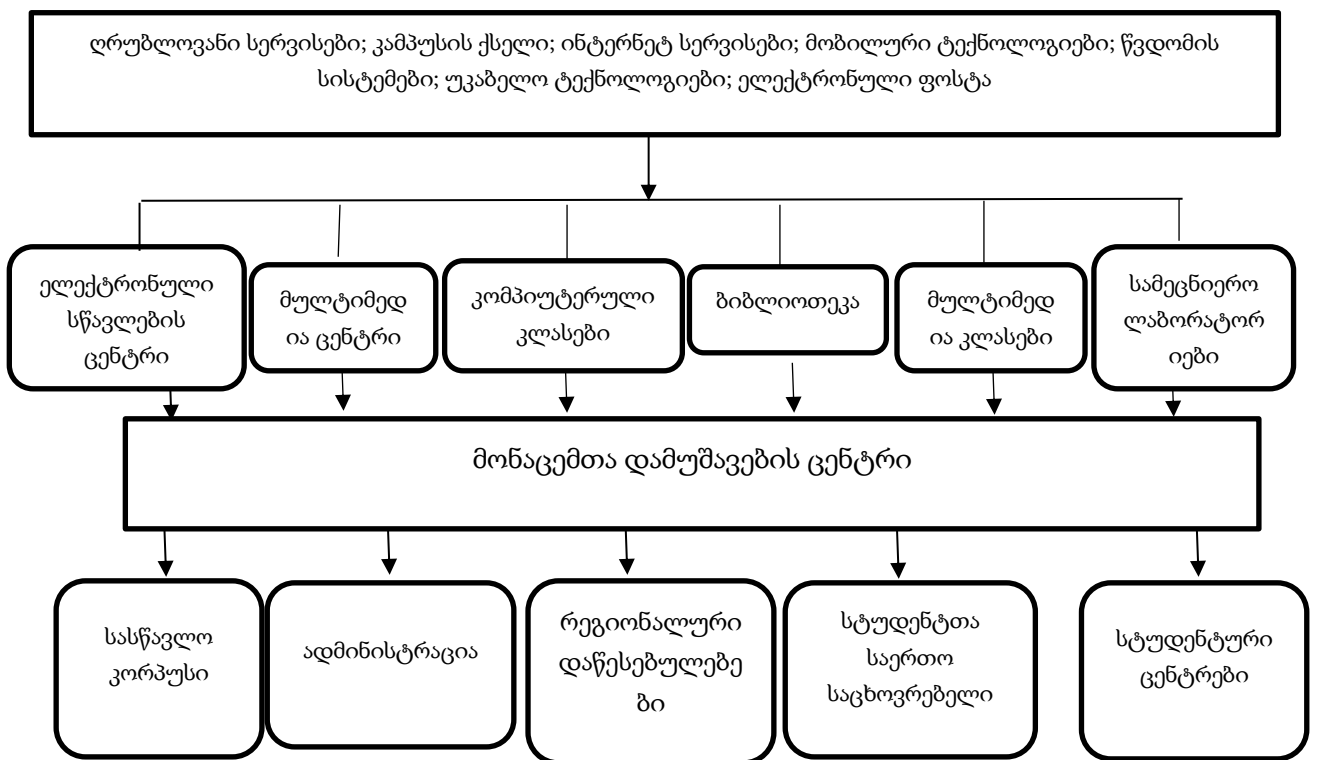
ეს არის არასრული ჩამონათვალი იმ კომპანიებისა თუ მკვლევარების მოსაზრებისა, რომლებიც აქტიურად არიან ჩართულნი სხვადასხვა ინოვაციური ჭკვიანი ტექნოლოგიების, პროგრამული და კომპიუტერული სისტემების დიზაინზე, განვითარებაზე, ტესტირებასა და დანერგვაზე. „ჭკვიანი უნივერსიტეტისა“ და „ჭკვიანი კლასების“ კორპორაციებში, ჭკვიანი ტექნოლოგიების პროექტები ძირითადად ორიენტირებულია ინტერნეტ-ტექნოლოგიებზე, ღრუბლოვან კომპიუტერულ, უკაბელო სენსორული ქსელების (WSN), ჭკვიანი აგენტების რადიოსიხშირული იდენტიფიკაციის (RFID) ტექნოლოგიებზე და ა.შ. (ბაქენი..., 2016: 15-27).

ჭკვიანი უნივერსიტეტის კონცეფციისა და მასთან დაკავშირებული ცნებების შემოღებას და დამკვიდრებას განათლების მიღების ახალ სტანდარტებში არც თუ ისე დიდი ხნის ისტორია აქვს, როგორცაა: ჭკვიანი განათლება, ჭკვიანი კამპუსი, ჭკვიანი სასწავლო გარემო, ჭკვიანი საკლასო ოთახები, ჭკვიანი ელექტრონული სწავლება და ა.შ. ეს ცნებები მუდმივად ვითარდება და უმჯობესდება. ჭკვიანი უნივერსიტეტისა (SMU) და ჭკვიანი განათლების (SME) მიდგომები სწრაფად ხდება პოპულარული მსოფლიოს წამყვან უნივერსიტეტებში, რადგან მათში შემავალი თანამედროვე მაღალტექნოლოგიური, ჭკვიანი ტექნოლოგიები და სისტემები ქმნიან უნიკალურ და უპრეცედენტო შესაძლებლობებს, რომ უზრუნველყონ უმაღლესი სწავლის სტანდარტების დაკმაყოფილება. დღემდე გრძელდება კვლევა უმაღლესი განათლებისა და ტენდენციების პერსპექტივებზე, რომელიც შეესაბამება ჭკვიანი განათლებისა და ჭკვიანი უნივერსიტეტის კონცეფციებს. (უსკოვი..., 2018: 13-16).

მაგალითისთვის მოვიყვანთ ერთ-ერთ უნივერსიტეტს „ბრედლი“, რომელშიც უკვე შეიქმნა და განხორციელდა რამდენიმე საპილოტე სწავლისთვის განკუთვნილი ჭკვიანი საკლასო ოთახის დიზაინი. პროექტი განხორციელდა ფაკულტეტისა და სტუდენტებისგან მიღებული მოსაზრებების საფუძველზე, რომელშიც ნათლად აისახა მათი დაინტერესება ჭკვიანი სისტემებისა და მოწყობილობების დანერგვაზე. ყოველივე ამის გათვალისწინებით ჭკვიანი საკლასო ოთახის შექმნისა და აქტიურად

გამოყენების მოსაზრება აისახა უნივერსიტეტის კურიკულუმში. (უსკოვი..., 2018: 66-70).

ამდენად, თანამედროვე უნივერსიტეტს უნდა ჰქონდეს შესაბამისი რესურსები, რათა ხელი შეუწყოს ჭკვიან განათლებას. კერძოდ უნივერსიტეტს უნდა გააჩნდეს: მონაცემთა დამუშავების ცენტრი, რომელშიც შესული იქნება საგანმანათლებლო დაწესებულებები, ადმინისტრაცია, რეგიონული ინსტიტუტები, საერთო საცხოვრებლები და სტუდენტური ცენტრები. ასევე ელექტრონული სწავლების ცენტრი (დრუბლოვანი სისტემები), მულტიმედიური ცენტრი (Campus), კომპიუტერული ოთახები (ინტერნეტ სერვისები), მობილური ტექნოლოგიები, ბიბლიოთეკა უკაბელო ტექნოლოგიები, სამეცნიერო ლაბორატორიები და ა.შ. (მორზე..., 2013: 411-423). ნახ.1.2.3 -ზე შემუშავებულია ჭკვიანი უნივერსიტეტის ინფრასტრუქტურა.

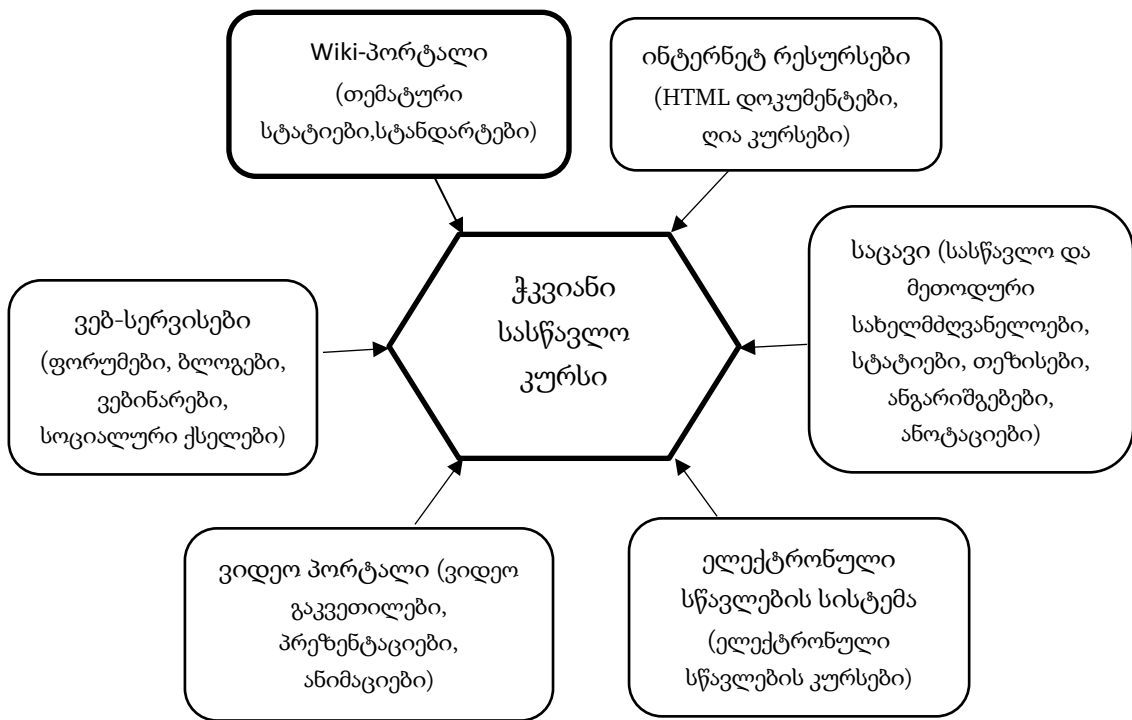


ნახ. 1.2.3 ჭკვიანი უნივერსიტეტის ინფრასტრუქტურა

გასათვალისწინებელია ისიც, რომ ელექტრონული სწავლების კურსების შექმნისა და გამოყენებისთვის აუცილებელია კურსის სტრუქტურის განხილვა მოხდეს მისი მშენებლობის მოდულურ პრინციპზე. სასწავლო მოდულის შინაარსის



შემუშავებისას თითოეული მოდული უნდა შედგებოდეს შინაარსის თეორიული, ემპირიული და პრაქტიკული კომპონენტებისგან, რომელთაგან თითოეული განახორციელებს დამოუკიდებელ ფუნქციას. ამდენად სასწავლო დისციპლინის მოდული არის ინფორმაცია და დიდაქტიკური ერთეული, რომელშიც მიდგომა მთლიანად ნაწილების სტრუქტურის ერთგვაროვანია. მას აქვს კომპლექსური სტრუქტურა, რომელიც მოიცავს განუყოფელ განვითარებას, მიზნებს, შინაარსს და შედეგებს შესაბამისი შეფასების შესაფერ სისტემასთან. ნახ. 1.2.4 -ზე მოცემულია ჭკვიანი სასწავლო კურსის ფორმირების წყაროები. (უსკოვი..., 2018: 12)



ნახ. 1.2.4 „ჭკვიან“ განათლებაში ელექტრონული კურსის ფორმირების წყაროები

ამდენად, ზემოთ მოცემული ლიტერატურის მიმოხილვა და შემოქმედებითი ანალიზი მოგვცემს სხვადასხვა სახის პროექტების კლასიფიცირებისა და ჭკვიანი უნივერსიტეტის მოდელის დანერგვის მიმართულებებს.

ჭკვიანი საგანმანათლებლო სისტემებთან დაკავშირებული კვლევები და პუბლიკაციები ნათლად გვიჩვენებენ, რომ ჭკვიანი განათლების კონცეფცია და მასთან დაკავშირებული საკითხები მნიშვნელოვან როლს შეასრულებს მინიმუმ 5-10 წლის განმავლობაში და აქტიურად იქნება გამოყენებული მსოფლიოს წამყვან აკადემიურ დაწესებულებებში.

ამ მრავალპროფილიანი პროექტის მიზანი არის ჭკვიანი უნივერსიტეტის კონცეპტუალური მოდელირების შექმნა, ანუ მაღალი დონის პროგრამული და აპარატურული უზრუნველყოფა, სწავლისა და სწავლების მაღალი აქტივობა და სერვისები, ასევე მათი მიზანია დაეხმარონ ტრადიციულ უნივერსიტეტებს გააცნობიერონ ძლიერი და სუსტი მხარეები, შესაძლებლობები და საფრთხეები, რათა შეაფასონ ტრადიციულიდან ჭკვიან უნივერსიტეტამდე ტრანსფორმაციის გზები.

განვითარებადი პროექტები, რომელთაც აქვთ თანამედროვე დიზაინი, მიზნად ისახავენ ჭკვიანი კლასის მოსწავლეებისთვის პროგრამულ თუ ტექნიკურ უზრუნველყოფას და ძირითადად ორიენტირებულნი არიან შემდეგი ტიპის სისტემებზე: ჭკვიანი სწავლისა თუ სწავლების (Big data analytics) სისტემები, ჭკვიანი პროგრამული აგენტები და ჭკვიანი რობოტები, ისევე როგორც სხვა მოწინავე პროგრამული სისტემები, სახის ამომცნობი სისტემები, ჟესტების, ემოციისა და აქტივობის ამომცნობი სისტემები, ინტელექტუალური კიბერ-ფიზიკური სამყაროს სისტემები (შენობებსა და კამპუსებში დაცვისა და უსაფრთხოებისათვის) და კიდევ სხვა მსგავსი სისტემები. (ვუ, 2015: 1-45).

ჭკვიანი პედაგოგიური მიდგომების სფეროში მიმდინარე კვლევის უმრავლესობა ორიენტირებულია სტუდენტის სწავლისა და სწავლების მეთოდებსა და მიდგომებზე, რომელიც ინოვაციურ ტექნოლოგიებზეა დაფუძნებული, როგორცაა:

- სწავლება ვირტუალური ლაბორატორიების აქტიური გამოყენებით;
- ჯგუფური სწავლება;
- ადაპტირებადი სწავლება;
- თამაშებზე დაფუძნებული სწავლება;
- პერსონალური სწავლება;
- სწავლის ანალიტიკა და აკადემიური ანალიტიკა;
- კონტექსტზე დაფუძნებული სწავლა;
- ელექტრონული წიგნები;
- პერსონალურ კვლევაზე დაფუძნებული სწავლა;
- კროსოვერი და სხვა ინოვაციური სტრატეგიები.

მიუხედავად იმისა, რომ ჭკვიანი მსოფლიოსა და ჭკვიანი უნივერსიტეტის კონცეფციების განვითარება რამდენიმე წლის წინ დაიწყო და აშკარა პროგრესს მიაღწია, ჯერ კიდევ არ არის დაზუსტებული ახალი ტენდენციების ცნებები და პრინციპები.

ჭკვიანი უნივერსიტეტის მიდგომებში შემოდის კიდევ ერთი ცნება „აქტიური სწავლება“, რომელიც ითვალისწინებს და ხელს უწყობს მოსწავლეების აქტიურ ჩართულობასა და პრობლემების გადაწყვეტას დამოუკიდებლად. ჭკვიანი განათლებისთვის არსებობს სხვადასხვა ტიპის ურთიერთქმედების მხარდაჭერა, როგორცაა ICT აპარატურა, პროგრამული უზრუნველყოფა და სხვა სახის სისტემები. ეს სისტემები გათვალისწინებულია სწავლის პროცესში ურთიერთდამოკიდებულებების ჩასაწერად, რომელიც შემდგომ გადაეგზავნებათ მოსწავლეებსა და პედაგოგებს. ასეთი ელექტრონული სწავლების გამოყენებით, მოსწავლეებს ეძლევათ საშუალება სახლში შეიძინონ გარკვეული ცოდნა დამოუკიდებლად და ჩაბმულნი იყვნენ მუდმივად აქტიური სწავლის პროცესში. ამრიგად, აქტიური სწავლება ხდება დახვეწილი, ინტელექტუალური და უფრო ეფექტური, როდესაც იგი შერწყმულია ჭკვიან განათლებასთან. (ფურლატი..., 2009: 349-353).

განათლების სფეროში გლობალიზაციის განვითარებით, "ჭკვიანი უნივერსიტეტის" კონცეფციის მზარდი მნიშვნელობა გლობალურ სტანდარტად ითვლება. 2013 წელს, განათლების პოლიტიკის კვლევის იაპონური ინსტიტუტი, რომელიც განათლების, კულტურის, სპორტის, მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების სამინისტროს (MEXT) იურისდიქციაშია, გვთავაზობს "21-ე საუკუნის კომპეტენციებს": მაგალითად, მომავალში იაპონიაში მოსწავლეები შეძლებენ შეიძინონ არამხოლოდ ცოდნა, არამედ საკუთარი შესაძლებლობებით მიიღონ გადაწყვეტილებები მათი აზროვნების გზით. განათლების ყოფილმა სამინისტრომ, ახლა უკვე „MEXT“-მა მნიშვნელოვნად შეცვალა უნივერსიტეტების შექმნის სტანდარტები 1991 წელს, რადგან იაპონიის მთავრობამ ხელი შეუწყო ხელისუფლების დეცენტრალიზაციას და გამოაცხადა შეზღუდვები პოლიტიკის შესახებ. სათანადოდ შესწორდა სკოლის განათლების აქტის და უნივერსიტეტების შექმნის სტანდარტები შესაბამისი კანონების მიხედვით. ამით საშუალება მიეცა

ცალკეულ სკოლებს, განავითარონ უნიკალური განათლება და კვლევა საკუთარი საგანმანათლებლო ფილოსოფიისა და მიზნების საფუძველზე. ეს ხდება მაშინ, როდესაც სათანადოდ ხდება რეაგირება სწავლის წინსვლასა და საზოგადოების მოთხოვნებზე. „MEXT“ ფინანსურად მხარს უჭერს ტექნოლოგიების ეროვნულ ინსტიტუტს (NIT), სადაც კოლეჯები იღებენ ახალგაზრდებს, რომელთაც ახლახანს დაამთავრეს სავალდებულო განათლება. ახალგაზრდები NIT-ის კოლეჯების მოწინავე კურსების დასრულების შემდეგ, უმაღლეს შეფასებას იღებენ და უმაღლეს სასწავლებლებში ირიცხებიან. აქ ჭკვიანი განათლება ინფორმაციული და კომუნიკაციური ტექნოლოგიების საშუალებით და ზოგიერთი სახის სისტემების გამოყენებით მიიღება. მოკლედ, ამ პერიოდის განმავლობაში განხორციელებული პროექტის მიზნებია, სტუდენტებმა შეიძინონ დამოუკიდებელი გონებრივი შესაძლებლობები, ფსიქიკური შესაძლებლობები და თვითდასაქმების უნარი, ასევე კოლეჯში სწავლის პროცესში მათ აქვთ შესაძლებლობა ფლობდნენ აქტიური სწავლების პრაქტიკასა და ვიზუალური სწავლის მეთოდებს, ხოლო პროექტის დასრულების შემდეგ უზრუნველყოფილია შემდგომში სწავლის გაგრძელების შესაძლებლობა. (უსკოვი..., 2018: 130-133).

ინტერნეტის ფართომასშტაბიანმა გამოყენებამ დიდი რაოდენობის ინფორმაციის მიღება გახდა ხელმისაწვდომი საზოგადოებისთვის. ამან აგრეთვე გავლენა იქონია სტუდენტებისთვის ინფორმაციის ხელმისაწვდომობაზეც და ინფორმაციის მოცულობა იზრდება მათი ინტერესისა და არჩევანის მიხედვით. მეორეს მხრივ პედაგოგებისთვის რთული გახდა ყველა მოსწავლის საჭიროებების დაკმაყოფილება, რადგან ისინი შეზღუდულნი არიან ლექციისთვის განკუთვნილი ცოდნით. საჭირო გახდა სწავლის მასალების ავტომატურად მიწოდება, საცნობარო მასალის გავრცელება, ანგარიშების შეგროვება და ტესტების ჩატარება საინფორმაციო-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით, ამიტომაც გახდა საჭირო საგანმანათლებლო სისტემის შექმნა, რომელიც პასუხობს მოსწავლეზე ორიენტირებულ ინდივიდუალურ საჭიროებებს. გარდა ამისა, დიდი მონაცემების ანალიზი ხელს უწყობს ინტელექტუალური განათლების სისტემის შექმნას. ეს არის

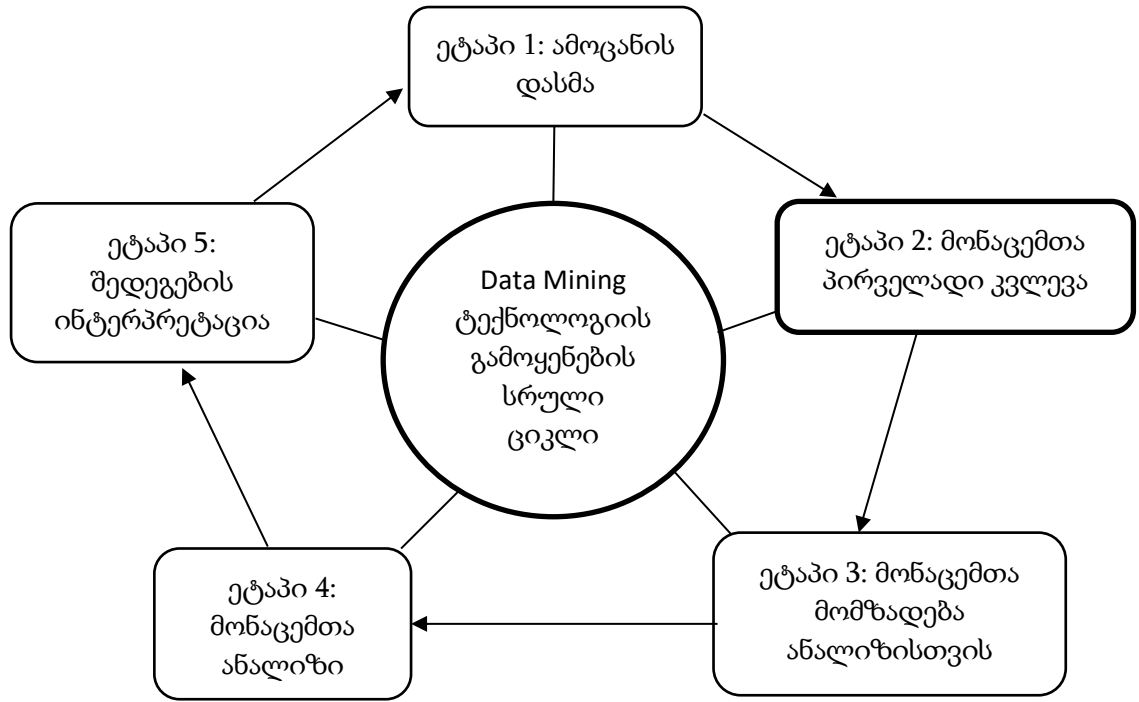
გზა, სადაც პედაგოგები უზრუნველყოფენ სწავლებას, რომელიც შეესაბამება თითოეული სტუდენტის შესაძლებლობებს. (მეფარიშვილი, 2018: 8-20).

სასწავლო დაწესებულებებში მონაცემების მოცულობამ მკვეთრად მოიმატა და მონაცემების დაგროვების და შენახვის მიზნით აუცილებელი გახდა მონაცემთა საცავების გამოყენება. გარდა შენახვისა, აუცილებელია მონაცემთა ანალიზი, რომელიც ფაქტობრივად არის გზა პროგნოზირებისაკენ, რათა დავგეგმოთ თუ რა და როგორ უნდა გაკეთდეს მომავალში. რა არის შესაცვლელი და რა ღონისძიებებია ჩასატარებელი. ანალიზი მოგვცემს შესაძლებლობას ცხადი სურათი შევქმნათ ცალკეულ სტუდენტზე და პედაგოგზე, რაც მეტად მნიშვნელოვანია მომავალში სასწავლო პროცესის სწორად წარმართვისთვის.

ამდენად, ჭკვიანი განათლების სისტემის განსავითარებლად მიზანშეწონილია მოხდეს ტექნიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის ურთიერთშერწყმა, რაც გამოიხატება ტექნიკური თვალსაზრისით მოდერნიზებული აპარატურის დანერგვასა და საკლასო გარემოს ტექნოლოგიების განვითარებაში, ხოლო პროგრამული უზრუნველყოფის თვალსაზრისით სასწავლო პროცესის მონაცემების ანალიზში. (ტიხომიროვა, 2013: 53-56).

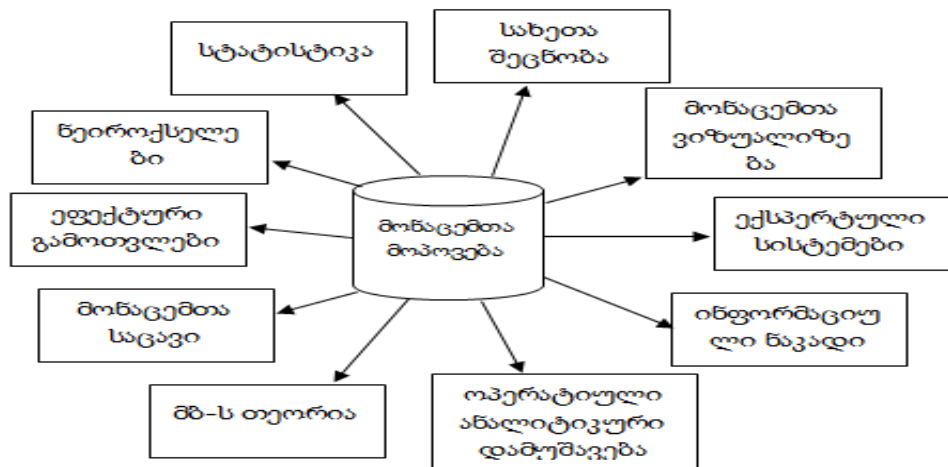
### **1.3 ინტელექტუალური ანალიზის ტექნოლოგიები**

ინტელექტუალური ანალიზი ანუ "Data Mining" ცნების გვერდით ხშირად იხმარება აგრეთვე ფრაზა "ცოდნის აღმოჩენა" (Knowledge Discovery), რაც იმით არის განპირობებული, რომ Data Mining-ის შემთხვევაში `ნედლი~ მონაცემების მიხედვით ხდება მანამდე უცნობი, არატრივიალური, პრაქტიკულად სასარგებლო და მისაწვდომი ცოდნის აღმოჩენა გადაწყვეტილების მიღების თვალსაზრისით. ნახ.1.2.1.-ზე მოცემულია Data Mining ტექნოლოგიის გამოყენების სრული ციკლი:



ნახ. 1.3.1 Data Mining ტექნოლოგიის გამოყენების სრული ციკლი

Data Mining ტექნოლოგია ფართოდ იყენებს სტატისტიკური მეთოდების თითქმის სრულ პაკეტს. მათ შორის ძირითადი ყურადღება ეთმობა კორელაციურ, რეგრესიულ, ფაქტორულ ანალიზს და სხვ. თანამედროვე Data Mining ტექნოლოგია წარმოადგენს მულტიდისციპლინარულ დარგს, რომელიც, გარდა გამოყენებითი სტატისტიკისა, ვითარდება ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების, მონაცემთა ბაზების თეორიისა და სხვათა მიღწევების საფუძველზე. ნახ. 1.3.2.



ნახ. 1.3.2 თანამედროვე Data Mining ტექნოლოგია

## კანონზომიერებათა ტიპები

განირჩევა მონაცემთა მოპოვების მეთოდებით გამოვლენილ კანონზომიერებათა ხუთი ტიპი:

- *ასოციაცია* - ხდომილობათა ურთიერთკავშირების მაღალი ალბათობა;
- *თანმიმდევრულობა* - დროში დაკავშირებული ხდომილობების ჯაჭვის მაღალი ალბათობა;
- *კლასიფიკაცია* - გარკვეული ნიშნებით ხდომილობის ან ობიექტის რომელიმე ჯგუფისადმი კუთვნილება;
- *კლასტერიზაცია* - კლასიფიკაციის მსგავსი კანონზომიერებაა, მაგრამ განსხვავება არის, რომ თვითონ ეს ჯგუფები წინასწარ არ არის მოცემული, არამედ მონაცემთა დამუშავების პროცესში ავტომატურად გამოვლინდება;
- დროითი კანონზომიერებანი - დინამიკაში ამა თუ იმ მონაცემთა ქცევის შაბლონების არსებობა. (ჰანი..., 2012: 443-450).

## II თავი. სასწავლო პროცესის ხარისხის გაუმჯობესებისადმი თანამედროვე მიდგომები

### 2.1. სწავლების ხარისხის უზრუნველყოფის ძირითადი ამოცანები

განათლების მაღალი ხარისხის უზრუნველყოფა უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულებების უმთავრესი მიზანია. განათლების ხარისხის შეფასების კრიტერიუმად შეიძლება ჩაითვალოს, თუ რამდენად აკმაყოფილებს პროდუქტი ან მომსახურება კომპლექსურ მოთხოვნებს. ამგვარად, უნივერსიტეტებმა უნდა უზრუნველყონ თავიანთი სტუდენტების, პერსონალის, დაინტერესებული პირების, საზოგადოებისა და შესაბამისი მარეგულირებელი ორგანოების მოთხოვნების დაკმაყოფილება.

ბოლო დროს ჩატარებული კვლევებითა და სტატისტიკური მონაცემებით ნათელი ხდება, რომ დიდი განმასხვავებელი ნიშნებით გამოირჩევა ბიზნესისთვის დაქირავებული კადრების მოთხოვნები და საგანმანათლებლო დაწესებულებებში მომზადებული კურსდამთავრებულთა შესაძლებლობები. შრომის ბაზარზე დამსაქმებელთა მოთხოვნების ინტერესი ზოგადი ინტერესის საგნად იქცა. არადა დამსაქმებელთა მოთხოვნები წარმოადგენს განათლების ხარისხის მუდმივად გაუმჯობესების ძალისხმევის ნაწილს, ანუ საგანმანათლებლო დაწესებულებები მუდმივად უნდა იყვნენ დაინტერესებულნი და აქტიურად ჩართულნი დამსაქმებელთა მოთხოვნებზე.

აღნიშნულ ვალდებულებაზე პასუხისმგებლობის წინაშე დგას ხარისხის მართვის სამსახური, რომლის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მიზანია სწავლის ხარისხის გაუმჯობესება, ხოლო სასწავლო პროცესის ხარისხის გაუმჯობესების აუცილებელი პირობაა მომხმარებელთა საჭიროებების განსაზღვრა და მოკვლევა. (მეფარიშვილი..., 2015: 1-6)

გილმორის მიერ შემოთავაზებული მეთოდის თანახმად, „ხარისხის გაუმჯობესებისთვის აუცილებელია ხარისხის განმსაზღვრელი ფაქტორების იდენტიფიცირება, ანუ მომხმარებელთა მოლოდინების განსაზღვრა და მომხმარებელთა მომსახურების ხარისხის შეფასება“.



ხარისხის მართვის სისტემის ფუნდამენტური პრინციპები განათლების სისტემისა და შრომის ბაზრის ურთიერთობაა, სადაც უმაღლესი განათლების სისტემისა და შრომის ბაზრის ურთიერთქმედებების შესაძლებლობები მუდმივად უნდა განვითარდეს. ლიტერატურაში არსებობს მრავალი კვლევა, რომლის მიხედვითაც ხდებოდა დამსაქმებელთა საჭიროებების იდენტიფიცირება. ძირითადი კრიტერიუმების იდენტიფიცირების მიხედვით გადაწყვეტილების მიღების პროცესის განსაზღვრის მიზნით, დამსაქმებელმა კომპანიამ უნდა გამოავლინოს თავისი საქმიანობიდან გამომდინარე მოთხოვნების შესაბამისობა კურსდამთავრებულთა კვალიფიკაციასთან. სამეცნიერო და ემპირიული კვლევების შედეგად დადასტურებულია, რომ უნდა მოხდეს განათლების ხარისხის შესაბამისობა დამსაქმებელთა მოთხოვნებთან და ასევე დამსაქმებელთა ჩართულობა უმაღლეს საგანმანათლებლო პროცესებში, რომელიც სტუდენტებს საშუალებას მისცემს პრაქტიკული საფუძვლების შექმნაში.

კვლევებით გამოვლინდა უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებათა ხარისხის კონცეპტუალური ელემენტების ოთხი კატეგორია: სტუდენტები, კურსდამთავრებულები, პედაგოგები და კომპანიები, რომლებიც იყენებენ უმაღლესი განათლების კურსდამთავრებულებს. მათ შორის ურთიერთკავშირი განსაზღვრავს უმაღლესი განათლების ხარისხს.

გადაწყვეტილების მიღებისას კანდიდატთა კომპეტენციის შეფასების პროცესის ანალიზი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ის სფეროები, რომლებიც განათლების სისტემაში იქნება ფოკუსირებული სტუდენტების მომზადებაზე. თეორიულ დონეზე ჩატარებული კვლევების შედეგად ყურადღება გამახვილდა ხარისხის მართვის სპეციფიკურ კონცეფციებზე, რომელიც შეიცავს ადამიანური რესურსების შერჩევის არეალს ანუ, უნდა მოხდეს უმაღლეს საგანმანათლებლო სისტემისა და დამსაქმებელთა ურთიერთქმედებისას, დამსაქმებელთა ძირითადი მოთხოვნების დადგენა კურსდამთავრებულთა კვალიფიკაციის შესახებ. (ფეიქინი, 2015: 32-39).

სამეცნიერო და ემპირიული არგუმენტების გათვალისწინებით, განათლების ხარისხის გასაუმჯობესებლად საჭიროა კომპანიების მიერ შერჩეული

კანდიდატებისთვის შესაბამისი ძირითადი უნარების გაუმჯობესება, რაც შრომის ბაზარზე ხაზგასმით მოითხოვება.

კომპანიები კანდიდატურების შერჩევისას უპირატესობას ანიჭებენ კვალიფიციურ საგანმანათლებლო კადრებს, ხოლო ფიზიკური პირები იღებენ კვალიფიციურ განათლებას, რათა კონკურენტუნარიანები გახდნენ შრომის ბაზარზე. არსებობს მოსაზრება, რომ დასაქმების მაჩვენებელი განათლების ხარისხის მაჩვენებელია. ამ თვალსაზრისით, საგანმანათლებლო დაწესებულებებმა რეგულარულად უნდა გააკონტროლონ კურსდამთავრებულთა დასაქმების მდგომარეობა და გამოავლინონ მათი შრომით ბაზარზე ინტეგრირების შედეგები. ხოლო ამ შედეგების შეფასების შედეგად უნდა მოხდეს განათლების ხარისხის მუდმივი გაუმჯობესება.

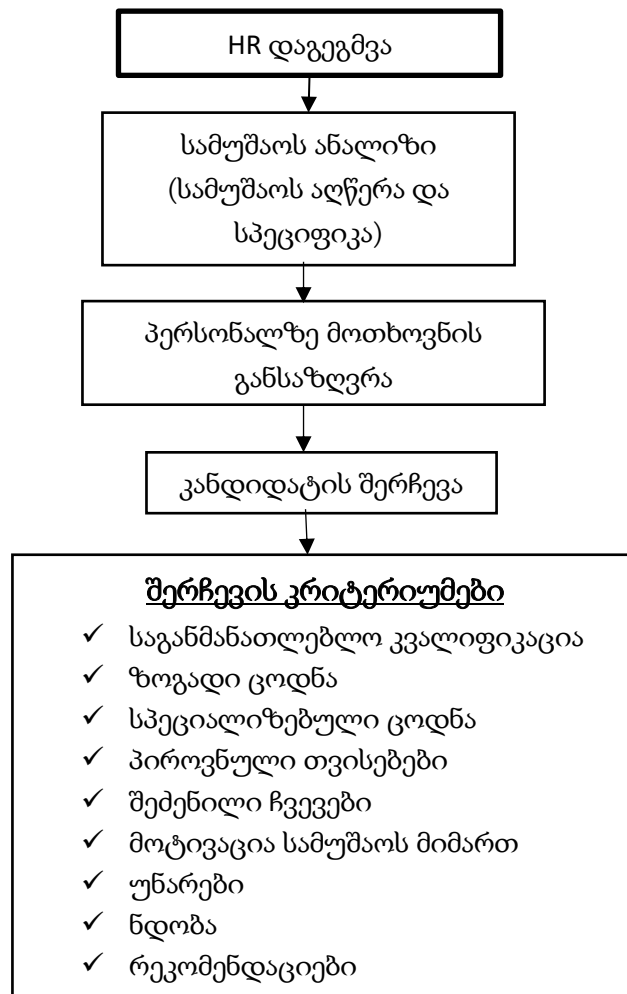
სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით დასაქმება შეიძლება რამდენიმე კრიტერიუმით განისაზღვროს: მოსახლეობის აქტივობა, შრომის საერთაშორისო ორგანიზაციების მუშაობა, დასაქმების დონე, უმუშევრობის დონე, აქტივობის დონე, დასაქმება.

ლიტერატურაში არსებობს მრავალი კვლევა, რომლის მიხედვითაც ხდება საგანმანათლებლო სისტემის ანალიზის შესწავლა, კერძოდ კი კურსდამთავრებულთა შედეგების შრომის ბაზარზე გადატანა. ასევე განათლების სისტემის განვითარების პერსპექტივებისა და შრომით ბაზარზე მისი ურთიერთქმედებების უზრუნველყოფა.

ნებისმიერი პირი წარმოადგენს კლიენტს, რომელიც გავლენას ახდენს პროდუქტის ან პროცესის შედეგზე, რომელიც წარმოშობს პროდუქტს. ხარისხის მართვის სისტემის მიზანია მომხმარებელთა კმაყოფილება, რომლის მიღწევა შესაძლებელია მომხმარებელთა მოთხოვნილებების დაკმაყოფილების სისტემატური მცდელობებით. მომსახურების ხარისხის შეფასება, შეფასების მეთოდები და საშუალებები განსხვავდება მომსახურების ტიპისა და მომხმარებელთა კონკრეტული მახასიათებლების მიხედვით.

ხარისხის გაუმჯობესებისა და შეფასებების რამდენიმე საერთაშორისო სტანდარტი არსებობს, თუმცა ერთ-ერთი საშუალება, რითაც შეიძლება გაუმჯობესდეს საგანმანათლებლო შედეგები არის დამსაქმებელთა სიღრმისეული ცოდნა უნივერსიტეტების ხარისხის განმსაზღვრელი ელემენტების შესახებ. ანუ

უნდა მოხდეს სასწავლო პროცესის ადაპტირება საბაზრო მოთხოვნებთან. ნახ. 2.1.1.-ზე მოცემულია დამსაქმებელთა ძირითადი მოთხოვნები კურსდამთავრებულთა მიმართ:



ნახ. 2.1.1 დამსაქმებლის მიერ პერსონალის განსაზღვრა და შერჩევა

როდესაც ყველა უნარის შეფასება ხდება დამსაქმებლის მიერ, მიღწეული შედეგების დონე გაცილებით მაღალია. განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება და ყურადღება ეთმობა უნარ-ჩვევებს, როგორცაა: დროულად დაგეგმვა და ორგანიზება, სამუშაოს ვადებში შესრულების უნარი, პასუხისმგებლობის აღება და ა.შ. ეს უნარ-ჩვევები ბაზარზე მოთხოვნის მიხედვით გვიჩვენებს, თუ რა დონეზეა კურსდამთავრებულთა ხარისხობრივი მაჩვენებელი. (ზაჰარი, 2011: 1-50).

საბოლოოდ უნდა ითქვას რომ დამსაქმებელთათვის საჭირო უნარ-ჩვევებიდან გამომდინარე, უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებმა უნდა დასახონ ისეთი სწავლისა და სწავლების პროცესის ორიენტაცია, რომელიც ეფექტური რეაგირების

საშუალებას მისცემს კურსდამთავრებულებს შრომის ბაზარზე. ამგვარად უმაღლესი განათლების ხარისხის მართვის სისტემის ამოცანაა, ხელი შეუწყოს ინფორმირებულობას მასწავლებლებთან, სტუდენტებთან, მენეჯმენტის წარმომადგენლებთან, დამკირავებელ კომპანიებთან.

საგანმანათლებლო დაწესებულებებისთვის, რომლებიც აქტიურად არიან ჩართულები განათლების რეფორმირების სისტემაში, მთავარია ხარისხის როლი და მნიშვნელობა. ასევე უნდა ითქვას, რომ საგანმანათლებლო დაწესებულებები, ამგვარი რეფორმების გატარების ფონზე არიან მუდმივად კონკურენციის გაზრდის პირობებში და იძულებულნი ხდებიან მუდმივად ადევნონ თვალი მათ ტრადიციულ მიდგომებს სასწავლო პროცესის მართვის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად. ბაზარზე კი ყოველთვის არსებობს მომხმარებელთა მოთხოვნები და უნდა მოხდეს ამ მოთხოვნების დაკმაყოფილება.

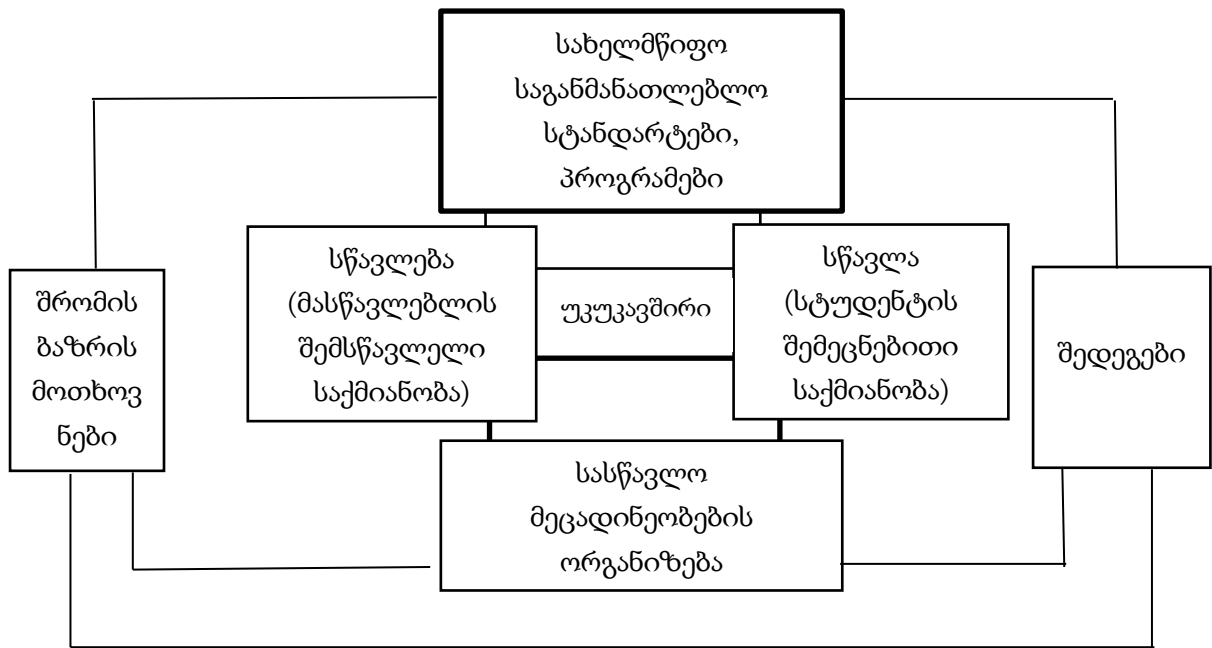
ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ სოციალურ-ეკონომიკური ვითარების ზრდის თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია კურსდამთავრებულთა შემოქმედებითი პოტენციალისა და კონკურენტუნარიანობის ზრდა, რომელიც მიიღწევა ფუნდამენტური ცვლილებების გატარებით განათლების სისტემაში. უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებში, სტუდენტების მომზადების ხარისხი, რომელიც უნივერსიტეტის დამთავრების შემდეგ მიღებული ცოდნისა და უნარების პირობებში დგინდება, მეტწილად განსაზღვრავს, უმაღლეს სასწავლებელში სტუდენტზე სწავლისთვის განხორციელებული ინვესტიციის პერიოდში ჩადებული ხარჯების ოდენობას. აქედან გამომდინარე, უნივერსიტეტებში გამოყოფილი დამატებითი რესურსები მიზნად უნდა ისახავდეს მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის გაუმჯობესებას, სასწავლო პროცესში ახალი სასწავლო პრაქტიკის დანერგვას, ხარისხის გაუმჯობესებასა და უმაღლესი განათლების სისტემის რესტრუქტურული-ზაციას, რაც საბოლოოდ მოგვცემს სამეცნიერო და ტექნოლოგიური პროგრესის ტემპთან შესაბამისობაში მყოფ სპეციალიზებული კადრების შექმნის საშუალებას. (ბრესფელინი..., 2010: 43-52).

## 2.2. სწავლა-სწავლების ხარისხის გაუმჯობესების ხელშეწყობა

ზოგადად განათლება და მათ შორის უმაღლესი განათლება ადამიანის შეცვლისა და აღზრდის, მისთვის ახალი თვისებებისა და ხარისხის მიცემის პროცესია. უმაღლესი განათლების ძირითადი ამოცანაა სპეციალისტების ფორმირება, რომლებიც საქმიანობის განსაზღვრულ სფეროში არამხოლოდ შეძლებენ შეიმუშაონ და გამოიყენონ შრომის მეთოდები და საშუალებები, არამედ იმოქმედებენ და გამოიყენებენ შეძენილ ცოდნას ახალ პირობებში - ბაზრის მოთხოვნების შესაბამისად.

სპეციალისტის კონკურენტუნარიანობა შრომის ბაზარზე განისაზღვრება ხარისხისა და მოთხოვნადობის შესაბამისად. სპეციალისტის ხარისხი დაკავშირებულია მის უნართან დააკმაყოფილოს შეთავაზებული მოთხოვნები. კონკურენციის კანონები მოითხოვს ბაზრის მოთხოვნებისადმი მაღალ ადაპტურობას და სპეციალისტის უწყვეტ სრულყოფას საქმიანობის სფეროში. ასეთ ახალ სპეციალისტებს უნდა ამზადებდეს უმაღლესი სასწავლო დაწესებულებები.

სტუდენტის სწავლება უნდა შეესაბამებოდეს შრომის ბაზარს. სასწავლო პროცესში უმთავრესია მასწავლებლისა და სტუდენტის ურთიერთკავშირი ანუ მასწავლებლის მხრიდან ეს გამოიხატება სწავლებაში ანუ შემსწავლელ საქმიანობაში, ხოლო სტუდენტის მხრიდან სწავლაში ანუ შემეცნებით საქმიანობაში. სწავლება შესაბამისობაში უნდა იყოს პროგრამებთან, სილაბუსებთან. ასეთი კავშირის არსებობას სასწავლო პროცესი და შესაბამისად უნივერსიტეტი მიჰყავს კარგ შედეგებამდე. ნახ. 2.2.1.-ზე წარმოდგენილია სტუდენტის სწავლების პროცესის სტრუქტურული სქემა:



ნახ. 2.2.1 სტუდენტის სწავლების პროცესის სტრუქტურული სქემა

გავანალიზოთ უმაღლეს სასწავლებელში საგანმანათლებლო საქმიანობის ხარისხის პრობლემები. სტუდენტი გარკვეული პერიოდის მანძილზე იმყოფება უმაღლეს სასწავლებელში, სადაც იგი მუდმივად შეიმეცნებს ხარისხის მართვისადმი დამოკიდებულებას. ამდენად იგი ამ პრინციპებს გადაიტანს სამუშაო ადგილზე.

განვიხილოთ პრობლემები, რომლებიც მიუთითებენ საგანმანათლებლო საქმიანობაში ხარისხის სფეროში პრობლემებს და ნაკლოვანებებს:

- საგამოცდო ვადების დარღვევა. ამის მიზეზი შეიძლება იყოს: დავალიანება, გამოცდაზე გამოუცხადებლობა, საკურსო პროექტის ჩაბარების ვადების დარღვევა;
- სტუდენტების მიერ მიღებული დაბალი შეფასებების მაღალი პროცენტული მაჩვენებელი, მაგალითად 50%-ზე მეტი, შესაბამისად მაღალი შეფასებების დაბალი პროცენტული მაჩვენებელი;
- ჩამოთვლილი ფაქტორების სტაბილურობა დროში ან მათი გაღრმავების ტენდენციების არსებობა;

ჩამოთვლილი ფაქტორები მოწმობს ხარისხის უზრუნველყოფის არსებული სისტემის დაბალ ეფექტურობაზე. ამას ემატება ისიც, რომ:

- ხარისხზე ყურადღების გამახვილება ხდება დამასრულებელ ეტაპზე, თუმცა ხარისხი დაკავშირებულია უფრო ადრეულ სტადიებთან: წინასწარი დაგეგმვა, შესრულების ორგანიზება, მოტივირება;
- სამუშაოთა შემსრულებლებს ხშირად სრულად არ ესმით, რა სჭირდება მომხმარებელს და რას ნიშნავს მისი დაკმაყოფილება მაღალი შედეგების მისაღწევად მუშაობასა და სწავლებაში. ასევე სრულყოფილად ვერ აღიქვამენ რა არის ხარისხი და როგორია მისი მნიშვნელობა წარმატების მისაღწევად;
- პედაგოგის დაბალი მოტივაცია სასწავლო კურსის სრულყოფასთან მიმართებით;
- ხარისხის ნაკლოვანებებზე მხოლოდ მაშინ ამახვილებენ ყურადღებას, როდესაც იგი ცხადი და აშკარა პრობლემა გახდება;
- როდესაც ხარისხი წინააღმდეგობაში მოდის დანახარჯებთან, მაშინ ჩვეულებრივ სწირავენ ხარისხს;
- მაღალი ხარისხი მოითხოვს მაღალ დანახარჯებს.

აღნიშნული გამოვლინებები მოწმობენ ხარისხის როლის არასწორად აღქმაში სასწავლო დაწესებულების გრძელვადიანი წარმატებების მიღწევაში. უმაღლესი სასწავლებლის ამოცანაა სტუდენტს არამხოლოდ მისცეს განათლება, არამედ გამოუმუშავოს: დავალებების მინიმალური დეფექტები, დროულად შესრულების უნარები, მუდმივად გაუმჯობესების, სრულყოფილების სურვილი.

განათლების ხარისხისადმი თანამედროვე მოთხოვნების გაუთვინციობიერება უმაღლესი სასწავლებლის ერთიანი პრობლემაა, სადაც მოიაზრება ყველა რგოლი: ხელმძღვანელობა, პედაგოგები, თანამშრომლები და სტუდენტები.

სამართლიანად მიგვაჩნია შემდეგი განმარტება, რომ განათლების მაღალი ხარისხი არის:

- საგანმანათლებლო პროგრამების შინაარსის შესაბამისობა დამკვეთის მოთხოვნებთან და საგანმანათლებლო სტანდარტებთან;
- დაინტერესებული მხარეების მაღალ დონეზე დაკმაყოფილება საგანმანათლებლო მომსახურების ხარისხით;
- სასწავლო დაწესებულებების, პედაგოგებისა და თანამშრომლების მაღალ დონეზე დაინტერესება თავიანთი სამუშაოთი;

- დადებითი ზეგავლენა საზოგადოებაზე, მისი წევრების საერთო კულტურისა და განათლებულობის ამაღლება.

განათლების მაღალი ხარისხის მისაღწევად საჭიროა უმაღლეს სასწავლო დაწესებულებაში ხარისხის მართვის სისტემის შექმნა, რომელიც შეასრულებს სისტემატიზების ფუნქციას, როგორცაა:

- განათლების ხარისხის მართვის ცენტრის შექმნა;
- სხვადასხვა კატეგორიის პერსონალის სწავლების ორგანიზება ხარისხის უზრუნველყოფის სისტემაში მათი მომავალი როლის გათვალისწინებით;
- განათლების ხარისხის მართვის მრავალდონიანი სისტემის შემუშავება;
- მონიტორინგის მექანიზმების და სისტემის პროცესების შედეგიანობის კრიტერიუმების შემუშავება;
- მუშა ჯგუფის შექმნა და შიდა აუდიტის ჩატარება;
- თვითშეფასება ხარისხის მოდელების მიხედვით.

არანაკლებ მნიშვნელოვანია სწავლების ხარისხის გაუმჯობესების ხელშემწყობი ღონისძიებების განხორციელება:

- სწავლა-სწავლების ხარისხის ზრდა რეგულარული კონტროლის საფუძველზე;
- ცალკეული პროცესის გასაუმჯობესებლად შესაბამისი ტექნოლოგიის დანერგვა;
- ყველა დონეზე ორგანიზებული დისკუსიების გამართვა;
- სტრუქტურულ ერთეულებს შორის ტექნოლოგიური კავშირების დამყარება;
- ანალიტიკური ჯგუფის შექმნა და ანალიტიკური საქმიანობის წარმართვა;
- მასწავლებლის დადებითი გამოცდილების გამოვლენა და დემონსტრირება;
- ხარისხის მართვაში ყველა მონაწილის ჩართვა;
- პირობების შექმნა როგორც მმართველი, ასევე პედაგოგიური პერსონალის კვალიფიკაციის ასამაღლებლად;
- ხელმძღვანელები იყვნენ ლიდერები ხარისხის ამაღლებაში.

განხილულიდან გამომდინარე ხაზგასმით ჩანს, რამდენად ღირებულია უმაღლესი განათლების სფეროში ობიექტური და სარწმუნო ინფორმაცია, რომლის



მიღება შესაძლებელია სასწავლო პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე. საგანმანათლებლო სივრცეში, სასწავლო პროცესში თავს იყრის დიდი რაოდენობით ინფორმაცია, რაც მოითხოვს თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებას მონაცემების შეკრების, შენახვისა და ანალიზის მიზნით. მონაცემები, სასწავლო პროცესის შედეგებზე, საშუალებას მოგვცემს არამხოლოდ მოხდეს დროული კორექტირება, არამედ მოპოვებული ინფორმაცია გამოყენებულ იქნას ეფექტური გადაწყვეტილების მისაღებად. (მიქი., 2009: 41-75).

### **2.3. სასწავლო პროცესის მართვა, გადაწყვეტილების მიღების პროცესი**

მაღალი კონკურენციის პირობებში უნივერსიტეტებს აქვთ თანამედროვე საინფორმაციო და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების მხარდაჭერა. ისინი გეგმავენ გაცილებით პროფესიონალურად გამოიყენონ შეგროვებული მონაცემები, ქმნიან ინსტრუმენტებს მათ დასაგროვებლად და შემდგომ ეტაპზე მათ გამოსაყენებლად მმართველი გადაწყვეტილების მიღების მხარდაჭერისთვის. შეგროვებული მონაცემები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ანალიზის ჩასატარებლად, დიაგნოსტიკისთვის, ასევე გადაწყვეტილების მიღების პროცესში ვარიანტების განსაზღვრისთვის.

გადაწყვეტილების მიღების პროცესი უმაღლეს სასწავლო დაწესებულებაში უნდა იყოს წინასწარ დაგეგმილი და გადაწყდეს საიმედო და გამჭვირვალე ფორმით. სასწავლო დაწესებულების ხარისხის ამაღლების მიზნით, ხელმძღვანელებმა არსებული მდგომარეობის ანალიზიდან გამომდინარე უნდა მართონ სწავლებასთან დაკავშირებული საკითხები, დასახონ სამომავლო სტრატეგიები, რათა უფრო ეფექტიანი გახდეს ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების როლი დროული და ხარისხიანი გადაწყვეტილების მიღებისთვის.

პროფესორ-მასწავლებლების სამუშაო დატვირთვის მართვა მუდამ იყო რთული ამოცანა. მათი მუშაობა ავტონომიურია, ამიტომ არც თუ ისე მარტივია მისი ასახვა და განსაზღვრა. აღნიშნული სამუშაოს შესასრულებლად ხელმძღვანელებს მოეთხოვებათ გამიზნული, თანმიმდევრული და აბსოლუტური ინფორმაცია

პედაგოგებს შორის დატვირთვის განაწილების შესახებ. ინფორმაცია სასწავლო დატვირთვაზე ხშირად ნაწილდება სხვადასხვა დეპარტამენტებსა და საინფორმაციო სისტემებს შორის. ეს ინფორმაცია სრული სახითაც რომ იქნას გადაცემული, მაინც რთული იქნება მისი ანალიზი ისეთი სახით, რომ დაეხმაროს ადმინისტრაციას. ანალოგიურად შეიძლება ვთქვათ სტუდენტების შეფასებაზე ცალკეულ საგანში, ცალკეულ პედაგოგთან, რომლის აღრიცხვა ხდება საინფორმაციო მონიტორინგულ სისტემებში, მაგრამ მისი ასეთი სახით გამოყენება ანალიზისთვის ძალიან დიდ სირთულეებთან არის დაკავშირებული.

ინფორმაციული რესურსები ინახება საინფორმაციო სისტემებში, სადაც არის დაგროვილი მონაცემები სემესტრების მიხედვით. აღნიშნული მონაცემები მუშავდება ინტერაქტიულ რეჟიმში, სრულდება სხვადასხვა ტრანზაქციები, რათა შესრულდეს სხვადასხვა ამოცანები. დაგროვილი მონაცემებისა და სხვა ინფორმაციული რესურსების გამოყენებით შესაძლებელია გადაწყვეტილების მიღების პროცესის მართვა.

თანამედროვე საგანმანათლებლო დაწესებულებები ფუნქციონირებენ ტექნოლოგიური და ინფორმაციული რევოლუციის ეპოქაში, რომელიც ხასიათდება კონკურენტული გარემოს მიზანმიმართული და ფართომასშტაბიანი ცვლილებებით, ეკონომიკური დამოკიდებულებების დინამიკით. მართვის პრობლემის გამოკვლევის და მართვის სისტემის შექმნის ერთ-ერთი ეფექტური ინსტრუმენტია ანალიზის თანამედროვე ინსტრუმენტული საშუალებების გამოყენება. მიმდინარე პროცესების ასახვა აღნიშნული ინსტრუმენტების გამოყენებით შეიძლება გახდეს გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემის (გმმს) შექმნის საფუძველი, რომელიც ემსახურება მართვის ეფექტურობის ამაღლებას.

გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემები (გმმს) ცოდნაზე დაფუძნებული საინფორმაციო სისტემებია. ისინი აანალიზებენ და აკონტროლებენ ინფორმაციას, რომელმაც გავლენა უნდა მოახდინოს მომხმარებლის მიერ გადაცემული დავალების შესრულებაზე. გმმს მოიცავს ფართო განმარტებებს, მაგრამ ძირითადად მიიჩნევა, რომ მისი მიზანია გადაწყვეტილების მიღების პროცესის გამარტივება, ასევე პრობლემის იდენტიფიცირება და გადაჭრა. დღეისდღეობით

გმმს საკმაოდ კარგად ორგანიზებული ინსტრუმენტია ნებისმიერ გარემოებასთან სამუშაოდ, როდესაც სავალდებულოა გონიერი გადაწყვეტილების მიღება. გადაწყვეტილების მიღების ამოცანა მნიშვნელოვანია საგანმანათლებლო დაწესებულებაში, როდესაც საჭიროა მეტნაკლებად მისაღები არჩევანის გაკეთება მოქმედებების ალტერნატიულ ვარიანტებს შორის. გადაწყვეტილების მიღების პროცესის ცნებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს უმაღლესი განათლების ყველა მენეჯერისთვის, რადგანაც განათლების სექტორი წარმოადგენს გადაწყვეტილების მიღების სტრუქტურას, ხოლო თვით, გადაწყვეტილების მიღების პროცესი არის უწყვეტი. (შენგი..., 2013: 32-40).

მზარდი კონკურენციის პირობებში უნივერსიტეტები ცდილობენ შეიმუშაონ სტრატეგია და გამოიყენონ ახალი ინსტრუმენტები, რათა ხელი შეუწყონ სწავლის, სწავლებისა თუ კვლევითი საქმიანობების ხარისხის უზრუნველყოფას. საგანმანათლებლო სფეროში გადაწყვეტილების მიღების პროცესი მკაცრი მოთხოვნების წინაშე დგას, რაც მოითხოვს დიდი მოცულობის ინფორმაციისა და მონაცემების სწრაფად დამუშავებას. უნივერსიტეტებს უკვე დიდი ხანია აქვთ ფინანსური და ადმინისტრაციული მონაცემების რეტროსპექტული ანალიზი, თუმცა თანამედროვე უმაღლეს სასწავლებლებში საჭიროა სასწავლო პროცესის მიმდინარეობაზე სწორი გადაწყვეტილებების მიღება, რათა ხელი შეუწყონ ყველა მმართველობით დონეზე გადაწყვეტილების მიღების პროცესს.

თანამედროვე პერიოდში არასაკმარისად არის დამუშავებული ეფექტურად ფუნქციონირებადი გმმს უმაღლეს სასწავლო დაწესებულებაში, რამდენადაც გმმს კონსტრუქცია არსებითად დამოკიდებულია ამოცანის სახეობაზე, რომლის გადასაწყვეტადაც იგი მუშავდება, მისაწვდომ მონაცემებზე, ინფორმაციულ ტექნოლოგიებზე და ინფორმაციულ სისტემებზე, ინფორმაციაზე, ცოდნაზე და ასევე სისტემის მომხმარებლებზე. საჭიროა მართვის სისტემის სრულყოფა საგანმანათლებლო დაწესებულებაში, რომელიც მოითხოვს მართვისადმი კომპლექსურ მიდგომას და თანამედროვე ინსტრუმენტული საშუალებების და ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენებას. (ლი..., 2017: 452-453)

გმმს-ის დანერგვა უმაღლეს საგანმანათლებლო სფეროში გაზრდის აკადემიური მოსწრების ანალიზზე მოთხოვნას, რაც ეფექტური გადაწყვეტილებების მიღების მიზნით მოითხოვს მონაცემების უდანაკარგოდ შეგროვებაზე თვალყურის მიღევნებას. ეფექტური მართვის საინფორმაციო სისტემას საშუალება ექნება განახორციელოს:

- ზედამხედველობა არსებულ საქმიანობაზე (საგანმანათლებლო საქმიანობა, სასწავლო პროცესები, ადმინისტრაციული მომსახურების რესურსები, სტუდენტები, სილაბუსები, კურიკულუმები და ა.შ.);
- მონაცემების შეგროვება სწავლებისა და კვლევის პროცესებზე;
- ერთობლივი გარემოს შექმნა (მონიტორინგის საქმიანობის შედეგად დასახული მიზნების შესრულების შეფასება);
- უწყვეტი კავშირები მუდმივი განვითარებისთვის;
- მონაცემთა ანალიზის შედეგად, მნიშვნელოვანი ინფორმაციის წარმოდგენა, რათა მოხდეს შეფასება და ალტერნატიული გზების განხორციელება.

შეგროვებული მონაცემებით შესაძლოა მოვახდინოთ მაღალკვალიფიციური შეფასება, დიაგნოსტიკა, კვლევების შეფასება, სასწავლო პროცესის დაგეგმარება და გადაწყვეტილების მიღება. (სტავროპულოსი..., 2010: 1-6).

კვლევების აქტუალობა მეთოდოლოგიური თვალსაზრისით ეფუძნება ძირითადი მიმართულებების განსაზღვრასა და ეფექტური გმმს-ს ფორმირების მეთოდოლოგიის არჩევას საგანმანათლებლო დაწესებულების, როგორც მართვის სპეციფიური ობიექტის თავისებურებების გათვალისწინებით. არსებობს შეუსაბამობა უმაღლესი განათლების სფეროს პრიორიტეტულ როლსა და მისი მართვის თანამედროვე ტექნოლოგიების უკმარისობას შორის. მძაფრად დგას საგანმანათლებლო დაწესებულების მართვისადმი თანამედროვე მიდგომების ადაპტაციის საკითხი მოწინავე ქვეყნების მოთხოვნებთან შესაბამისად. ამდენად, კვლევის თემა ძალზედ აქტუალურია უმაღლესი განათლების სფეროს რეფორმების პერიოდში.

განათლებისა და კვლევის პოლიტიკის სფეროში არსებული საკვანძო გადაწყვეტილებების განსაზღვრა, უნივერსიტეტში არსებულ მართვის მოდელის

კომპეტენციაში შედის. ამგვარი მოდელების ტიპოლოგიის განსაზღვრა და მათი ძირითადი მახასიათებლების ანალიზი ხდება უნივერსიტეტის სტრატეგიის ერთ-ერთი ძირითადი ელემენტი, სასწავლო ბაზრის ქცევის განსაზღვრის შესწავლასთან ერთად. ეს აუცილებელია მართვის პოლიტიკის ეფექტურად ჩამოყალიბებისთვის. შეიძლება გამოყენებულ იქნას კომპონენტები, რომლებიც განსაზღვრავენ უნივერსიტეტის მართვის სტრუქტურას: რა არის გადაწყვეტილების მიღების მექანიზმი და რა შიდა და გარე ფაქტორები არსებობს გადაწყვეტილების მიღებისას? გარე ფაქტორების ევოლუცია აიძულებს უნივერსიტეტს შეცვალოს თავისი მიზნები და სტრატეგიები, რის საფუძველზეც იცვლება უნივერსიტეტის მართვის სტრუქტურა.

სულ რამდენიმე წელია შეიცვალა შიდა ფაქტორების მოდელი, ყველა წარმომადგენელი - მასწავლებლები, ადმინისტრაცია თუ სტუდენტები მონაწილეობენ მენეჯმენტში და გააჩნიათ მნიშვნელოვანი უფლებები და გადაწყვეტილებების მიღების შესაძლებლობა. ევროპული უნივერსიტეტების უმრავლეს მკვლევართა აზრით, პედაგოგების მონაწილეობისა და ჩართულობის ხარისხი ჩვეულებრივ იქ უფრო მაღალია სხვა ქვეყნებთან შედარებით. აქედან გამომდინარე მენეჯმენტის პროცესის სრულყოფისთვის მნიშვნელოვანია მასწავლებლების შეხედულებების გათვალისწინება და მუდმივი ჩართულობა მართვის საკითხებში. (ფონია, 2001: 32-34).

შეიძლება ითქვას, რომ საბაზრო ეკონომიკაში უნივერსიტეტების კონკურენტუნარიანი გარემო მოითხოვს უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებმა გააუმჯობესონ თავიანთი მმართველობითი ორგანო, რაც შესაძლებელია მმართველი გადაწყვეტილების ხარისხის გაუმჯობესებით. დაწესებულების მართვის ნებისმიერ დონეზე დგას გადაწყვეტილების მიღების აუცილებლობა - აირჩეს შემოთავაზებული ალტერნატივიდან ერთ-ერთი და ის უნდა ემსახურებოდეს მის განვითარებას.

უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებში გადაწყვეტილების მიღების სირთულე გამოწვეულია მრავალი ფაქტორით. უნივერსიტეტის საქმიანობის შეფასებისას მნიშვნელოვანი არ არის მხოლოდ ეკონომიკური განვითარების

ფაქტორები, ან მაქსიმალური მოგების უზრუნველყოფა, არამედ ყველაზე მნიშვნელოვანია სოციალური ვალდებულებების შესრულების აუცილებლობა.

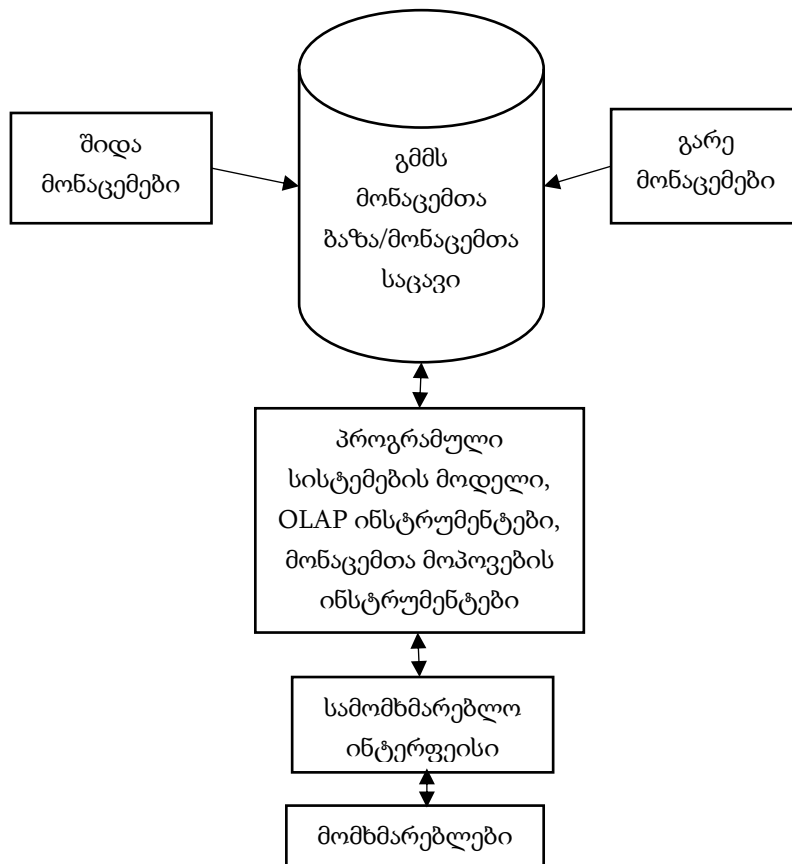
ზოგადად მართვის გადაწყვეტილების მიღების მოდელი დასაწყისში შეიცავს მარკეტინგული თავისებურებებისა და გადაწყვეტილების მიღების დაწყებამდე არსებული პრობლემების მახასიათებლებს, საბოლოოდ კი მიღებული გადაწყვეტილება, რომელიც გამოითვლება რაოდენობრივად ან ხარისხობრივად, მოიცავს განხორციელების ალბათობასა და გარკვეულ რისკებს, დაგეგმილი შედეგის მისაღწევად.

რაც შეეხება გარე ფაქტორებს, სისტემის გარე გარემოს ფაქტორები მოიცავს რეგიონის ინფრასტრუქტურას, რაც ნაწილობრივ გავლენას ახდენს მართვის გადაწყვეტილების ხარისხზე. ეს ფაქტორებია: საერთაშორისო ინტეგრაცია, ქვეყანაში არსებული პოლიტიკური ვითარება, ეკონომიკა, სოციალურ-დემოგრაფიული მდგომარეობა, სატრანსპორტო, საკომუნიკაციო, საბაზრო და კიდევ სხვა ფაქტორები, რომლებიც დამახასიათებელია უნივერსიტეტის სპეციფიური ურთიერთობებისთვის საგანმანათლებლო დაწესებულებებთან, ორგანიზაციებთან, კონკურენტებთან და ა.შ.

გადაწყვეტილების მიღების პროცესი მოიცავს შემდეგ ფაქტორებს: სამუშაოების მომზადება, ინფორმაციის მოძიება და დამუშავება, პრობლემების იდენტიფიცირება და მათი გადაჭრის გზების ძიება, საჭირო დოკუმენტაციის შედგენა და საბოლოოდ დავალების შესრულება. (ფეიქინი, 2015: 32-39).

გამოკვლევის პრობლემატიკა იძენს განსაკუთრებულ აქტუალობას პრაქტიკული თვალსაზრისით. როგორც წესი, გმმს ავტომატიზებული საინფორმაციო სისტემა ან კომპიუტერული პროგრამაა, რომელიც ახდენს ადამიანის აზროვნების სიმულაციას განსაზღვრულ სფეროში, რომლის შექმნა და გამოყენება მოითხოვს მაღალკვალიფიციური სპეციალისტებისა და დანახარჯების მოზიდვას. რაც შეეხება ოპტიმიზაციის მათემატიკური მეთოდების რეალურ სისტემურ გამოყენებას, უმაღლესი სასწავლო დაწესებულების სპეციფიკიდან გამომდინარე, ფაქტობრივად შეუძლებელია, უკეთეს შემთხვევაში ერთჯერადია და ეპიზოდური. ამიტომაც შეიქმნა მდგომარეობა, როდესაც მოუხერხებელია ხელით გამოთვლები და საჭიროა თანამედროვე ინსტრუმენტული საშუალებების გამოყენება. ნახ.2.3.1.-ზე მოცემულია

სასწავლო პროცესში გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემის არქიტექტურა:



ნახ. 2.3.1 სასწავლო პროცესის გმმს

როდესაც ხდება უნივერსიტეტის რესტრუქტურირების პრობლემის გადაჭრის გზების ძიება, გადაწყვეტილების მიღებისას გათვალისწინებულ უნდა იქნას შემდეგი საკითხები:

- საზოგადოების მოთხოვნების დაკმაყოფილება;
- სპეციალისტების მოთხოვნების დაკმაყოფილება;
- რესურსით სარგებლობის ხარისხის გაუმჯობესება (პერსონალი, მატერიალური, ფინანსური);
- სახელმწიფო ორგანოების მარეგულირებელი მოთხოვნების დაცვა.

ამგვარად, მენეჯერმა უნდა გაითვალისწინოს რამდენიმე კრიტერიუმის შესრულების აუცილებლობა, გადაწყვეტილების ალტერნატივების შერჩევას. შეიძლება საჭირო გახდეს დოკუმენტების, გეგმების, ანგარიშების, გრაფიკებისა და სხვა ინფორმაციული პროცესებისა და მასთან დაკავშირებული მონაცემთა

ნაკადების მოძიება და დამუშავება, რომელიც წარმოადგენს გადაწყვეტილების მიღების რთულ პროცესს. ამავდროულად, დაგროვილი ინფორმაცია მნიშვნელოვანია დაწესებულებისთვის, სადაც უმთავრესია „ცოდნის მიღება“ და არის მისი ეფექტური მართვის აუცილებელი ელემენტი.

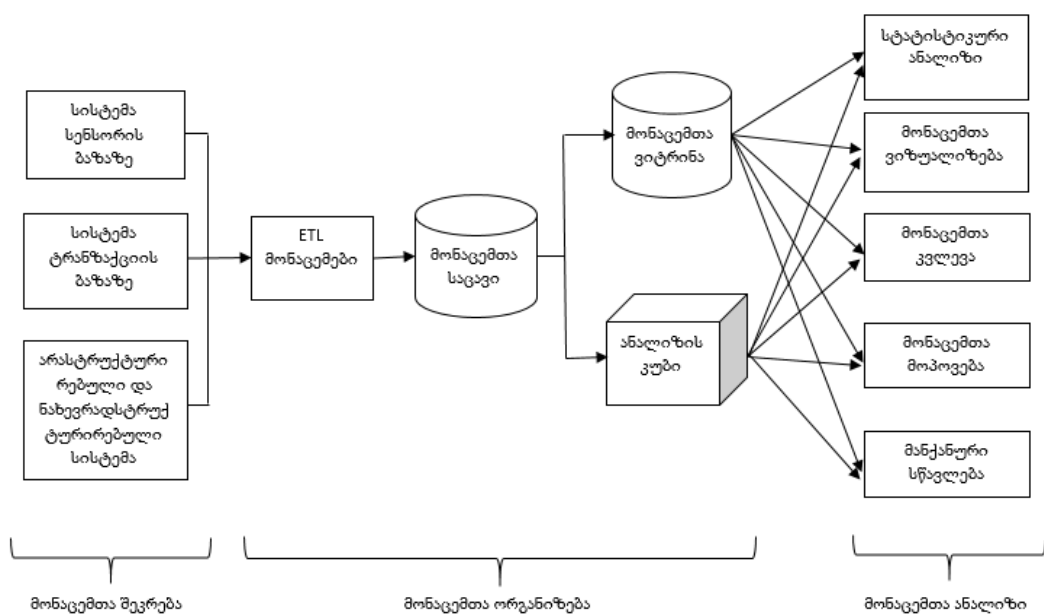
უნივერსიტეტის საქმიანობაში უნდა გამოიყოს მართვის ძირითადი და დამხმარე პროცესები:

- საგანმანათლებლო მომსახურების ბაზრის შესწავლა (სფეროების სპეციალისტების საჭიროებების ანალიზი, საგანმანათლებლო მომსახურების მომხმარებელთა მოთხოვნების ანალიზი);
- საგანმანათლებლო სამუშაოების დაგეგმვა და დიზაინი (კურიკულუმის განვითარება, დეპარტამენტების გეგმები, სამუშაო პროგრამები და ა.შ.);
- სამეცნიერო ნაშრომის დაგეგმვა და დიზაინი (უნივერსიტეტის სამეცნიერო მუშაობის გეგმები, დეპარტამენტები, მასწავლებლები, აგრეთვე მათი განხორციელებისა და კონტროლის გრაფიკები);
- საგანმანათლებლო პროცესის განხორციელება (სტუდენტთა ჯგუფების სამუშაო გრაფიკების შექმნა, გრაფიკის შემუშავება და ა.შ.);
- საგანმანათლებლო და სამეცნიერო პროცესების მონიტორინგი;
- მონაცემთა ანალიზი;
- პერსონალის მართვა;
- დოკუმენტების მართვა;
- ინფრასტრუქტურის მართვა და ეკონომიკური ნაწილი;
- საბუღალტრო და ფინანსური აღრიცხვის მართვა.

უნივერსიტეტში საგანმანათლებლო პროცესის მართვის სისტემის ფუნქციონირების ძირითადი მიზანია განათლების ხარისხის ზრდა და განვითარება, სტუდენტთა ცოდნის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი დონის უწყვეტი მონიტორინგის ობიექტური შედეგების საფუძველზე. მონიტორინგის შედეგად მიღებული მონაცემების საფუძველზე უნდა ჩატარდეს მონაცემთა ანალიზი, რომლისთვისაც მიზანშეწონილია მონაცემთა საცავისა და OLAP ტექნოლოგიის გამოყენება. (აპო, 2017: 1-55).

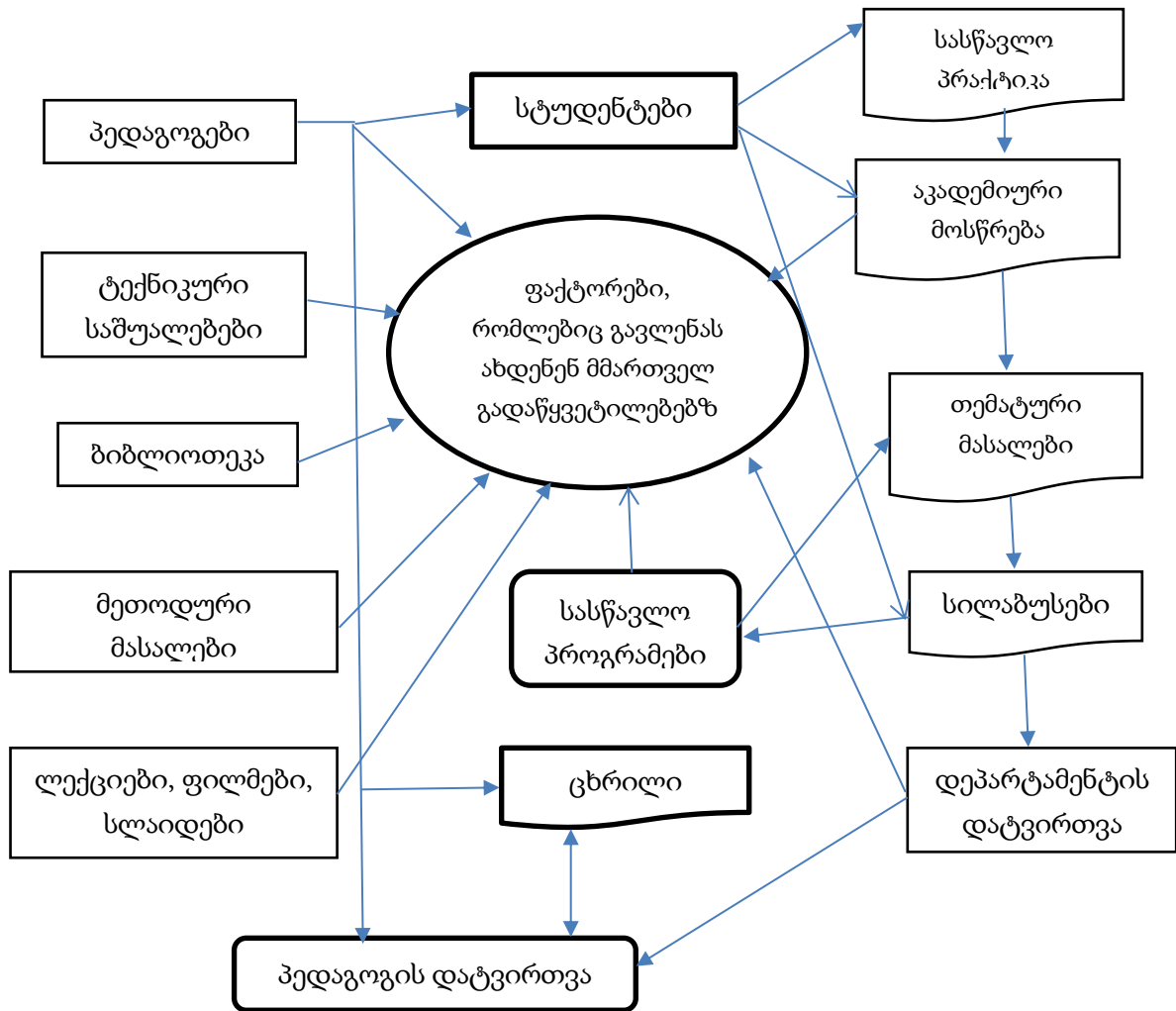


ნახ.2.3.2.-ზე წარმოდგენილია მონაცემთა საცავის შექმნისა და ფუნქციონირების სქემა. რომელიც შედგება სამი ძირითადი ბლოკისგან: მონაცემთა შეკრება, მონაცემთა ორგანიზება და მონაცემთა ანალიზი. ინფორმაციის შეგროვება და შენახვა, აგრეთვე ინფორმაციულ-საძიებო მოთხოვნათა ამოცანის გადაწყვეტა ეფექტურად რეალიზდება მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემის საშუალებებით. გადაწყვეტილების მიღების მიზნით ინფორმაციის წარმოსადგენად გვიხდება მონაცემების შეგროვება განსხვავებული სტრუქტურისა და შინაარსის რამდენიმე ტრანზაკციული მონაცემთა ბაზიდან. ძირითადი პრობლემა ამ დროს მდგომარეობს ბაზა-წყაროების შეუთანხმებლობასა და წინააღმდეგობაში. ანუ არ არსებობს ერთიანი ლოგიკური ხედვა კორპორაციულ მონაცემებზე. ამდენად შენახვის ქვესისტემის რეალიზების მიზნით OLTP და გმმს-ის ერთ სისტემად გაერთიანებისთვის გამოიყენება მონაცემთა საცავები. გმმს-ის საბოლოო მომხმარებლებს სჭირდებათ მეტამონაცემები, რომლებიც აღწერენ მონაცემთა საცავში შენახული მონაცემების სტრუქტურას და ასევე, მათი ვიზუალიზების ინსტრუმენტები. დანახარჯების შემცირება მონაცემთა საცავების დაპროექტებასა და დამუშავებაზე შეიძლება მიღწეულ იქნას მონაცემთა ვიტრინების შემნის გზით, რომლებიც შეიცავს თემატურად გაერთიანებულ მონაცემებს. OLAP კუბი საშუალებას გვაძლევს ჩავატაროთ მონაცემთა ვიზუალიზება, სტატისტიკური ანალიზი, მონაცემთა კვლევა. (გეზალი, 2015: 8525-8531); (ჯანელიძე..., 2018: 6-7).



ნახ. 2.3.2 მონაცემთა საცავის შექმნა და გამოყენება

ამდენად, უმაღლეს სასწავლებელში სასწავლო პროცესის მართვის სისტემის ფუნქციონირების მთავარ მიზნად რჩება განათლების დონის ამაღლება სტუდენტების ცოდნის უწყვეტი მონიტორინგის შედეგად მიღებული მონაცემების კონტროლით, ანალიზით და მიღებული მმართველი გადაწყვეტილების კორექტირებით. ნახ.2.3.3.-ზე წარმოდგენილია ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ მმართველ გადაწყვეტილებებზე: (სინაგა..., 2017: 1-7).



ნახ.2.3.3 მმართველ გადაწყვეტილებაზე ზემოქმედი ფაქტორები

როგორც ნახაზიდან ჩანს სასწავლო პროცესის ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით მმართველი გადაწყვეტილებების მიღებაზე მრავალი ფაქტორი ახდენს ზეგავლენას, მაგრამ აქ შეიძლება გამოვკვეთოთ ორი ძირითადი ამოცანა: აკადემიური დატვირთვა და აკადემიური მოსწრება, რომელთა მონაცემების ანალიზს აქვს მნიშვნელოვანი როლი მმართველი გადაწყვეტილების მისაღებად. (ბერიძე, 2019: 34-38).

## 2.4. უმაღლესი სასწავლებლების ინფორმაციული უსაფრთხოების უზრუნველყოფა

უმაღლესი სასწავლებლები ფლობენ მონაცემთა უზარმაზარ ბანკს, რომელიც შეიცავს სხვადასხვა ხასიათის ინფორმაციას. ეს არ არის მხოლოდ სასწავლო მეთოდური სახელმძღვანელოები, არამედ მნიშვნელოვანი საპროექტო-კვლევითი ნამუშევრები.

კიბერუსაფრთხოების დარღვევის ინციდენტები შეიძლება ძვირი გაკვეთილი აღმოჩნდეს უმაღლესი სასწავლო დაწესებულებებისთვის. საერთაშორისო მონაცემებით საგანმანათლებლო სექტორში შეინიშნება თავდასხმების ზრდის ტენდენცია, რაც გაცილებით აჭარბებს ჯანმრთელობის დაცვისა და ბიზნესის სექტორს.

უნივერსიტეტები კიბერთავდასხმების სამიზნედ იქცა მთელი რიგი მიზეზების გამო, მათ შორის უმთავრესია, რომ იგი წარმოადგენს კრიტიკული ინფორმაციის უნივერსალურ საწყობს, დაწყებული სამედიცინო, ფინანსური ბარათებიდან დამთავრებული ღირებული გამოკვლევებითა და ინტელექტუალური საკუთრებებით. აღნიშნული ფაქტორები შიდა უსაფრთხოების სპეციალისტების ნაკლებობასთან ერთად ქმნის ფაქტორს რათა კოლეჯები და უნივერსიტეტები გახდნენ ბოროტმზრახველის სამიზნე.

უმაღლესი სასწავლო დაწესებულებები ახალისებენ აზრისა და გამოხატვის თავისუფლებას. აქედან გამომდინარე სტუდენტებს აქვთ ინფორმაციულ რესურსებზე წვდომის ნაკლებად მკაცრი კონტროლი სხვა დარგებთან შედარებით. ერთის მხრივ საჭიროა, რომ სტუდენტებსა და თანამშრომლებს ჰქონდეთ საჭირო რესურსებზე მარტივად წვდომის საშუალება და მეორეს მხრივ ინფორმაცია დაცული იქნას ჰაკერების შემოტევებისგან. მნიშვნელოვანია ბალანსის დამყარება საჭიროებასა და დამტაცებლებისგან მონაცემთა დაცვის აუცილებლობას შორის.

განათლების სტატისტიკის ცენტრის ინფორმაციით სასწავლო დაწესებულებებში სტუდენტების რაოდენობა 2012 წლიდან ამერიკის შეერთებულ შტატებში გაიზარდა დაახლოებით 13%-ით. სწორედ ამის გამო წვდომის კონტროლსა და მიმღები წერტილების უსაფრთხოებას აქვს გადაწყვეტი მნიშვნელობა. აღნიშნული

საკითხები მეტად აქტუალურია და მოითხოვს აქტიურად გადაწყვეტას. ყოველდღიურად სტუდენტები, მასწავლებლები, კონტრაქტორები, მკვლევარები იღებენ წვდომას კომპიუტერულ ქსელებზე სხვადასხვა პერსონალური კომპიუტერებიდან, მოწყობილობებიდან, ოპერაციული სისტემებიდან, დანართებიდან, რაც ზრდის ტრაფიკს და შესაბამისად, თავდასხმების საშიშროებას ქსელებზე.

გლობალური სახელმწიფო ინფორმაციული უსაფრთხოების კვლევა 2016 იუწყება, რომ გამოკითხვების მიხედვით ჩრდილოეთ ამერიკის უმაღლეს სასწავლო დაწესებულებების 54%-ს აქვს უსაფრთხოების საერთო სტრატეგია, რაც მოითხოვს მიზანმიმართულ, უნიფიცირებულ და კომპლექსურ მიდგომას უსაფრთხოებისადმი.

ინფორმაციული უსაფრთხოების ეფექტური პროგრამა ითვალისწინებს აღმრული საფრთხეთაგან ორგანიზაციის დაცვას ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებით და მრავალრიცხოვანი უფლებებისა და წესების დაცვით.

მაღალი ტექნოლოგიების სფეროში დანაშაულებების ზრდა სასწავლო დაწესებულებებს კარნახობს თავის მოთხოვნებს გამოთვლითი ქსელების რესურსების დაცვაში და სვამს საკუთარი უსაფრთხოების ინტეგრირებული სისტემის აგების ამოცანას. მისი გადაწყვეტა ითვალისწინებს ნორმატიული-უფლებრივი ბაზის არსებობას, უსაფრთხოების კონცეფციის ფორმირებას, ღონისძიებების, გეგმებისა და პროცედურების დამუშავებას უსაფრთხო მუშაობისთვის სასწავლო დაწესებულების ჩარჩოებში. ყოველივე აღნიშნული განსაზღვრავს ინფორმაციული უსაფრთხოების ერთიან პოლიტიკას უმაღლეს სასწავლებლებში.

საგანმანათლებლო სისტემაში ინფორმაციის დაცვის სპეციფიკა მდგომარეობს იმაში, რომ უმაღლესი სასწავლო დაწესებულებები არის პუბლიკური ორგანიზაცია ცვალებადი აუდიტორიით. შეიძლება ითქვას, რომ ეს არის „დამწყები კიბერდამნაშავეების“ მაღალი აქტიურობის ადგილი. პოტენციური დამრღვევების ძირითად ჯგუფს წარმოადგენენ სტუდენტები, რომელთაგან ზოგიერთი გამოირჩევა კომპიუტერის ცოდნის მაღალი დონით. ასაკი 18-დან 23 წლამდე და ახალგაზრდული მაქსიმალიზმი აძლევთ სტიმულს, რათა თავი გამოიჩინონ ცოდნით თავიანთი თანაკურსელების წინაშე. მათ შეუძლიათ ჩაიდინონ ზიანისმომტანი

ქმედებები: მოაწყონ ვირუსული ეპიდემია, მიიღონ ადმინისტრაციული წვდომა და შეიტანონ მონაცემთა ბაზაში ცვლილებები, დაბლოკონ ქსელზე წვდომა. საკმარისია გავიხსენოთ, რომ პირველი კომპიუტერული უფლებადარღვევები წარმოიშვა სწორედ უმაღლეს სასწავლებელში. *Morris worm* ვირუსი გაშვებულ იქნა მასაჩუსეტის ტექნოლოგიურ ინსტიტუტში, რომელსაც ეწოდა ავტორის სახელი და მისგან მიყენებულმა ზარალმა შეადგინა 96,5 მილიონი დოლარი.

სტუდენტებს აქვთ წვდომა კომპიუტერულ კლასებში, საიდანაც მოდის შინაგანი საფრთხე. სტუდენტთა და მასწავლებელთა მუშაობა ასეთ კლასებში უნდა განისაზღვროს სპეციალური ბრძანებით. შიდა ქსელით ზიანისმომტანი ინფორმაციის შეტანის თავიდან ასაცილებლად სასურველია, რათა კომპიუტერებში არ იყოს დისკ-დრაივები და გათიშული იყოს USB-პორტები.

საგანმანათლებლო დაწესებულებების კომპიუტერული ქსელები არის სასწავლო საქმიანობისთვის გათვალისწინებული ქსელური რესურსების, პერსონალის მუშა სადგურების, ქსელის ფუნქციონირების მოწყობილობების ერთობლიობა. ინფორმაციის შესაძლო საფრთხეების წყაროებს წარმოადგენს:

- კომპიუტერიზებული სასწავლო კლასები;
- ინტერნეტი;
- მუშა სადგურები, ინფორმაციული უსაფრთხოების სფეროში არაკვალიფიცირებული თანამშრომლებით;

ინფორმაციული რისკების ანალიზი შეიძლება დაგყოს შემდეგ ეტაპებად:

- ობიექტების კლასიფიკაცია, რომლებიც ექვემდებარებიან დაცვას პრიორიტეტების მიხედვით;
- გამტეხებისთვის მიმზიდველი დასაცავი ობიექტების განსაზღვრა;
- შესაძლო საფრთხეების და ობიექტებზე შესაძლო წვდომის არხების განსაზღვრა;
- უსაფრთხოების არსებული ზომების შეფასება;
- მოწყვლადობის და მისი ლიკვიდაციის ხერხების განსაზღვრა;
- საფრთხეების რანჟირებული სიის შედგენა;
- არასანქცირებული წვდომისგან, მომსახურეობის მტყუნებაზე თავდასხმისგან, მოწყობილობის მუშაობაში ჩავარდნებისგან მიღებული ზარალის შეფასება;

განვიხილოთ ძირითადი ობიექტები, რომლებიც საჭიროებენ დაცვას არასანქცირებული წვდომისგან:

- საბუღალტრო დოკუმენტები, ფინანსური ქვედანაყოფის მონაცემები, სტატისტიკური და არქივული მონაცემები;
- მონაცემთა ბაზის სერვერები;
- სააღრიცხვო ჩანაწერების მართვის კონსოლი;
- www/ftp სერვერები;
- ლოკალური გამოთვლითი ქსელები და კვლევითი პროექტების სერვერები.

## **2.5. რეკომენდაციები ინფორმაციული უსაფრთხოების უზრუნველყოფაში**

რეკომენდაციებში გათვალისწინებულია მითითებების ნაკრები, რომელიც უზრუნველყოფს უსაფრთხოების მოთხოვნილ დონეს. რეკომენდაციები არის მითითებათა კომბინაცია, რომელთა ეფექტურობა დადასტურებულია მათი სხვადასხვა სასწავლო დაწესებულებაში გამოყენებისას. რა თქმა უნდა ყველა მითითება არ არის გამოსადეგი კონკრეტული სასწავლო დაწესებულებისთვის, ზოგიერთში საჭიროა დამატებითი პოლიტიკისა და პროცედურების შემუშავება.

### *ადმინისტრაციული უსაფრთხოება*

ადმინისტრაციული უსაფრთხოების რეკომენდაციები არის ის გადაწყვეტა, რომელიც შეესაბამება პოლიტიკას და პროცედურებს, რესურსებს, პასუხისმგებლობის ხარისხს, პერსონალის სწავლების მოთხოვნებს, კრიტიკული სიტუაციებიდან გამოსვლის გეგმებს.

უსაფრთხოების პოლიტიკა განსაზღვრავს მეთოდს, რომლის თანახმად უზრუნველყოფილი ხდება უსაფრთხოება ორგანიზაციის შიგნით. პოლიტიკის განსაზღვრის შემდეგ გათვალისწინებულია, რომ უმაღლესი სასწავლებლების თანამშრომლები პასუხისმგებლები არიან მის დაცვაზე. რასაკვირველია სრული დაცვა ყოველთვის ვერ მოხერხდება. ზოგიერთ შემთხვევაში პოლიტიკა შეიძლება დაირღვეს ორგანიზაციის საქმიან ურთიერთობებთან დაკავშირებით. არის

შემთხვევები, როდესაც პოლიტიკის იგნორირება განპირობებულია მისი შესრულების სირთულით.

### *პოლიტიკა და პროცედურები*

რეკომენდაციების სახით შეიძლება განვიხილოთ შემდეგი პოლიტიკა:

- ინფორმაციული პოლიტიკა განსაზღვრავს ინფორმაციის გასაიდუმლოვების ხარისხს ორგანიზაციის შიგნით და ამ ინფორმაციის შენახვასთან, გადაცემასთან და მართვასთან დაკავშირებულ მოთხოვნებს;
- უსაფრთხოების პოლიტიკა განსაზღვრავს უსაფრთხოების აწყობისა და მართვის ტექნიკურ საშუალებებს;
- გამოყენების პოლიტიკა განსაზღვრავს კომპიუტერული სისტემების გამოყენების დასაშვებ დონეს და საჯარიმო სანქციებს, რომლებიც გათვალისწინებულია აღნიშნულის არამიზნობრივი გამოყენებისას. ეს პოლიტიკა განსაზღვრავს ასევე, ორგანიზაციაში პროგრამული უზრუნველყოფის დაყენების მისაღებ მეთოდს.

სარეზერვო ასლების პოლიტიკა განსაზღვრავს მონაცემების სარეზერვო ასლების შექმნის პერიოდულობას, ასევე, სარეზერვო მონაცემების ცალკე საცავებში გადაადგილებებზე მოთხოვნებს. პოლიტიკა არ არის ამომწურავი დაწესებულების უსაფრთხოების უზრუნველყოფისთვის. უნდა განისაზღვროს პროცედურები, რომლის თანახმადაც თანამშრომლებმა უნდა შეასრულონ განსაზღვრული დავალებები და რომლებიც განსაზღვრავენ შემდგომ ნაბიჯებს სხვადასხვა სიტუაციის დამუშავებაში, უსაფრთხოების თვალსაზრისით. დაწესებულების შიგნით შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი პროცედურები:

- მომხმარებლების მართვის პროცედურა განსაზღვრავს ვინ უნდა განახორციელოს ავტორიზებული წვდომა სასწავლო დაწესებულების ამა თუ იმ კომპიუტერზე, ადმინისტრატორებმა მომხმარებლებს რა სახის ინფორმაცია უნდა წარუდგინონ. ასევე აღნიშნული პროცედურა განსაზღვრავს თუ ვის ეკისრება პასუხისმგებლობა ადმინისტრატორის ინფორმირებაში იმის თაობაზე, რომ თანამშრომელს აღარ მოეთხოვება სააღრიცხვო ჩანაწერების გაკეთება. სააღრიცხვო ჩანაწერების გაუქმება მნიშვნელოვანია იმ თვალსაზრისით, რომ დაწესებულების სისტემებზე

და ქსელებზე წვდომა ჰქონდეთ მხოლოდ შესაბამისი საქმიანი მოთხოვნილებების მქონე პირებს;

- სისტემური ადმინისტრატორის პროცედურები აღწერს დროის მოცემულ მომენტში თუ რა სახით მიიღება უსაფრთხოების პოლიტიკა სხვადასხვა სისტემაზე. ეს პროცედურა ზედმიწევნით განსაზღვრავს რა სახით უნდა განხორციელდეს განახლებები და მათი დაყენება სისტემებზე;
- კონფიგურაციის მართვის პოლიტიკა განსაზღვრავს ფუნქციონირებად სისტემებში ცვლილებათა შეტანის მოქმედებებს. ცვლილებები შეიძლება მოიცავდეს პროგრამული და აპარატურული უზრუნველყოფის განახლებას, ახალი სისტემების მიერთებას და არასაჭირო სისტემების ამოგდებას.

### *კრიტიკული სიტუაციებიდან გამოსვლის გეგმები*

ინციდენტის შედეგად მიყენებული ზარალის სწრაფად შემცირების მიზნით საჭიროა ფორმირებულ იქნას კრიტიკული სიტუაციებიდან გამოსვლის გეგმები.

#### *ინციდენტების დამუშავება*

მნიშვნელოვანია ინციდენტების დამუშავების პროცედურების არსებობა. დეტალურად უნდა განისაზღვროს ვის ეკისრება პასუხისმგებლობა ინციდენტების დამუშავებაზე.

რეკომენდაციებში ნაჩვენებია, რომ პერიოდულად უნდა მოხდეს ინციდენტების დამუშავების პროცედურების ტესტირება. საწყისი ტესტები უნდა შეიქმნას წინასწარ, რომელიც უნდა წარმოდგინდეს ფორუმში თანამშრომლების ერთობლივი დიალოგით და თავიანთი აზრის გამოთქმით იმის შესახებ, თუ როგორი სახით უნდა დამუშავდეს ესა თუ ის ინციდენტი. დამატებითი ტესტირება უნდა ჩატარდეს ისეთი სახით, რომ მოულოდნელი ხდომილებები სიმულაციას უკეთებდეს ბოროტმზრახველის რეალურ შემოჭრას.

#### *სარეზერვო ასლები და მონაცემების არქივაცია*

სარეზერვო ასლების გაკეთება უნდა გამომდინარეობდეს სარეზერვო ასლების პოლიტიკიდან. პროცედურები განსაზღვრავენ სარეზერვო ასლების შესრულების დროს და უჩვენებენ ნაბიჯებს, რომლებიც უნდა შესრულდეს მონაცემების რეზერვირებისას და მათ უსაფრთხო შენახვისას. თუ დაწესებულებაში ასეთი



პროცედურები არ არსებობს, მაშინ იქმნება თანამშრომლების მიერ სარეზერვო ასლების გაკეთების პოლიტიკის არასწორი ინტერპრეტაციის საფრთხე. ამ შემთხვევაში შესაძლოა სიტუაციები, როცა სარეზერვო მატარებლები არ იქნება დროულად გამორთული საიტიდან ან მონაცემების აღდგენა შესრულდება არაკორექტულად.

#### *აღდგენა შეფერხების შემდეგ*

შეფერხების შემდეგ აღდგენის გეგმები დეტალურად აღწერენ რომელი გამოთვლითი რესურსები არის დაწესებულებაში მეტნაკლებად კრიტიკული. აღნიშნული გეგმების დახმარებით ფორმირდება კონკრეტული მოთხოვნები ამ რესურსების შრომისუნარიან მდგომარეობაში დასაბრუნებლად.

საჭიროა ისეთი გეგმების არსებობა, რომელიც ითვალისწინებს სხვადასხვა არასასურველი სიტუაციიდან გამოსვლას. გარდა ამისა, აღდგენის სცენარი უნდა მოიცავდეს ინფრასტრუქტურის გასაღებურ კომპონენტებს, როგორცაა კავშირის არხები და მოწყობილობები.

შეფერხების შემდეგ აღდგენის ნებისმიერ გეგმას სჭირდება პერიოდული ტესტირება. უკიდურეს შემთხვევაში წელიწადში ერთხელ უნდა ჩატარდეს სრული ტესტირება.

#### *უსაფრთხოების პროექტების გეგმები*

რამდენადაც უსაფრთხოების უზრუნველყოფა არის უწყვეტი პროცესი, ინფორმაციის უსაფრთხოება უნდა იქნას განხილული როგორც მუდმივად შესრულებადი პროექტი. სრული პროექტი უნდა დაიყოს რამდენიმე ნაწილად. რეკომენდაციების თანახმად დაწესებულების უსაფრთხოების განყოფილებამ უნდა დაამტკიცოს შემდეგი გეგმები:

- სრულყოფის გეგმები;
- შეფასებების ჩატარების გეგმები;
- მოწყვლადობათა შეფასების გეგმები;
- აუდიტის გეგმები;
- განსწავლის გეგმები;
- პოლიტიკის შეფასების გეგმები.

### *სრულყოფა*

სრულყოფის გეგმა გამომდინარეობს შეფასების პროცედურიდან. თუ შეფასების შედეგად განსაზღვრულია რამდენიმე საშიში არეალი, საჭიროა შეიქმნას სრულყოფის გეგმები გარემოში შესაბამისი ცვლილებების შესატანად. სრულყოფის გეგმები შეიძლება მოიცავდეს პოლიტიკის დაგეგმვას, დაცვის საშუალებების მიღებას ან სისტემაში ცვლილებების შეტანას, ან მასწავლი პროგრამების შექმნას.

### *რისკის შეფასება*

დაწესებულების უსაფრთხოების განყოფილებამ უნდა შეიმუშაოს რისკის შეფასების ყოველწლიური გეგმა. დაგეგმვაზე, შესრულებაზე და ანალიზზე ზოგიერთ მათგანს შეიძლება დასჭირდეს რამდენიმე თვე, რომლის შედეგადაც ცვლილებების გასატარებლად დარჩება ძალზედ მცირე დრო. ამიტომ მიზანშეწონილია ჩატარდეს უფრო ხშირი, მაგრამ ნაკლებმასშტაბური შეფასება, ხოლო სრული შეფასება განხორციელდეს პერიოდულად, არსებული პირობების თანახმად.

### *მოწყვლადობათა შეფასება*

სასწავლო დაწესებულებების უსაფრთხოების განყოფილებებმა რეგულარულად უნდა ჩაატარონ სისტემების მოწყვლადობათა შეფასება (სკანირება). თუ დაწესებულებაში ძალიან ბევრი კომპიუტერია, მაშინ საჭიროა მათი დაჯგუფება და ნაწილ-ნაწილ სკანირება ყოველ კვირაში.

### *აუდიტი*

უსაფრთხოების განყოფილებამ უნდა შეიმუშაოს აუდიტის ჩატარების გეგმები ორგანიზაციის პოლიტიკის შესაბამისად. ასეთი აუდიტი შეიძლება იყოს ფოკუსირებული სისტემის კონფიგურაციაზე. სარეზერვო ასლების პოლიტიკის შესაბამისად ან ფიზიკურ ფორმაში ინფორმაციის დაცვაზე. რამდენადაც აუდიტი მოითხოვს დიდ ძალისხმევას პერსონალის მხრიდან, ცალკეული აუდიტი გამიზნულია დაწესებულების რომელიმე ნაწილისათვის. მნიშვნელოვანი შეუსაბამობის აღმოჩენისას შესაბამის ქვედანაყოფში ტარდება უფრო მასშტაბური აუდიტი. ამავდროულად, აუდიტის განყოფილებას უნდა ჰქონდეს თავისი განრიგი და აუდიტების გეგმები. აუდიტი განსაზღვრავს თუ რამდენად კარგად სრულდება

უსაფრთხოების პოლიტიკა და პროცედურები, შემდგომში ნაკლოვანებების და შეუსაბამობების აღმოფხვრის მიზით.

### *სწავლება*

სწავლების გეგმები უნდა შეიქმნას კადრების განყოფილებასთან ერთობლივად, რომელიც მოიცავს ტრეინინგების განრიგს და სარეკლამო კამპანიის ჩატარების გეგმებს. განრიგში აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას, რომ თითოეულმა თანამშრომელმა გაიაროს სწავლება ორ წელიწადში ერთხელ.

### *პოლიტიკის შეფასება*

დაწესებულების ცალკეული პოლიტიკა უნდა ითვალისწინებდეს პოლიტიკის გადახედვის თარიღს. უსაფრთხოების განყოფილება უნდა იმუშავებდეს გადახედვის დაწყების და პოლიტიკის შეფასების გეგმებს. როგორც წესი ყოველ წელს საჭიროა მინიმუმ ორი პოლიტიკის გადახედვა. (გოგიჩაიშვილი..., 2008: 65-90).

## **2.6. მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზი Data Mining ტექნოლოგიის გამოყენებით**

შეიძლება ითქვას, რომ უმაღლესი განათლების სისტემა დროში გარკვეული დაყოვნებით ჩამორჩება შრომის საბაზრო მოთხოვნების დინამიკას. განათლების მართვის სისტემის კონტურსში შრომის ბაზრის უკუკავშირის, აგრეთვე ერთიანი სისტემური მიდგომის არარსებობა შედარებით ამცირებს მის ეფექტურობას, ქმნის პროფესიული გადამზადების აუცილებლობას და მასთან დაკავშირებულ დამატებით დანახარჯებს.

შრომის ბაზარი არის დეტერმინირებული სისტემა, რაც საშუალებას იძლევა პროფესიული პოტენციალი და არსებული ვაკანსიები საბოლოო ჯამში ერთმანეთთან თვისობრივ შესაბამისობაში იქნას მოყვანილი. აღნიშნული პრობლემის კომპლექსური გადაწყვეტის თვალსაზრისით მიზანშეწონილია, შემუშავდეს უმაღლესი განათლებისა და შრომითი დასაქმების ერთიანი ურთიერთკოორდინირებული კონცეფცია და შესაბამისი მიმართულების პროგრამა.

ერთიანი სტანდარტების მქონე სივრცე, გარკვეულად აღმოფხვრის არსებულ დისონანსს საერთაშორისო საუნივერსიტეტო სისტემაში. ეს უკანასკნელი

საერთაშორისო მოთხოვნების შესაბამისად, დაეფუძნება პრინციპებს, რომლებიც სავალდებულო იქნება ყველა უმაღლესი სასწავლებლისთვის, მათ შორის უმნიშვნელოვანესია საბაზრო კონიუნქტურაზე ორიენტირებული მოქნილი, გადაწყობადი განათლების სისტემის ორგანიზება.

შრომის ბაზრის კონიუნქტურა გარკვეული დინამიკით ხასიათდება, რაც მოითხოვს სტუდენტებისა თუ კურსდამთავრებულთა მოძრაობის ნაკადების პროგნოზირებას სასწავლო-მეთოდური და ტექნიკური რესურსების ადაპტური გადაწყობის, აგრეთვე პედაგოგთა პერსონალის შესაბამისად მომზადების თვალსაზრისით. საქმეს ისიც ართულებს, რომ წინასწარ უცნობია თუ რომელ სასწავლო პროგრამებზე იქნება სტუდენტთა მოთხოვნების ალბათობათა განაწილება. მითუმეტეს, სასწავლო პროცესი ხასიათდება გარკვეული ინერციულობით, რაც კიდევ უფრო ზრდის ტრენდის განსაზღვრის აქტუალობას.

მიზანშეწონილია შეიქმნას განათლებისა და დასაქმების სისტემებს შორის გარკვეული შუალედური რგოლი ე.წ. მარკეტინგული სტრუქტურა, რომელიც შეისწავლის რა შრომის ბაზრის (წარმოებისა და კვლევითი სექტორის) კონიუნქტურას და თანამედროვე მოთხოვნებს ცალკეული სპეციალობების მიმართ, შესაბამისად, ამ დინამიკაში ადაპტურად განსაზღვრავს კურიკულუმებს და გადააწყობს სასწავლო პროცესს. შედეგად, უფრო მიზნობრივს გახდის განათლების ხარისხის მართვის პროცესს და გარკვეულად კოორდინაციასაც გაუწევს სპეციალისტის დასაქმების პროცესს.

აღნიშნული პრობლემის გადაწყვეტის ერთ-ერთი ეფექტური ხერხია *მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზი* (Data Mining), რომელიც უმაღლეს სასწავლებელს გარკვეული სიზუსტით მისცემს ინფორმაციას, თუ რომელი საგნები, სასწავლო პროგრამებია მოთხოვნადი შრომის ბაზარზე. ამის საფუძველს იძლევა OLTP მონაცემთა ბაზებში და OLAP კუბებში არსებული მონაცემების გამოყენება, ფარული ტენდენციებისა და კანონზომიერების მოდელების ასაგებად, შემდგომი გადაწყვეტილებების მიღების თვალსაზრისით. ზემოაღნიშნულ ინფორმაციებს ემატება აგრეთვე შრომითი ბაზრის კონიუნქტურის შესახებ დიდი მონაცემები, რომლის ანალიტიკური დამუშავება წარმოუდგენელია თანამედროვე

ინტელექტუალური ანალიზის მეთოდებისა და სერვერული ტექნოლოგიების გამოყენების გარეშე. (ჰანი..., 2012: 1-14).

## 2.7 ინტელექტუალურ ანალიზში მონაცემთა კვლევის მეთოდები

დღესდღეობით არსებობს Data Mining-ში მონაცემთა კვლევის მრავალი მეთოდი, რომელთა შორის შეიძლება გამოვყოთ:

- რეგრესიული, დისპერსიული და კორელაციური ანალიზი;
- ემპირიულ მოდელებზე დაფუძნებული კონკრეტული საგნობრივი სფეროს ანალიზის მეთოდი;
- ნეიროქსელური ალგორითმები;
- საწყისი მონაცემების უახლოესი ანალოგის არჩევის ალგორითმები;
- გადაწყვეტილებათა ხეების მეთოდი, როდესაც იერარქიული სტრუქტურა იქმნება კითხვების კრებულის ბაზაზე, რომელთაც გააჩნიათ პასუხები „დიახ“ ან „არა“. მიუხედავად იმისა, რომ ეს მეთოდი იდეალურად ვერ პოულობს არსებულ კანონზომიერებებს, მაინც საკმაოდ ხშირად გამოიყენება პროგნოზირების სისტემებში პასუხის თვალსაჩინოებიდან გამომდინარე;
- კლასტერული ანუ სეგმენტაციის მოდელები;
- შეზღუდული გადარჩევის ალგორითმები, რომელთა მეშვეობითაც მონაცემთა ქვეჯგუფებში გამოითვლება მარტივი ლოგიკური ხდომილობების კომბინაციების სიხშირეები;
- ევოლუციური პროგრამირების მეთოდები, როდესაც მონაცემთა ურთიერთდამოკიდებულების ამსახველი მოდელების ალგორითმის გენერაცია და მოდიფიცირება ხდება უშუალოდ ძიების პროცესში.

გარდა ზემოთ აღნიშნული ცოდნის ამოღების მეთოდებისა, კომერციული პროდუქტები იყენებს ისეთ თანამედროვე მეთოდებს, როგორცაა: გენეტიკური ალგორითმები, მტკიცებითი არგუმენტაცია (case-based reasoning), ბაიესის ქსელები, არაწრფივი რეგრესია, კომბინატორული ოპტიმიზაცია, სახეთა შეცნობა და არამკაფიო ლოგიკა. (შოუ, 2001: 153-165).

## 2.8 კლასტერიზაციის ამოცანა და მისი გადაწყვეტისადმი თანამედროვე მიდგომები

გადაწყვეტილების მიღების თვალსაზრისით, მონაცემთა ინტელექტუალურ ანალიზის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს *მონაცემთა კლასტერული ანალიზი*, როდესაც ხდება მრავალცვლადიანი მონაცემთა მასივის კლასტერებად დაჯგუფება, რაც შემდგომში გადაწყვეტილებათა ხის აგების საფუძველს იძლევა.

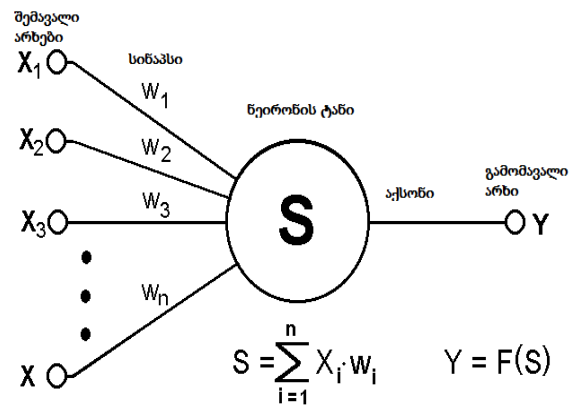
ზემოთ აღნიშნული მონაცემთა კვლევის მეთოდების კომპიუტერული ვარიანტები პირობითად არის გაერთიანებული მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის თანამედროვე მიმართულებად საერთო სახელწოდებით „*მანქანური სწავლება* (Machine Learning)“, რომელმაც დასაბამი მისცა ახალი სამეცნიერო მიმართულების წარმოშობას, როგორცაა „მონაცემთა მეცნიერება“, „დიდ მონაცემთა ანალიტიკა“ და სხვ. „მანქანური სწავლების“ თეორიულ საფუძველს ქმნის „ხელოვნური ნეირონული ქსელების საფუძვლები“ და მისი მოდიფიკაციები.

### 2.8.1 ხელოვნური ნეირონული ქსელები

ხელოვნური ნეირონული ქსელის – Artificial Neural Networks (ANN) ქცევა ბიოლოგიურის ანალოგიურია. ნეირონი დენდრიტების, ფაქტობრივად სხვა ნეირონების, მეშვეობით იღებს იმპულსებს, ხოლო სიგნალებს გადასცემს აქსონების მეშვეობით. სინაპსი წარმოიქმნება აქსონებისა და დენდრიტების კავშირის წერტილებში წარმოიქმნება ე.წ. *სინაპსი*. სწორედ, წარმოქმნილი სინაპსი ახდენს ზემოქმედებას იმპულსების სიდიდეზე.

შეიძლება ითქვას, რომ ხელოვნური ნეირონი არის მარტივი ავტომატი, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია შემავალი სიგნალების გარდაქმნა გამომავალ სიგნალებად. სინაპსზე გასვლისას  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , ძალის სიგნალები, წრფივი სახით გარდაიქმნებიან. ანუ შეიძლება ითქვას, რომ ნეირონის სხეულთან აღწევს სიგნალები, რომელთა ძალებია  $w_1 * x_1, w_2 * x_2, \dots, w_n * x_n$ , სადაც  $w_i$  - არის შესაბამისი სინაპსის წონა. (ჯა, 2007: 41-47);

ნახ. 2.8.1.1.-ზე წარმოდგენილია ხელოვნური ნეირონის მათემატიკური მოდელი.

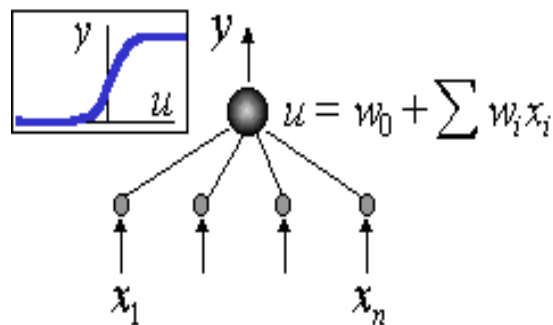


ნახ. 2.8.1.1 ნეირონის მათემატიკური მოდელი

ნეირონის ბირთვში ხდება სიგნალების გარდაქმნა, შეჯამება:

$$S = \sum_{i=0}^n w_i * x_i \quad 2.8.1.1.$$

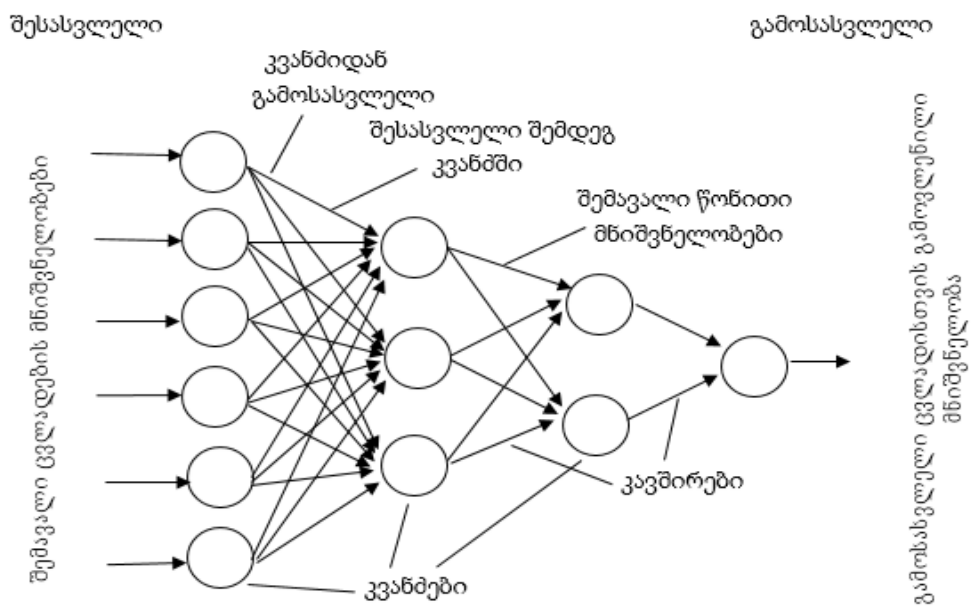
ტიპური ნეირონი ასრულებს მარტივ ოპერაციას - შემავალ მონაცემებს ამრავლებს შესაბამის წონებზე და არაწრფივად გარდაქმნის მიღებულ ჯამს: აქტივაციის გამომავალი ფუნქცია არაწრფივია  $Y = f(S)$ , რაც ნაჩვენებია ნახ.2.8.1.2.-ზე.



ნახ. 2.8.1.2 აქტივაციის გამავალი ფუნქცია

## 2.8.2 ხელოვნური ნეირონული ქსელების სწავლების მიდგომები

დასმული ამოცანის გადასაჭრელად გამოიყენება ნეირონული ქსელის სწავლება (შვარცი...2014: 268-282). ნეირონული ქსელის სწავლების პროცესის დროს ნეირონული ქსელის პარამეტრები კონფიგურირდებიან იმ გარემოს მოდელირების მეშვეობით, რომელშიც არის ჩაშენებული მოცემული ქსელი. სწავლების ტიპი განისაზღვრება პარამეტრების აწყობის მეშვეობით. ნახ.2.8.2.1.-ზე მოცემულია ნეირონული ქსელის მოდელი:

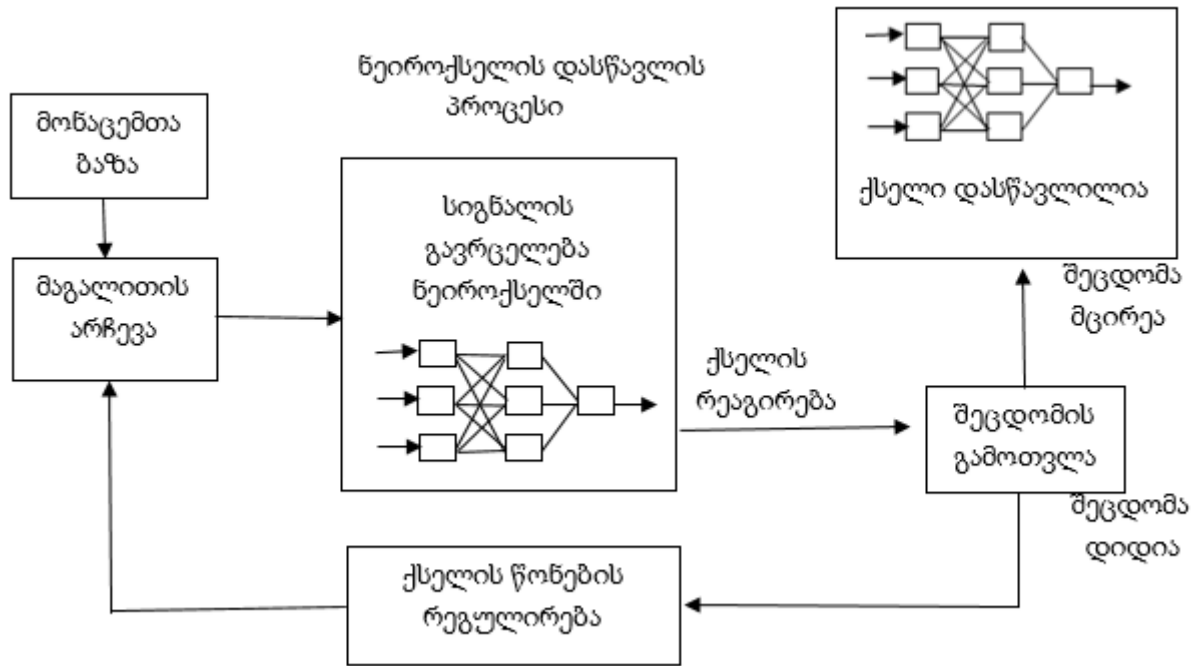


ნახ. 2.8.2.1 ნეირონული ქსელის მოდელი

განირჩევა სწავლების ალგორითმები „მასწავლებლით“ და „მასწავლებლის გარეშე“. მასწავლებლით სწავლების პროცესში გამოიყენება სწავლების ნიმუშები. ცალკეული ნიმუში მიეწოდება ქსელის შესასვლელს, რომელიც შემდგომ გაივლის დამუშავებას ნეირონული ქსელის სტრუქტურის შიგნით. გამოითვლება ქსელის გამოსასვლელი სიგნალი, რომელიც შეედარება მიზნობრივი ვექტორის შესაბამის მნიშვნელობას, რომელიც წარმოადგენს ქსელის მოთხოვნილ გამოსასვლელს. შემდეგ განსაზღვრული წესით გამოითვლება შეცდომა და მიმდინარეობს ქსელის შიგნით კავშირების წონითი კოეფიციენტების ცვლილება არჩეული ალგორითმის მიხედვით.



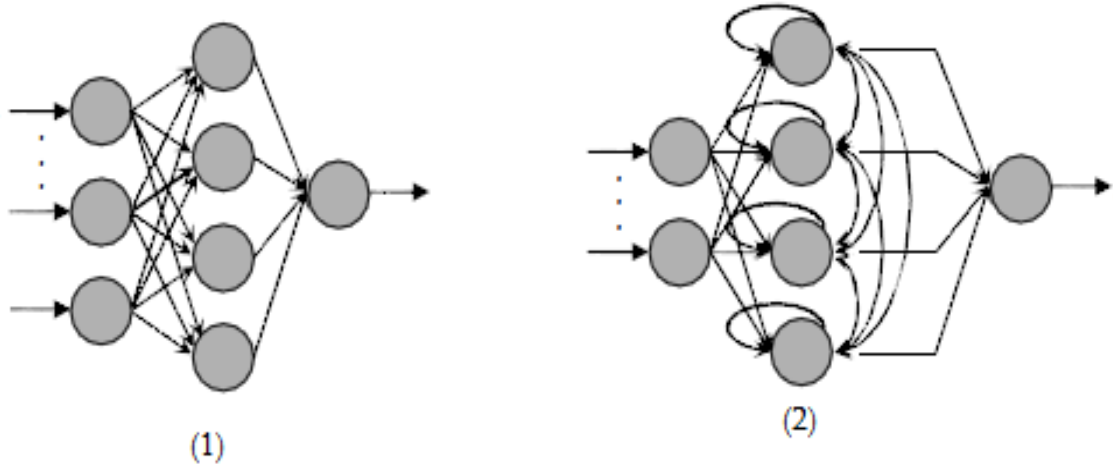
სწავლების სიმრავლის ვექტორები წარმოდგენილი არიან თანმიმდევრულად, გამოითვლება შეცდომები და ცალკეული ვექტორისთვის წონები რეგულირდება მანამ, სანამ შეცდომა მთელ დასასწავლ მასივზე არ მიაღწევს მისაღებ დაბალ დონეს. ნახ.2.8.2.2.-ზე მოცემულია ნეირონული ქსელის სწავლების პროცესის ილუსტრაცია:



ნახ. 2.8.2.2 ნეირონული ქსელის სწავლების პროცესი

მასწავლებლის გარეშე სწავლებისას დასასწავლი სიმრავლე შედგება მხოლოდ შემავალი ვექტორებისგან. სწავლების ალგორითმი ქსელის წონებს არეგულირებს ისე, რომ მიღებულ იქნას შეთანხმებული გამომავალი ვექტორები ანუ ახლო შემავალი ვექტორები იძლეოდნენ ერთნაირ გამოსასვლელებს. სწავლების პროცესი, თანმიმდევრულად, გამოყოფს დასასწავლი სიმრავლის სტატისტიკურ თვისებებს და აჯგუფებს მსგავს ვექტორებს კლასებში. მოცემული კლასიდან ვექტორის შესასვლელში წარდგენა იძლევა გამომავალ ვექტორს, მაგრამ სწავლების დაწყებამდე შეუძლებელია იმის პროგნოზირება, თუ რა გამოსასვლელი მიიღება შემავალი ვექტორების მოცემული კლასის მიერ. შესაბამისად, მსგავსი ქსელის გამოსასვლელები უნდა ტრანსფორმირდნენ სწავლების პროცესით განსაზღვრული რაღაც გასაგები ფორმით. ჩვეულებრივ, ქსელის შესასვლელსა და გამოსასვლელს შორის კავშირის იდენტიფიცირება არ არის რთული.

ხელოვნური ნეირონული ქსელის სხვადასხვა მოდელი გვხვდება. მათგან შეიძლება გამოვყოთ ორი - უფრო ხშირად გავრცელებული, რომელიც წარმოდგენილია ნახ.2.8.2.3.-ზე:



ნახ. 2.8.2.3 ხელოვნური ნეირონული ქსელების მოდელის ტიპები

1. „პირდაპირი კავშირის“ (Feedforward) ქსელში, ნახ.2.8.2.3.(1), ინფორმაციული ნაკადები ცალმხრივია და მიმართულია შემავალი დონიდან გამომავალი დონისკენ ანუ უკუკავშირების გარეშე. ინფორმაცია, რომელიც გამომავალია ნებისმიერი დონიდან, უკვე იმავე ან მის წინა დონეზე აღარ მოქმედებს და მიმართულია მისი შემდგომი დონისკენ.

2. „რეკურენტულ“ (Recurrent), უკუკავშირის მქონე ქსელში, ნახ.2.8.2.3.(2) გვხვდება თუნდაც ერთი უკუკავშირი. იგი შესაძლებელია იყოს თავის თავთან. რაც ნიშნავს, რომ მოცემულ შემთხვევაში ნეირონიდან გამომავალი ინფორმაცია გადაეცემა ამავე ნეირონს, მხოლოდ ეს მისთვის იქნება უკვე როგორც შემავალი ინფორმაცია. (შვარცი...2014:268-282).

### 2.8.3. კლასტერული ანალიზი და თვითორგანიზებადი რუკები

კლასტერული ანალიზი ანუ კლასტერინგი არის ზედამხედველობის ანუ „მასწავლებლის გარეშე“ სწავლების მეთოდი და აგრეთვე მიეკუთვნება მონაცემთა სტატისტიკური ანალიზის მეთოდების ჯგუფსაც. კლასტერული ანალიზი (Cluster analysis) არის დაკვირვების მონაცემთა სიმრავლის გარკვეული მსგავსობის

კრიტერიუმით დაყოფა-დაჯგუფება ქვესიმრავლებად ე.წ. კლასტერებად. განირჩევა კლასტერინგის სხვადასხვა მეთოდი, სადაც მსგავსების მაჩვენებელი განსაზღვრავს ამ მეთოდებს.

ამგვარად, უმაღლესი განათლების სისტემაში არსებულ მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის თვალსაზრისით, ვირჩევთ კლასტერულ ანალიზს ზედამხედველობის ანუ „მასწავლებლის გარეშე“ სწავლების მეთოდის გამოყენებით. მეთოდების ამ კლასს მიეკუთვნება *თვითორგანიზებადი რუკები* - SOM (Self-Organizing Maps), რომელიც წარმოადგენს ნეირონული ქსელების ერთ-ერთ სახეობას. (ონგი, 1999: 1-4,)

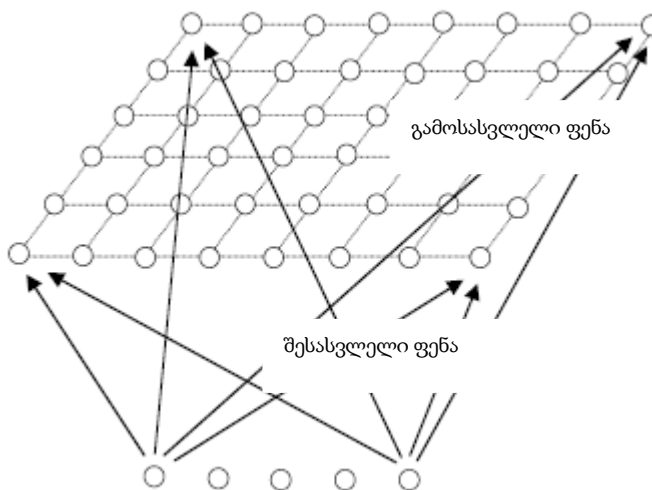
თვითორგანიზებადი რუკების გამოყენება მიზანშეწონილია არამხოლოდ მოდელირების და პროგნოზირების ამოცანების გადასაწყვეტად, არამედ მონაცემთა დიდ მასივებში კანონზომიერებების და ურთიერთდამოუკიდებელი ბლოკების აღმოსაჩენად, ინფორმაციის შესაკუმშად და სხვა. მოცემულ ამოცანებში თვითორგანიზებადი რუკები აწარმოებს მონაცემთა ანალიზს, კლასიფიკაციის ამოცანის გადაწყვეტას მასწავლებლის გარეშე, რასაც მივყავართ კლასტერიზაციასა და ახალი ფენომენების აღმოჩენამდე.

თვითორგანიზებადი რუკების შემთხვევაში დასასწავლი ობიექტების სიმრავლე მხოლოდ შემავალი ცვლადების მნიშვნელობებისგან არის შედგენილი და ნეირონებიდან გამომავალი მნიშვნელობები, სწავლების პროცესში არ შეედარება ეტალონურ მნიშვნელობებს. ამ დროს, ნეირონულ ქსელს შეუძლია არამხოლოდ ამოიცნოს კლასტერები მონაცემებში, არამედ გადაჭრას კლასიფიკაციის ამოცანაც, სადაც კლასები წინასწარ მოცემულია. (კოონენი, 2001).

თვითორგანიზებადი რუკების შემთხვევაში ქსელს აქვს უნარი დასასწავლი მონაცემებიდან გამოყოს ანუ აღმოაჩინოს კლასტერები და შესაბამისი მონაცემები გაანაწილოს ამათუიმ კლასტერზე. აღნიშნული გადანაწილების შემდეგ, თუ ქსელის მიერ აღმოჩენილი იქნება კლასტერი, რომლის მონაცემები განსხვავებულია ყველა ცნობილი ნიმუშიდან, მაშინ მონაცემების კლასიფიკაციის ამოცანა აღარ შესრულდება. (კერვალიშვილი, 2009).

#### 2.8.4. თვითორგანიზებადი რუკების ქსელის სწავლება

მრავალშრიანი ნეირონული ქსელისგან განსხვავებით, თვითორგანიზებადი რუკების ქსელი, გაცილებით მარტივია. ვინაიდან იგი შეიცავს მხოლოდ ორ შრეს, როგორცაა: შემავალი და გამომავალი შრე. რაც შეეხება რუკის ელემენტებს, ისინი განლაგებულნი არიან რომელიმე სივრცეში, ანუ ორ განზომილებაში, ნახ. 2.8.4.1.



ნახ. 2.8.4.1 თვითორგანიზებადი რუკების ქსელი

თვითორგანიზებადი რუკების ქსელის სწავლების პროცესი მიმდინარეობს თანმიმდევრული მიახლოების მეთოდით. მსგავსი სწავლების პროცესში გარკვეული მონაცემები მიეწოდება ქსელს შესასვლელზე, რის შემდეგაც ქსელი იწყებს გადაწყობას. ეს პროცესი ხდება არა გამომავალი მონაცემების ეტალონის, არამედ შემავალი მონაცემების გარკვეული კანონზომიერების მიხედვით. სწავლების პროცესში, მონაცემების თანმიმდევრული გადაცემით ქსელის შესასვლელზე განისაზღვრება კლასტერის ცენტრალური ე.წ. „ლიდერი“ ანუ გამარჯვებული ნეირონი, რომლის წონის და შესასვლელზე მიწოდებულ ვექტორის სკალარული ნამრავლი მინიმალურია, შემდეგში იგი გამოიყენება მეზობელ ნეირონებში წონების განაწილების ცენტრად.

ქსელის მსგავსი სახით სწავლება განიხილება როგორც „შეჯიბრებითი“ სწავლება, მიმდებარე ნეირონებსა და კლასტერის ცენტრს შორის მანძილის გათვალისწინებით. ამ დროს სწავლების ძირითადი არსი არ არის შეცდომის

მინიმიზება (როგორც ეს ხდება მასწავლებლით სწავლების პროცესში), არამედ შესაბამისობაში ყოფნა შემავალ მონაცემებთან.

თვითორგანიზებადი რუკების ალგორითმის იტერაციული მოდელი რამდენიმე ეტაპად სრულდება. ამ ეტაპებიდან ცალკეულზე მუშავდება სასწავლო ნიმუშებიდან მხოლოდ ერთი მაგალითი. ცალკეულ შემავალ სიგნალზე ქსელში არ განისაზღვრება სასურველი გამომავალი სიგნალი. როდესაც ჩნდება ქსელში შემავალი სინაპსური წონების ვექტორების საკმარისი რაოდენობა, მაშინ შესაძლებელი ხდება განსაზღვროს კლასტერი. წონები ორგანიზებულია იმ სახით, რომ ტოპოლოგიურად ახლოს მდებარე კვანძები მგრძნობიარენი არიან მსგავს შემავალ სიგნალებთან.

ალგორითმის მუშაობის პროცესში კლასტერის ცენტრალური ნეირონი მოექცევა იმ პოზიციაში, რომელიც აკმაყოფილებს კლასტერიზაციის პირობებს. ქსელის დასწავლის შედეგად უნდა განისაზღვროს ნეირონების ცენტრალური ნეირონის მიმართ მეზობლობის ზომა, ანუ მიმდებარე რამდენიმე ნეირონი.

თვითორგანიზებადი რუკების მეთოდის უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ მას გააჩნია  $n$  განზომილებიანი სივრცის ორ განზომილებიან მატრიცაში გარდაქმნის შესაძლებლობა. ორ განზომილებიანი ქსელის გამოყენება განპირობებულია იმით, რომ რთული სტრუქტურის მრავალგანზომილებიან ქსელში წარმოდგენა დიდ სირთულეებთან არის დაკავშირებული. მონაცემთა ასეთი სტრუქტურით წარმოდგენის დროს ადვილია განისაზღვროს დამოკიდებულების არსებობა/არარსებობა შემავალ მონაცემებს შორის. თვითორგანიზებადი რუკების ნეირონულ რუკების ორ განზომილებიანი მატრიცის სახით წარმოადგენისთვის ამ მატრიცას აფერადებენ ნეირონების მიერ გაანალიზებული პარამეტრების წონის (მნიშვნელობის) მიხედვით.

### III თავი. OLAP ტექნოლოგიის გამოყენება სასწავლო პროცესის მონაცემთა ანალიზისთვის

#### 3.1. OLAP ტექნოლოგია და მისი უპირატესობები მონაცემთა ანალიზისთვის

OLAP ტექნოლოგია მონაცემების საფუძველზე რეალური სტრუქტურების და კავშირების მოდელირების საშუალებას იძლევა, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ანალიტიკური სისტემებისთვის. მისი ძირითადი განსხვავება და უპირატესობა მონაცემთა ანალიტიკური დამუშავების სხვა საშუალებებთან მდგომარეობს იმაში, რომ იგი გამოიყენება მრავალგანზომილებიანი, მრავალპარამეტრიანი მოდელების შესაქმნელად რეალური პროცესების გაცილებით ადეკვატურად წარმოდგენის მიზნით. OLAP ტექნოლოგია უზრუნველყოფს მომენტალურად დათვალიერდეს მონაცემები არჩეული პარამეტრების მიხედვით და გადაწყვეტილების მიმღებ პირს სიტუაციის სრულად კონტროლის საშუალებას აძლევს.

OLAP ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული სისტემის გამოყენებით შესაძლებელია სხვადასხვა სიტუაციების ანალიზი და აქედან გამომდინარე პროგნოზირება. ამ სისტემის ძირითადი უპირატესობებია:

- საწყისი ინფორმაციის და ანალიზის შედეგების შესაბამისობა. ყოველთვის არის შესაძლებლობა თვალყური მიიედევნოს ინფორმაციის წყაროს და განისაზღვროს ლოგიკური კავშირი მიღებულ შედეგებსა და საწყის მონაცემებს შორის. მინიმუმამდეა დაყვანილი ანალიზის შედეგების სუბიექტურობა.
- მრავალვარიანტული ანალიზის ჩატარება. OLAP ტექნოლოგიის გამოყენება საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნას ხდომილებების განვითარების სცენარების სიმრავლე საწყისი მონაცემების ნაკრების ბაზაზე.
- დეტალიზების მართვა. შედეგების წარმოდგენის დეტალურობა შეიძლება შეიცვალოს მომხმარებლების მოთხოვნების მიხედვით. ამავდროულად, არ არის საჭირო რთული გადაწყობების განხორციელება და გამოთვლების განმეორება. ანგარიში შეიცავს სახლდობრ იმ ინფორმაციას, რომელიც საჭიროა გადაწყვეტილების მისაღებად.

- ფარული კავშირების გამოვლენა. მრავალგანზომილებიანი კავშირების აგების საფუძველზე ჩნდება ფარული დამოკიდებულებების გამოვლენის და განსაზღვრის შესაძლებლობა განსხვავებულ პროცესებში ან სიტუაციებში, რომლებიც გავლენას ახდენენ ორგანიზაციის საქმიანობაზე.
- ერთიანი პლატფორმის შექმნა. OLAP სისტემის გამოყენებით ორგანიზაციაში პროგნოზირების და ანალიზის ყველა პროცესისთვის ერთიანი პლატფორმის შექმნის შესაძლებლობა ჩნდება.

ამდენად, OLAP ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული სისტემები, არის შეუცვლელი ისეთი ამოცანების გადასაწყვეტად, რომელიც მოითხოვს უმოკლეს დროში, დიდი მოცულობის მონაცემების ანალიზს.

### 3.2. მონაცემთა საცავების როლი გადაწყვეტილების მიღების პროცესში

უნივერსიტეტებში ხარისხის უზრუნველყოფა მას შემდეგ გახდა საკვანძო საკითხი, როდესაც მან მოიცვა არამხოლოდ კვლევა და სწავლება, არამედ ყველა შიდა პროცესი, რომელიც აუცილებელია სტუდენტთა ეფექტური განათლების მისაღებად. ხარისხის უზრუნველყოფის სისტემის ძირითადი მიზანია მუდმივი გაუმჯობესებისკენ სწრაფვა, რაც მოითხოვს მონაცემების შეგროვებასა და სისტემატურ დამუშავებას მიმდინარე სიტუაციის რეალური სურათის მისაღებად. მონაცემთა საცავებს შეუძლიათ წარმოგვიდგინონ მნიშვნელოვანი ინფორმაცია ხარისხის უზრუნველყოფის ყველა საფეხურზე.

უმაღლეს სასწავლებლებში პროცესების მონიტორინგისა და აღრიცხვიანობის დროს აღძრული ზოგიერთი პრობლემა დაკავშირებულია სხვადასხვა მონაცემთა წყაროებიდან სანდო მონაცემების შეგროვებასთან. აღნიშნული პრობლემის გადალახვა საჭიროებს მონაცემთა საცავისა და ინტეგრირებული საინფორმაციო სისტემის მხარდაჭერას, რომელიც შეიცავს განახლებულ და საიმედო ინფორმაციას სასწავლო პროგრამებზე, სასწავლო გეგმებზე, პედაგოგებზე, რესურსებზე, სტუდენტებზე და სხვა.

მონაცემთა საცავი და მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის სისტემები ხასიათდებიან ინფორმაციაზე წვდომის სიმარტივით და სისწრაფით. საცავში

განთავსებული ინფორმაცია უნდა პასუხობდეს განსაზღვრულ მოთხოვნებს, როგორცაა: საგნობრივი ორიენტაცია, ინტეგრირებულობა, ქრონოლოგიის მხარდაჭერა და შეუცვლელობა. მრავალ ფუნქციათა შორის, რომელსაც მონაცემთა საცავი ასრულებს, ძირითადი დანიშნულებაა მონაცემთა და ინფორმაციის ზუსტი წარმოდგენა უმოკლეს ვადებსა და მინიმალური დანახარჯებით. საცავში მონაცემთა ორგანიზაციის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 3.2.1.-ზე.



ნახ. 3.2.1 საცავში მონაცემთა ორგანიზაციის სქემა

არქიტექტურული გადაწყვეტის თვალსაზრისით მონაცემთა საცავები ახორციელებს თავის ფუნქციებს მონაცემთა ვიტრინების მეშვეობით. მონაცემთა კლასიკური საცავის დადებითი მხარეებია:

- საერთო სემანტიკა;
- ცენტრალიზებული, მართვადი გარემო;
- მონაცემთა ამოღებისა და ბიზნეს-ლოგიკის პროცესების გამოყენების შეთანხმებული კრებული;
- განთავსებული ინფორმაციის არაწინააღმდეგობრიობა;
- შაბლონების მიხედვით ადვილად შექმნადი და შევსებადი მონაცემთა ვიტრინები;
- მეტამონაცემების ერთიანი რეპოზიტორიუმი;
- მონაცემთა დამუშავებისა და წარმოდგენის მექანიზმების მრავალფეროვნება.

ასეთი საცავებისათვის ნაკლოვანებად შეიძლება ჩაითვალოს რეალიზაციის დიდი დანახარჯები, მაღალი რესურსტევადობა მთელი ორგანიზაციის მასშტაბით, რთული სერვისული სისტემების არსებობისადმი მოთხოვნილება, რისკის შემცველი განვითარების სცენარი, როცა ყველა მონაცემი და მეტამონაცემი იმყოფება ერთ რეპოზიტორიუმში და არახელსაყრელ შემთხვევაში შეიძლება დაიკარგოს.



გარდა ამისა, „ნედლი“ მონაცემების ფილტრაციის, აგრეგირებისა და რაფინირების დროს ბევრი ინფორმაცია იკარგება, რომელიც მეტად სასარგებლო შეიძლება იყოს ანალიზის დროს. ამასთან დაკავშირებით ჩამოყალიბდა აზრი, რომ გარდა მონაცემთა განთავსებისა და ამოღების მექანიზმებისა, რეპოზიტორიუმებისა და ვიტრინებისა, უნდა არსებობდეს შესაბამისი სივრცე „ნედლი“ მონაცემებისა და მათი რეალურ დროის რეჟიმში მრავალგანზომილებიანი ანალიზისათვის, რასაც წარმოადგენს - OLAP (On Line Analytical Processing).

OLAP ტექნოლოგია მონაცემთა სხვადასხვა განზომილებაში გამოკვლევის საშუალებას იძლევა. მომხმარებლებს შეუძლიათ აირჩიონ, თუ რომელი მაჩვენებლების ანალიზი და განზომილება რა სახით უნდა აისახოს კროს-ცხრილში, მოხდეს სტრიქონებისა და სვეტების გაცვლა, შემდგომ ამოჭრები განზომილებათა გარკვეულ კომბინაციაზე კონცენტრირებისთვის. დეტალიზაციისა და გამსხვილების დონეებზე გადაადგილებით შესაძლებელია შეიცვალოს მონაცემთა დეტალიზაციის ხარისხი. (პეტროვა, 2012: 1-17).

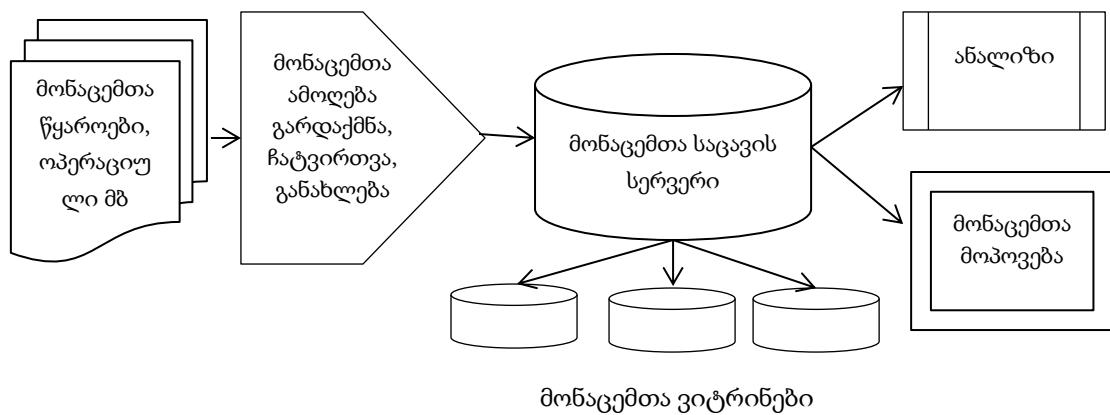
მონაცემთა საცავი შეიცავს რამდენიმე ოპერატიული მონაცემთა ბაზიდან შეგროვებულ ინფორმაციას. იგი იქმნება სპეციალურად გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი დანართისთვის და წარადგენს გარკვეულ დროში დაგროვებულ, შემაჯამებელ და კონსოლიდირებულ მონაცემებს, რომლებიც გაცილებით მისაღებია ანალიზისთვის, ვიდრე დეტალური ინდივიდუალური ჩანაწერები. მუშა დატვირთვა შედგება არასტანდარტული, რთული მოთხოვნებისგან, რომლებიც მიმართავენ ჩანაწერების დიდ რაოდენობას და ასრულებენ სკანირების, გაერთიანებისა და აგრეგირების ოპერაციათა აურაცხელ რაოდენობას. მოთხოვნაზე პასუხის დრო მოცემულ შემთხვევაში გაცილებით მნიშვნელოვანია, ვიდრე გამტარუნარიანობა. (სონგი..., 2015: 1-16)

გადაწყვეტილების მიღება უნდა ეყრდნობოდეს სამართავი ობიექტის შესახებ რეალურ მონაცემებს. ასეთი მონაცემები ჩვეულებრივ ინახება ოპერატიულ მონაცემთა ბაზაში. თუმცა ოპერატიული მონაცემები ვერ დააკმაყოფილებს ანალიზის მიზნებს, რამდენადაც ანალიზისა და გადაწყვეტილების მისაღებად ძირითადად საჭიროა აგრეგირებული ინფორმაცია. გარდა ამისა, ანალიზის მიზნებისთვის

საჭიროა ინფორმაციით სწრაფად მანიპულირების, მისი სხვადასხვა ასპექტში წარმოდგენის, სხვადასხვა არარეგლამენტირებული მოთხოვნების წარმოების შესაძლებლობა, რაც რთულად რეალიზებადია ოპერატიულ მონაცემებზე ტექნოლოგიური სირთულეების გამო. მონაცემთა საცავის მოცულობა, როგორც წესი, გაცილებით დიდია ოპერატიულ მონაცემთა ბაზის მოცულობაზე. საცავს აქვს ოპერატიული მონაცემთა ბაზისგან დამოუკიდებელი მხარდაჭერა, რადგან ანალიტიკური დანართების ფუნქციონალურობასა და მწარმოებლურობაზე მოთხოვნა განსხვავდება ტრანზაქციული სისტემებისადმი მოთხოვნებისგან.

მონაცემთა საცავის ბაზაზე შესაძლებელია ანგარიშგებების მომზადება, მონაცემთა ანალიზი OLAP ტექნოლოგიისა და მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის (Data Mining) დამხარებით. ისინი საშუალებას გვაძლევენ ჩავატაროთ პრობლემის გაცილებით სრული და ღრმა ანალიზი, მივიღოთ მეტად საფუძვლიანი გადაწყვეტილება. (ელთაბაქი, 2012: 1-38).

ნახ.3.2.2.-ზე წარმოდგენილია გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემის არქიტექტურა, რომელიც შედგება სამი ძირითადი კომპონენტისგან: მონაცემთა საცავის სერვერისგან, მონაცემთა ანალიზის და მოპოვების ინსტრუმენტებისგან და მონაცემთა საცავის საბაზო საშუალებებისგან:



ნახ. 3.2.2 გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემის არქიტექტურა

### 3.3. მონაცემთა ბაზის აგება უნივერსიტეტის იერარქიის ყველა დონეზე

ჩვენი ამოცანის გადასაწყვეტად უნდა იქნას დამუშავებული მონაცემთა ბაზა: „უნივერსიტეტი“. მონაცემთა ბაზაში გასათვალისწინებელია მონაცემები ფაკულტეტების, დეპარტამენტების, ლექტორების შესახებ.

ავაგოთ ER დიაგრამა საპრობლემო არესთვის: „უნივერსიტეტი“, რომელშიც აისახება მონაცემები ფაკულტეტების, დეპარტამენტების, ლექტორების, შეფასებების შესახებ. დასამუშავებელი მონაცემთა ბაზა, შედგება 10 ცხრილისგან.

აღვწერთ ზოგიერთი ცხრილის სტრუქტურა.

ცხრილი: „ლექტორი“, სტრუქტურა:

№	სვეტის დასახელება	მონაცემთა ტიპი	შეზღუდვა	კომენტარი
1	Lecture_Id	int	primarykey	
2	Lecturer_name	nvarchar(50)		
3	Lecturer_Lastname	nvarchar(50)		
4	Lect_date_of_birth	date		
5	Lect_adress	nvarchar(100)		
6	Lect_E_Mail	nvarchar(50)		
7	Lect_phone_number	nvarchar(20)		
8	lect_personal_number	nvarchar(15)		
9	Position_Id	int	Foreign Key	
10	Dept_Id	int	Foreign Key	

ცხრ. 3.3.1 „ლექტორი“

ცხრილი „სტუდენტი“, სტრუქტურა:

№	სვეტის დასახელება	მონაცემთა ტიპი	შეზღუდვა	კომენტარი
1	Student_Id	int	primarykey	
2	Student_name	nvarchar(50)		
3	Student_Lastname	nvarchar(50)		
4	Student_date_of_birth	date		

5	Student_adress	nvarchar(100)		
6	Student_E_Mail	nvarchar(50)		
7	Student_phone_number	nvarchar(20)		
8	Student_personal_number	nvarchar(15)		
9	Group_Id	int	Foreign kay	

ცხრ. 3.3.2 „სტუდენტი“

ცხრილი: „საგანი“, სტრუქტურა:

№	სვეტის დასახელება	მონაცემთა ტიპი	შეზღუდვა	კომენტარი
1	Subject_Id	int	primarykey	
2	Subject_name	nvarchar(110)		
3	Containts_credits	int		
4	Count_of_Lecture_Week	int		
5	Count_of_Labor_Week	int		

ცხრ. 3.3.3 „საგანი“

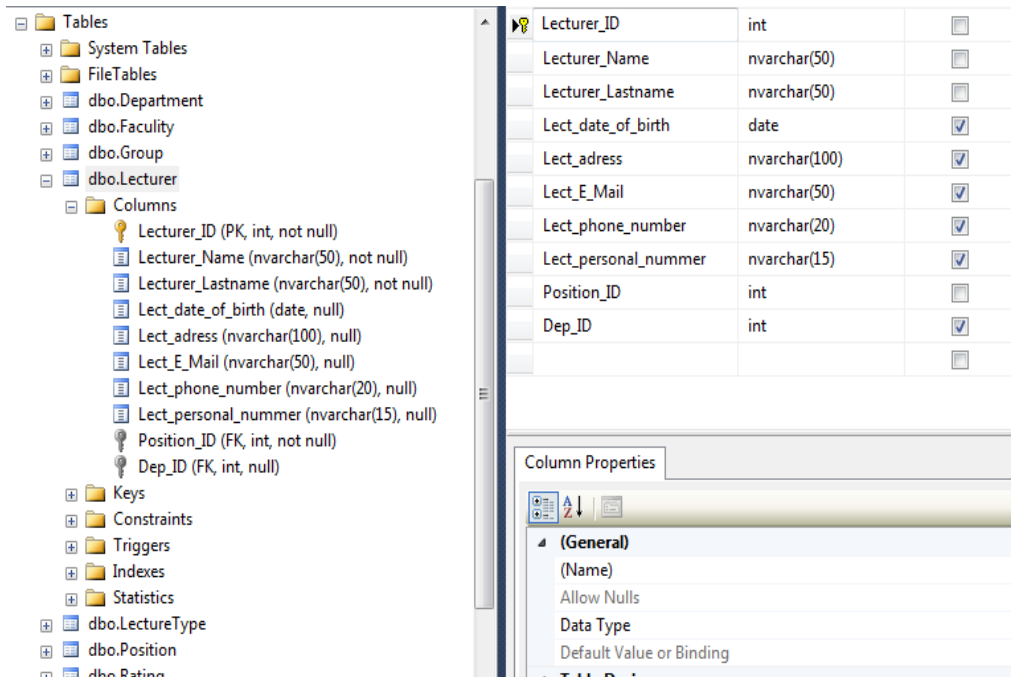
ცხრილი: „რეიტინგი“, სტრუქტურა:

№	სვეტის დასახელება	მონაცემთა ტიპი	შეზღუდვა	კომენტარი
1	rating_Id	int	primarykey	
2	Rating_point	int		
3	Semester_number	int		
4	Student_Id	int		
5	Lecturer_Id	int		
6	Subject_Id	int		

ცხრ. 3.3.4 „რეიტინგი“

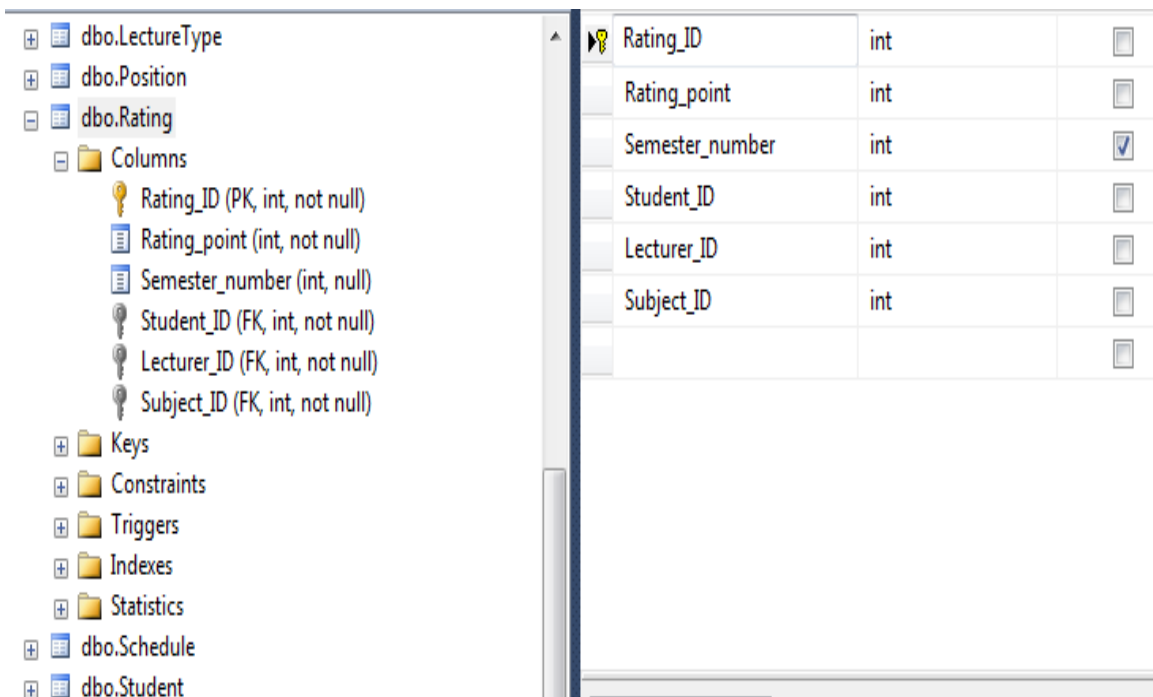
ავაგოთ SqlServer სისტემაში ცხრილების დიზაინები:

ცხრილი „ლექტორი“:



ნახ. 3.3.1 „ლექტორი“

ცხრილი „შეფასებები“:



ნახ. 3.3.2 „შეფასებები“

ცხრილი „საგანი“:

Column Name	Data Type	Nullable
Subject_Id	int	Not Null (PK)
Subject_Name	nvarchar(110)	Not Null
Containts_credits	int	Nullable
Count_Of_Lecture_Week	int	Nullable
Count_Of_Labor_Week	int	Nullable

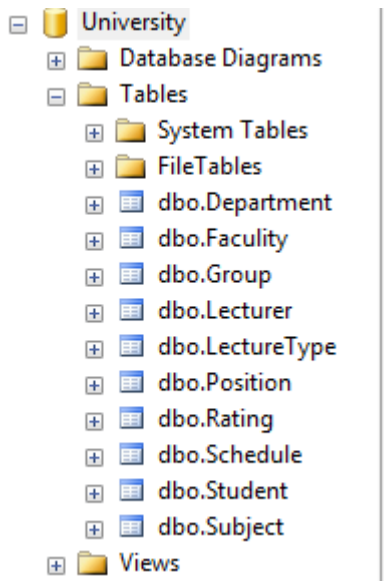
ნახ.3.3.3 „საგანი“

ცხრილი „სტუდენტი“:

Column Name	Data Type	Nullable
Student_ID	int	Not Null (PK)
Student_Name	nvarchar(50)	Not Null
Student_Lastname	nvarchar(50)	Not Null
Student_date_of_birth	date	Nullable
Student_adress	nvarchar(50)	Nullable
Student_E-Mail	nvarchar(50)	Nullable
Student_phone_number	nvarchar(20)	Nullable
Student_personal_num...	nvarchar(15)	Nullable
Group_ID	int	Nullable (FK)

ნახ. 3.3.4 „სტუდენტი“

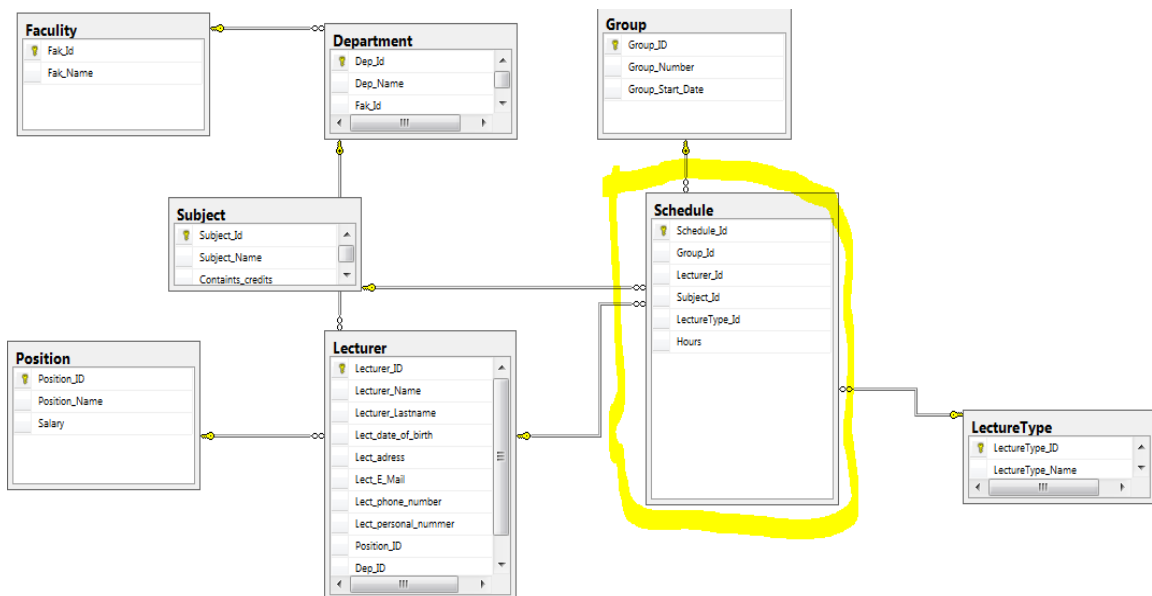
სურათზე წარმოდგენილია Sql Server სისტემის ბაზაზე აგებული მონაცემთა ბაზა - უნივერსიტეტი:



ნახ. 3.3.5 „უნივერსიტეტი“

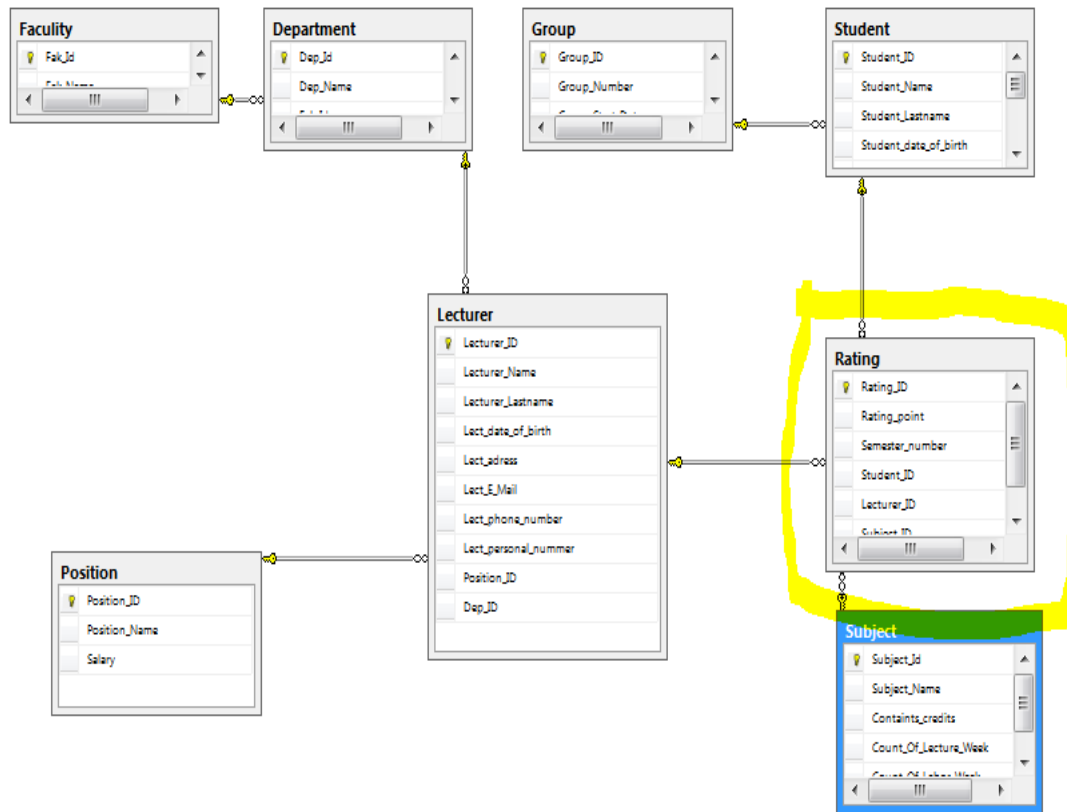
ძირითადი ამოცანა შედგება ორი ამოცანისგან. ეს არის - დატვირთვა და აკადემიური მოსწრება. ქვევით წარმოდგენილია 2 დიაგრამა, ნახ. 3.3.6-3.3.7, სადაც ასახული არის თითოეული ამოცანის მიხედვით ცხრილების ურთიერთკავშირი.

დატვირთვის დიაგრამა:



ნახ. 3.3.6 დატვირთვის დიაგრამა

აკადემიური მოსწრების დიაგრამა:



ნახ. 3.3.7 აკადემიური მოსწრების დიაგრამა

შევავსოთ მონაცემებით თითოეული ცხრილი. სურათზე წარმოდგენილია ცხრილი „ლექტორი“ შევსებული მონაცემებით:

	Lecturer_ID	Lecturer_Name	Lecturer_Lastn...	Lect_date_of_b...	Lect_address	Lect_E-Mail	Lect_phone_n...	Lect_personal_...	Position_ID	Dep_ID
▶	1	საჯრი	მეფარიშვილი	1960-10-10	ქ.თბილისი	mefarishvili@g...	599468418	03230232255	1	5
	3	ვახტანგ	ვეფხვაძე	1970-12-05	ქ.თბილისი	vexvazde@gm...	593364684	16841684484	2	5
	6	ჯერამ	ჩახანიძე	1965-10-25	ქ.თბილისი	chachanidze@...	598465464	68664848646	1	5
	7	კორნელი	ოდისარია	1955-10-12	ქ.თბილისი	odisharia@gma...	592364684	64864444667	1	5
	10	გიორგი	კაკაშვილი	1975-12-12	ქ.თბილისი	kakashvili@yah...	416846448	11141445614	2	5
	11	ველა	ვეინფაძე	1960-01-01	ქ.თბილისი	gvinefadze@m...	598595955	68128646846	1	5
	12	ეთერი	მგლობლიშვილი	1955-10-10	ქ.თბილისი	eteri@mail.ru	593145614	46584641641	2	9
	14	გულბათ	ნარეშელაშვილი	1950-12-14	ქ.თბილისი	gulbaat@mail.ru	591484848	48684848416	1	5
	15	თეიმურაზ	სუხიაშვილი	1975-12-04	ქ.თბილისი	suxiashvili@ma...	598481515	41564148414	1	5
	16	ნინო	ლოშიძე	1994-12-01	ქ.თბილისი	nini@mail.ru	574818487	48648486444	3	5
	19	ნინო	თოფურია	1981-10-15	ქ.თბილისი	nino@gtu.ge	514787878	65125464644	1	5
	21	გულნარა	გუანელიძე	1975-10-23	ქ.თბილისი	guliko@gmail.c...	555587788	16818616118	1	5
	22	ციური	ფხაკაძე	1970-09-09	ქ.თბილისი	ciuri@gmail.com	551554545	41616161881	2	5
	23	მარინე	ზიტარაშვილი	1974-08-09	ქ.თბილისი	marine@mail.ru	574818181	16161861681	2	7
	24	ნინო	ცომაია	1980-11-12	ქ.თბილისი	nino12@gmail....	574848444	11111115611	1	5
	25	ავთანდილ	ხიზინჯაური	1978-10-11	ქ.თბილისი	avto@gmail.com	546416111	41681616181	3	5
	26	ნინო	ქრისტესიაშვილი	1988-10-20	ქ.თბილისი	niniko@gmail.c...	514548799	4161681681	2	5
	27	ალექსანდრე	აკეპაძე	1985-10-23	ქ.თბილისი	aleqsandre@m...	584848484	64414646444	2	5
	28	ლელა	გაჭვილაძე	1978-10-03	ქ.თბილისი	lela@mail.ru	115616161	16161616111	3	5

ნახ. 3.3.8 „ლექტორი“ შევსებული მონაცემები



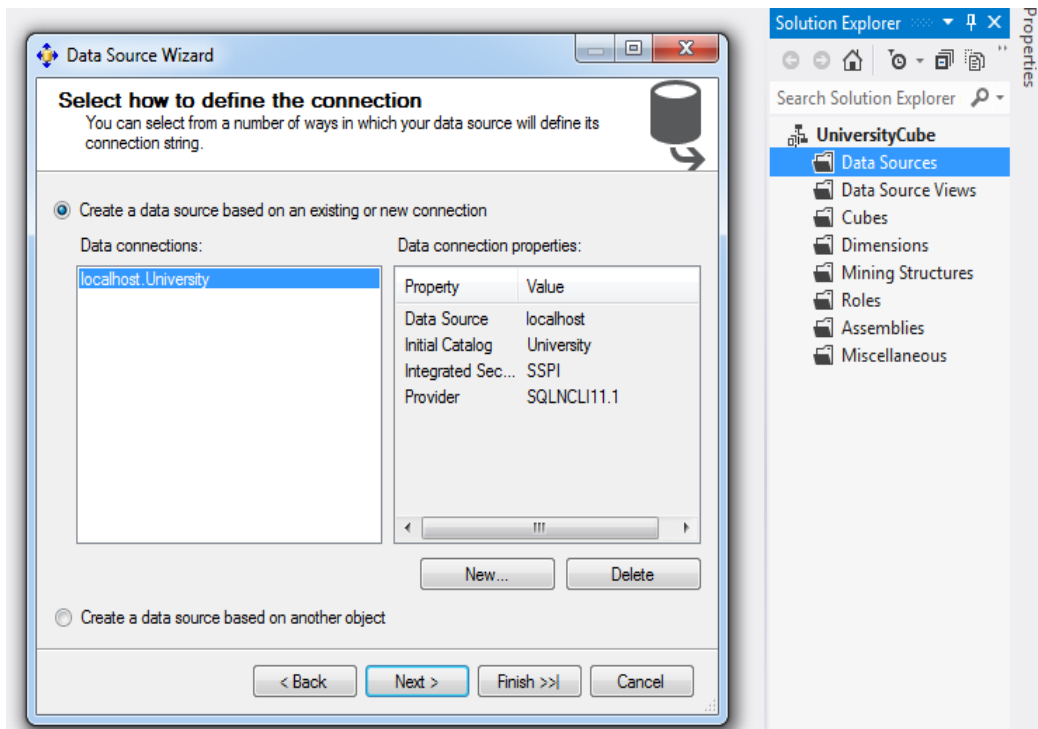
### 3.4 ფაქტებისა და განზომილებების ცხრილების აგება, მონაცემთა წყაროს განსაზღვრა

მონაცემთა წყაროს განსაზღვრისთვის მიწოდებული უნდა იქნას შეერთების სტრიქონი, რომელიც გამოყენებული იქნება მოცემულ მონაცემთა წყაროსთან მიერთების მიზნით. შემდგომ მონაცემთა წყაროს სახით უნდა მიუთითოთ მონაცემთა ბაზა, რომელიც მოცემულ შემთხვევაში განთავსებულია ლოკალურ კომპიუტერზე, თუმცა უმჯობესია მონაცემთა ბაზები განვითავსოთ ერთ ან რამდენიმე დაშორებულ კომპიუტერზე.

განვსაზღვროთ მონაცემთა წყარო ახალი შეერთების, არსებული შეერთების ან მონაცემთა წყაროს წინასწარ განსაზღვრული ობიექტის საფუძველზე. მოცემულ ამოცანაში მონაცემთა წყარო განვსაზღვროთ ახალი შეერთების საფუძველზე.

Analysis Services სამსახურები ასევე მხარს უჭერენ სხვა პროვაიდერებს, რომლებიც მოცემულია პროვაიდერების სიაში.

ნახ. 3.4.1 ასახულია შექმნილი მონაცემთა წყარო:

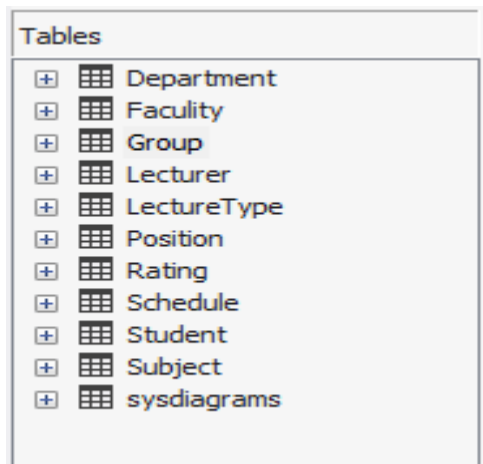


ნახ. 3.4.16 მონაცემთა წყაროს განსაზღვრა

მონაცემთა წყაროების განსაზღვრის შემდეგ განისაზღვრება მონაცემთა წყაროს წარმოდგენა. მონაცემთა წყაროს წარმოდგენა არის მეტამონაცემების ცალკეული

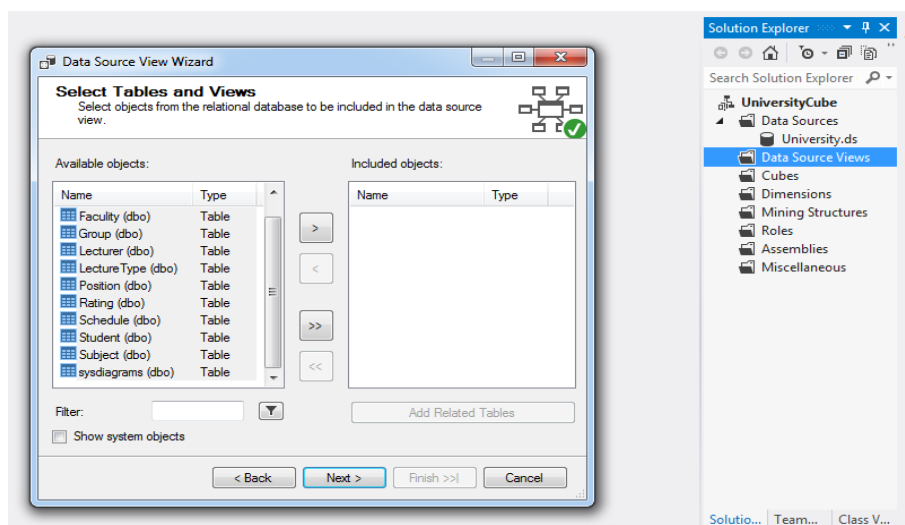
ერთეულის წარმოდგენა მითითებული ცხრილიდან ან წარმოდგენიდან, რომელიც განისაზღვრება მონაცემთა წყაროს მიერ მოცემული ამოცანისთვის. მონაცემთა წყაროს წარმოდგენაში მეტამონაცემების შენახვა მეტამონაცემებთან მუშაობის საშუალებას იძლევა დამუშავების პროცესში საბაზო მონაცემთა წყაროებთან შეერთებების დაყენების გარეშე.

განვსაზღვროთ მონაცემთა წყაროს წარმოდგენა, რომელიც შედგება ჩვენი მონაცემთა ბაზის ცხრილებისგან.



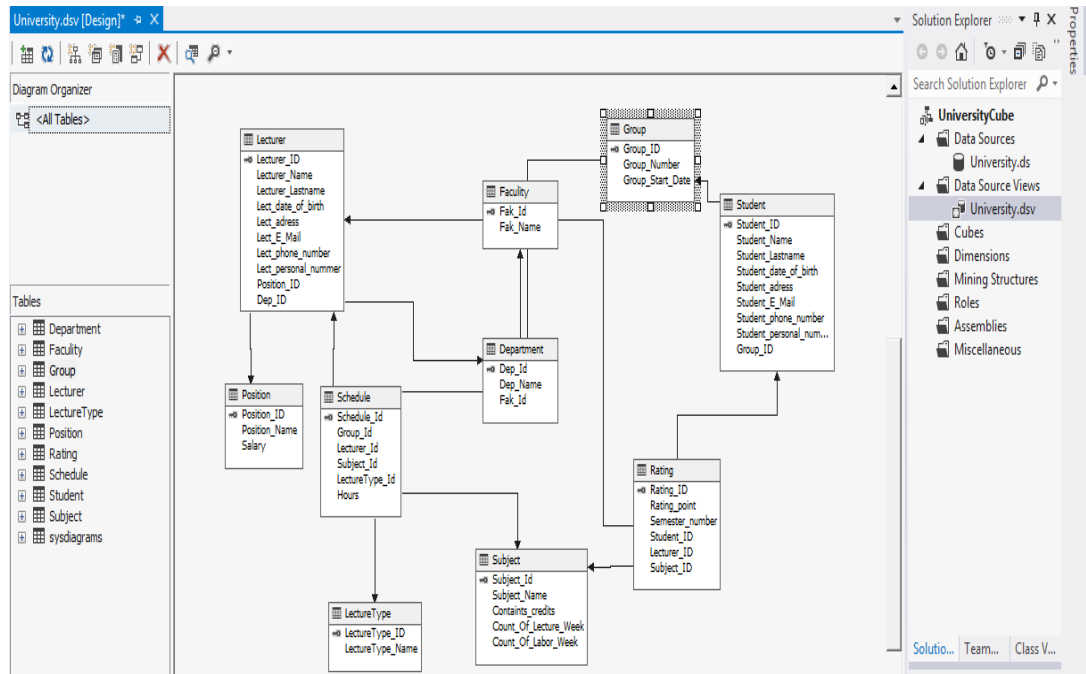
ნახ. 3.4.17 მონაცემთა ბაზის ცხრილები

ჩვენი მონაცემთა ბაზისთვის მონაცემთა წყაროს წარმოდგენა გამოვა ფოლდერში: Data Source Views. უფრო ზუსტად, აღნიშნულ ფოლდერში უნდა აისახოს ჩვენ მიერ დამუშავებული მონაცემთა ბაზა, საიდანაც შემდგომში უნდა განვსაზღვროთ განზომილებათა და ფაქტების ცხრილები.



ნახ. 3.4.3 შემუშავებული მონაცემთა ბაზა

როგორც ვხედავთ, მონაცემთა წყაროს წარმოდგენის შემადგენლობა აისახა მონაცემთა წყაროების წარმოდგენის კონსტრუქტორში Business Intelligence Development Studio გარემოში.



ნახ. 3.4.4 მონაცემთა წყაროს წარმოდგენა, ცხრილები და მათი კავშირები

აღნიშნული კონსტრუქტორი შეიცავს შემდეგ ელემენტებს:

- პანელი „დიაგრამა“, სადაც წარმოდგენილია გრაფიკული სახით ცხრილები და მათი კავშირები;
- პანელი „ცხრილები“, რომელზეც აისახება ცხრილები ხის სახით და მისი შემადგენელი ელემენტები;
- პანელი „სქემის ორგანიზატორი“ რომელზეც შეიძლება შევქმნათ ჩადგმული დიაგრამები, რომლებიც საშუალებას მოგვცემს დავათვალიეროთ ამ წარმოდგენის დონეები;
- ინსტრუმენტების პანელი.

მოცემულ კონსტრუქტორში შესაძლებელია დაკავშირებული ველების დათვალიერება.

ცხრილებს შეგვიძლია შევუცვალოთ სახელები თვისებების ფანჯარაში, რათა ეს სახელი გავხადოთ უფრო გასაგები. ამ ობიექტების სახელები შეიძლება შევცვალოთ მათი განსაზღვრის შემდეგაც. ეს გახდის კუბის ობიექტების სახელებს უფრო

გასაგებს. ასევე, მონაცემთა წყაროს წარმოდგენაში სვეტებს შეიძლება მივანიჭოთ უფრო გასაგები სახელები, განვსაზღვროთ გამოთვლითი სვეტები, ასევე შევავსოთ ცხრილები და წარმოდგენები, რათა გავხადოთ ისინი სამუშაოდ უფრო მოხერხებული. (მეფარიშვილი..., 2018: 33-40).

### **კუბის განზომილებების განსაზღვრა**

ანალიტიკის პროცესისასდმი განსაკუთრებული მოთხოვნაა დიდი რაოდენობის მონაცემებს შორის კანონზომიერებების პოვნა. ამ დროს ყურადღება ექცევა მაგალითად, არამხოლოდ ცალკეული სტუდენტის შეფასებას, არამედ მთლიანობაში სტუდენტების რეიტინგსა და საგნების შესწავლისადმი დამოკიდებულებას. კუბის განზომილება შედგება ეგრეთწოდებული ჭდეების ანუ წევრებისგან. მაგალითად საგანი შედგება სხვადასხვა საგნების ჩამონათვალისგან.

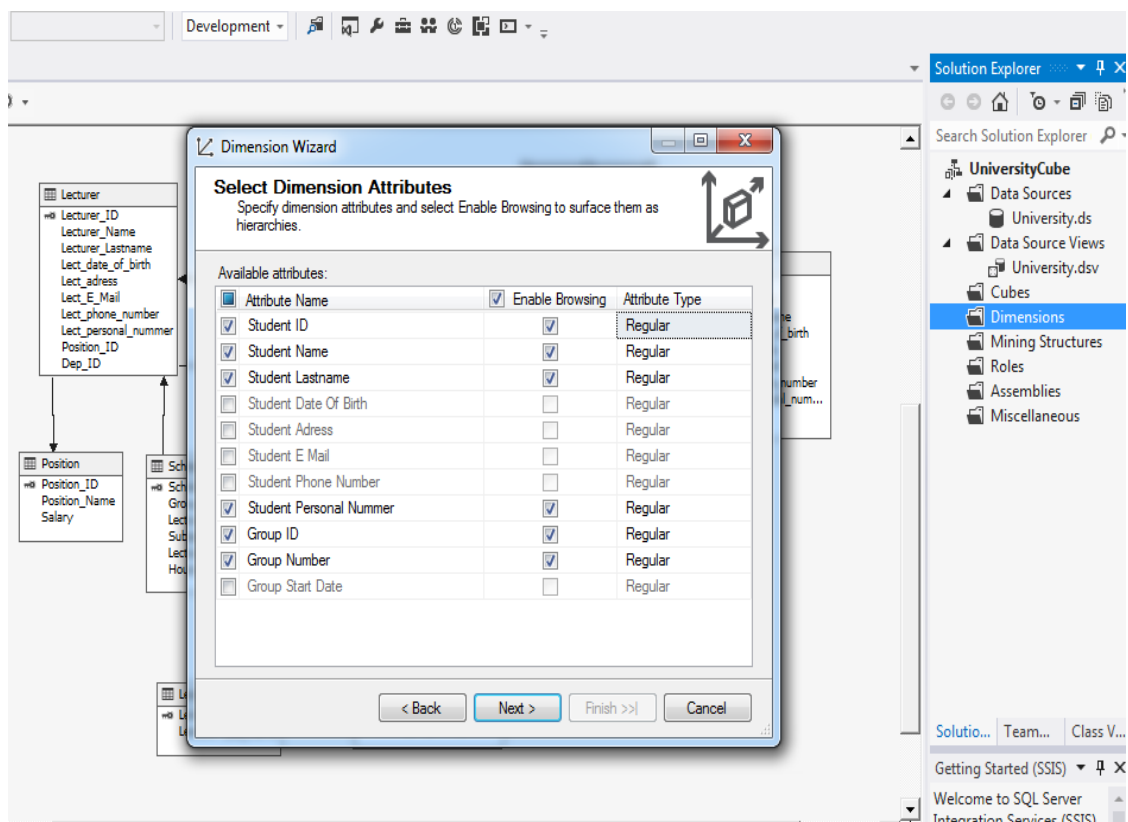
კუბის ღერძები წარმოადგენენ განზომილებებს, რომლებზეც განლაგდება პარამეტრები გასაანალიზებელ საგნობრივ არესთან მიმართებით, მაგალითად სტუდენტები, საგნები. აღნიშნული ღერძების გადაკვეთაზე განლაგდება მონაცემები, ფაქტები - ზომები, მოცემულ შემთხვევაში ეს იქნება შეფასებები, რომლებიც გამოსახულია რიცხვების სახით. ეს მარტივი შემთხვევაა, როდესაც გვაქვს ორი განზომილება და შედეგად მიიღება ცხრილი, რომელიც გვიჩვენებს სტუდენტების შეფასებებს საგნების მიხედვით. მაგრამ, თუ ამოცანას გავართულებთ და განზომილებას დავამატებთ და ვთქვათ მოცემულ შემთხვევაში ეს განზომილება იყოს ლექტორი, მაშინ მივიღებთ სამგანზომილებიან კუბს. შესაძლოა დავინტერესდეთ სხვადასხვა სემესტრების მიხედვით შეფასებებით. ამ შემთხვევაში კუბის უჯრაში იქნება რამდენიმე მნიშვნელობა.

მოცემულ ეტაპზე ანუ მონაცემთა წყაროს განსაზღვრის შემდეგ ავაგოთ განზომილებების ცხრილები. ფაქტობრივად ეს არის ატრიბუტების ჯგუფი, რომელიც წარმოადგენს ინტერესების არეს და რომელიც გამოიყენება ფაქტების ანალიზისთვის. მაგალითად, სტუდენტი - განზომილებისთვის ეს ატრიბუტები შეიძლება იყოს - გვარი, სახელი, ჯგუფის ნომერი, პერსონალური ნომერი და სხვა. ატრიბუტები შეგროვდება ერთი ან რამდენიმე ცხრილი - წყაროდან. შემდგომში ატრიბუტები ცალკეული განზომილების შიგნით შეიძლება ორგანიზებულ იქნას იერარქიებად.

შევქმნათ განზომილება student. მოვნიშნოთ „student“ ცხრილის ატრიბუტები:

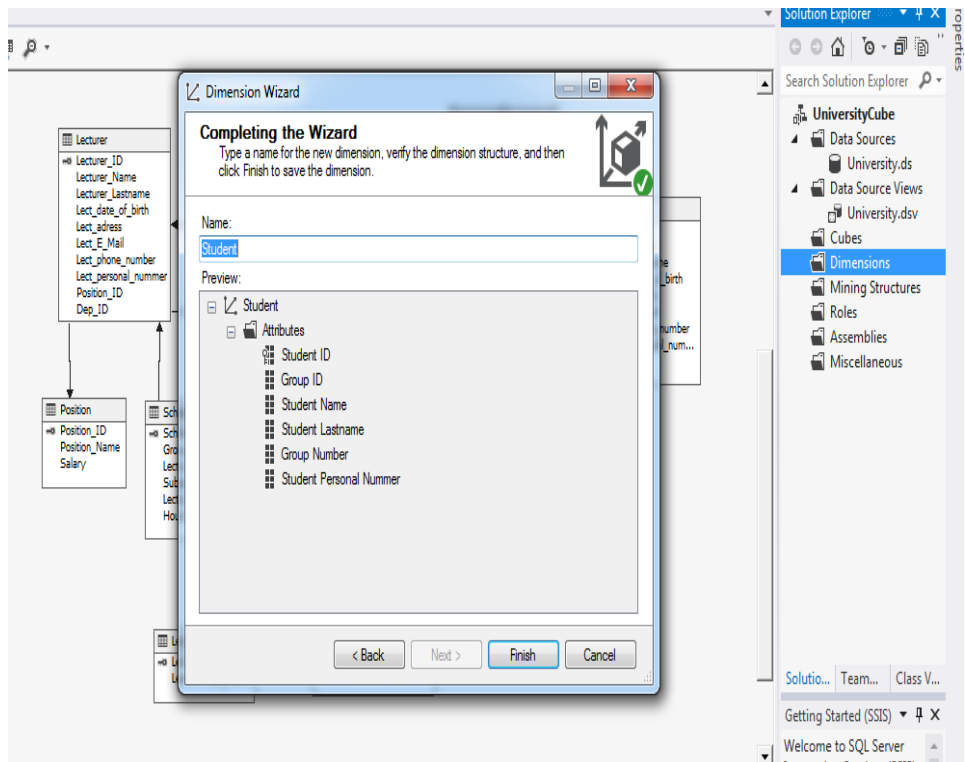
- Student Id
- Student Name
- Student Last Name
- Student Personal Number
- Group Id
- Group Number

ატრიბუტების ტიპებში ყველა ატრიბუტისთვის ავირჩიოთ Regular ტიპი.



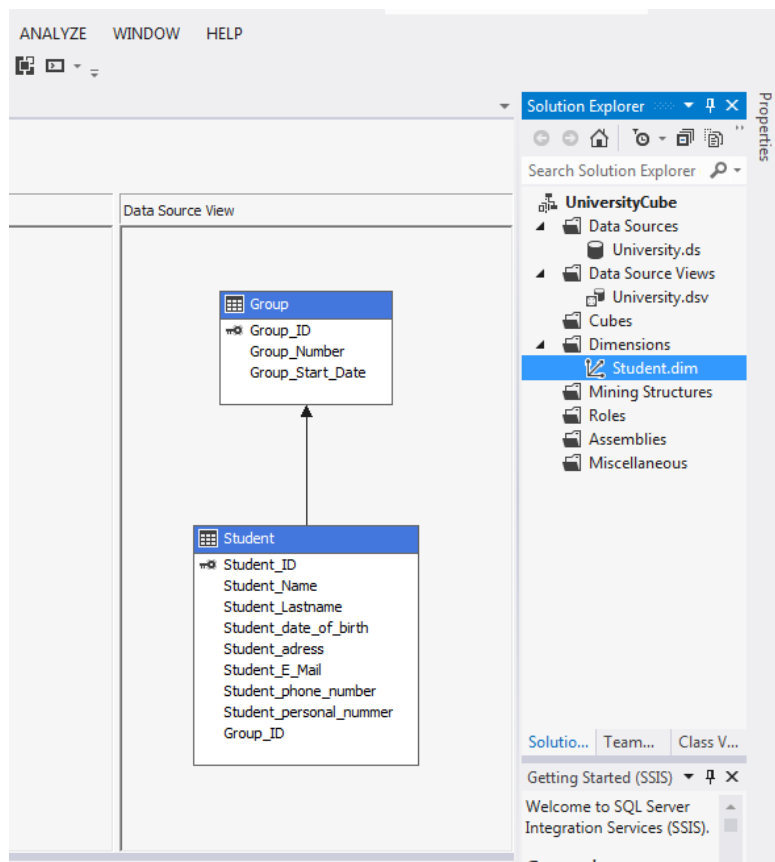
ნახ. 3.4.5 ატრიბუტისთვის ტიპის განსაზღვრა

როგორც ვხედავთ, დათვალიერების არეში აისახა განზომილება „Student“ და მისი ატრიბუტები:



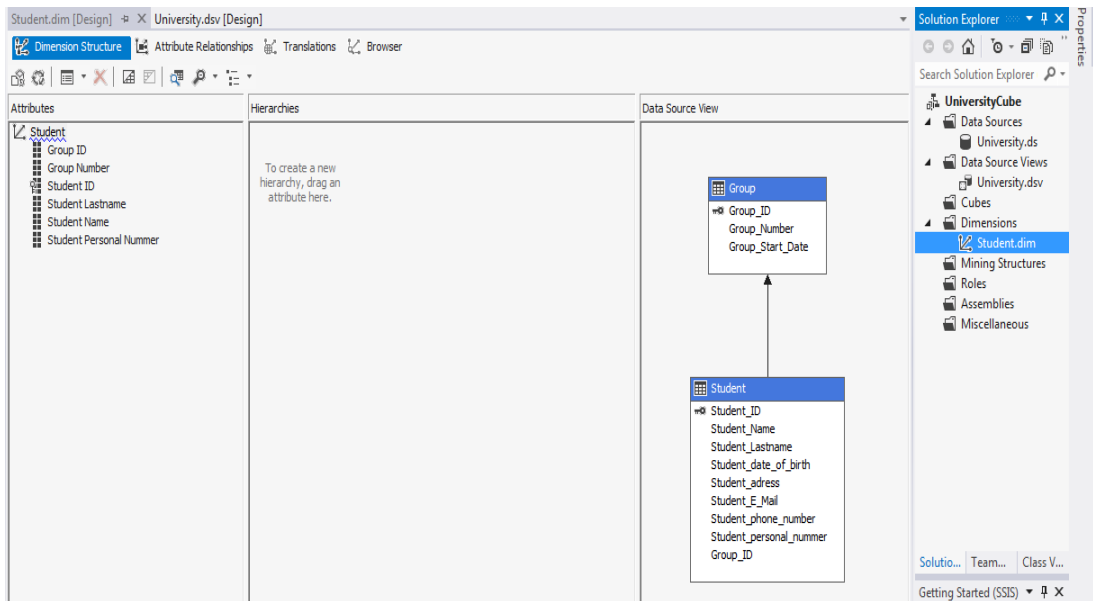
ნახ. 3.4.18 განზომილება „student“ და მისი ატრიბუტები

Dimensions საქალაქდებში გამოჩნდება განზომილება „Student“.



ნახ. 3.4.7 განზომილება „student“

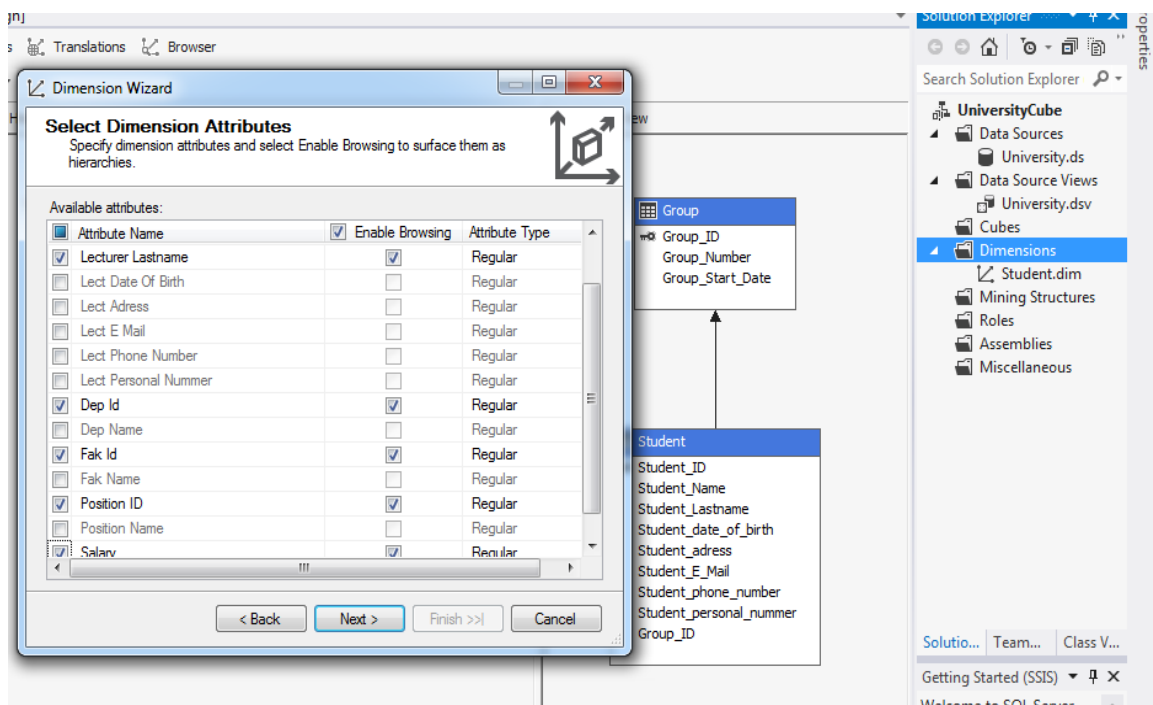
დამუშავების გარემოს ფანჯრის ცენტრალურ ნაწილში ეს განზომილება აისახება განზომილების კონსტრუქტორში:



ნახ. 3.4.8 განზომილების ასახვა კონსტრუქტორში

ანალოგიურად შევქმნათ განზომილება „lecturer“. მოვნიშნოთ „lecturer“ ცხრილის ატრიბუტები:

- Lecturer Name
- Lecture Lastname
- Dep Id
- Fak Id
- Position Id
- Lect\_date\_of\_birth
- Lect\_address
- Lect\_E-Mail
- Lect\_Personal\_Number
- lect\_phone\_number

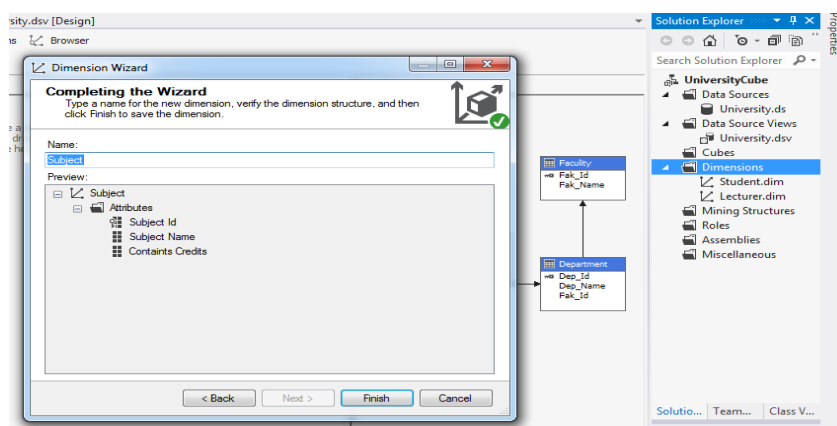


ნახ. 3.4.9 განზომილება „Lecturer“-ის შექმნა

ავლნიშნოთ ჩამოთვლილი ატრიბუტები რაც გვსურს რომ გამოყენებული იქნეს განზომილების იერარქიის შექმნისას.

ავაგოთ განზომილება „Subject“, რომლის ატრიბუტებია: (მეფარიშვილი, 2018: 65-68).

- Subject Id
- Subject Name
- Containts\_credits
- Count\_Of\_Lecture\_Week
- Count\_of\_Labor\_Week



ნახ. 3.4.10 განზომილება „subject“



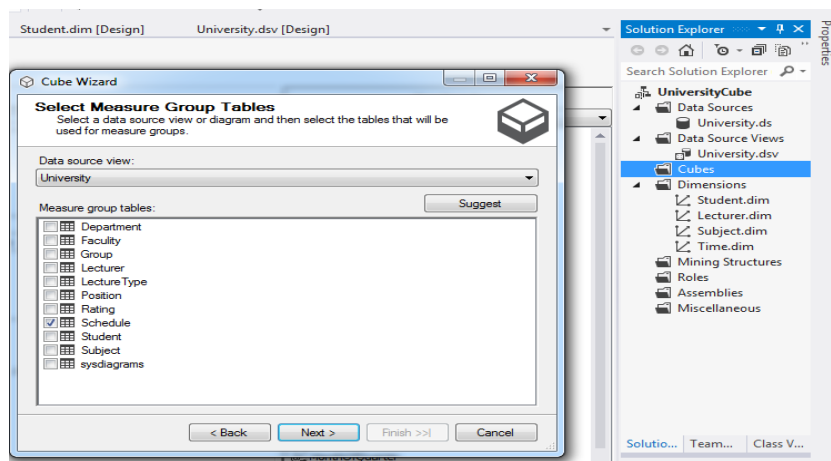
## ფაქტების ანუ ზომათა ცხრილების შექმნა

ზომები ძირითადად გამოსახულია რიცხვების სახით, რომლებიც შემდგომ გამოიყენება გამოთვლებისთვის, სტატისტიკური ანალიზისთვის. ცალკეული კუბი უნდა შეიცავდეს ერთ ზომას მაინც, თუმცა კუბების უმრავლესობა შეიცავს რამდენიმე ზომას. იგი არის კონტექსტურად დამოკიდებული და მუშაობს რიცხვით მონაცემებთან კონტექსტში, რომელიც განისაზღვრება მოთხოვნაში ჩართული ნებისმიერი ელემენტებით. მაგალითად, ზომა, რომელიც განსაზღვრავს სტუდენტის საშუალო ქულას, მხარდაჭერილი იქნება Average ოპერატორით და გამოითვლის ქულათა საშუალო არითმეტიკულს. ასევე, მას ექნება აგრეგაციის სხვა ფუნქციების მხარდაჭერა.

განზომილებათა ცხრილების აგების შემდეგ ვაგებთ ზომათა ანუ ფაქტების ცხრილებს. ჩვენი ამოცანისთვის ეს არის „Schedule“. ზომა მიიღებს მნიშვნელობებს ერთი ან რამდენიმე საწყისი ცხრილის სვეტებიდან და დაჯგუფდება ზომათა ჯგუფში.

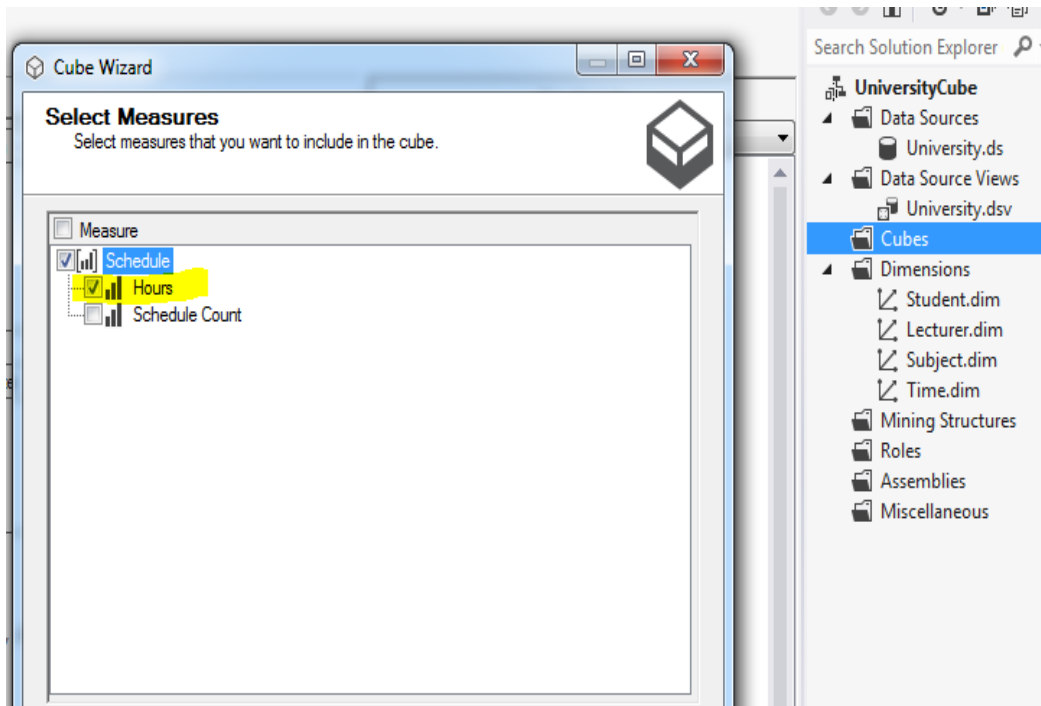
ავირჩიოთ ყველა რიცხვითი სვეტი ფაქტების ცხრილში, რომლებიც არ არიან მიბმულნი განზომილებებთან. ეს ოთხი სვეტი არ არის ფაქტიური განზომილებები. პირველი სამი წარმოადგენს გასაღებურ მნიშვნელობას, რომლებიც აკავშირებენ ფაქტების ცხრილს განზომილებათა ცხრილთან, რომლებიც არ გამოიყენება ამ კუბის პირველსაწყის ვერსიასთან.

ავაგოთ კუბი კონკრეტული ამოცანისთვის. ზომად ავიღოთ დატვირთვის ცხრილი:



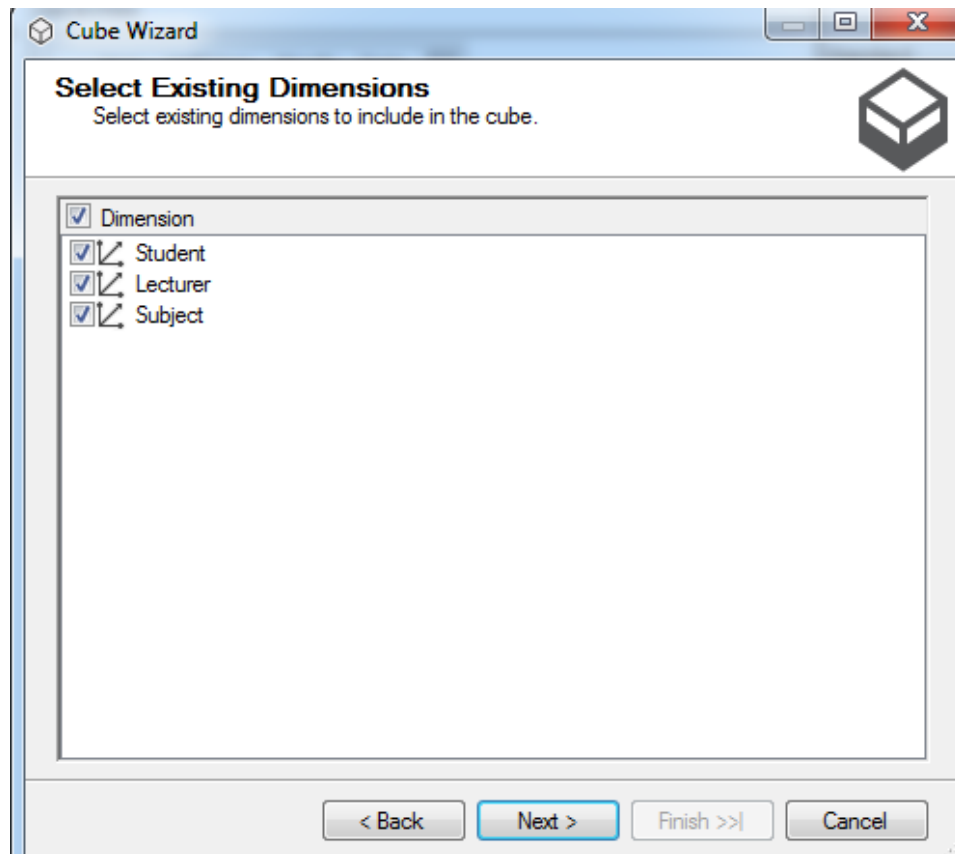
ნახ. 3.4.11 კუბის შექმნა

ვირჩევთ საათებს

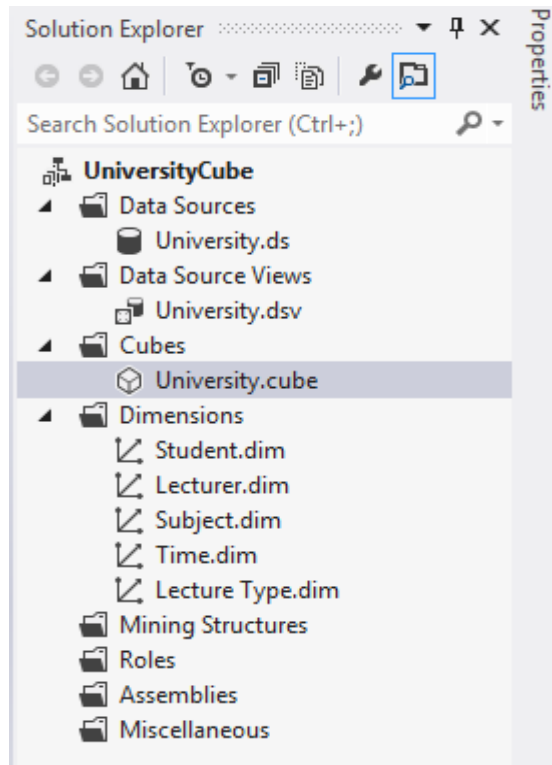


ნახ. 3.4.12 კუბისთვის საათების განსაზღვრა

ვირჩევთ მოცემული კუბისთვის საჭირო განზომილებებს:



ნახ. 3.4.13 კუბისთვის განზომილებების არჩევა



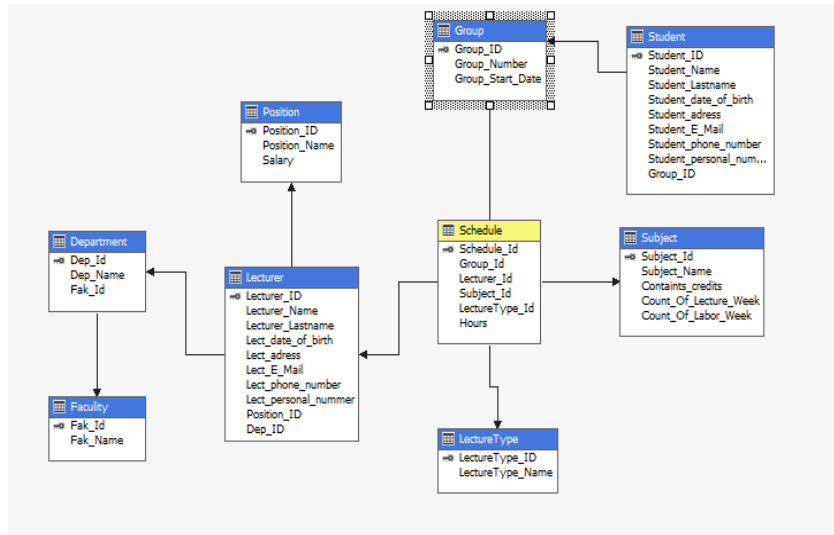
ნახ. 3.4.14 შექმნილი კუბი

განზომილების განსაზღვრის შემდეგ ისინი შეიძლება შევავსოთ ატრიბუტებით, რომლებიც წარმოადგენენ მონაცემთა ყველა ელემენტს განზომილებაში. ატრიბუტები, ჩვეულებრივ, ეფუძვნება ველებს მონაცემთა წყაროს წარმოდგენებიდან. განზომილებაზე ატრიბუტების დამატებისას შეიძლება ჩავრთოთ ველები ნებისმიერი ცხრილიდან მონაცემთა წყაროს წარმოდგენაში.

მოცემულ ამოცანაში განზომილებათა კონსტრუქტორის დახმარებით Student განზომილებაში დაემატება ატრიბუტები Group ცხრილიდან. ასევე, Lecturer განზომილებას დაემატება ატრიბუტები department, Position ცხრილებიდან.

კუბის დათვალიერებისას ჩანს, რომ მისაწვდომია მრავალი განზომილება, თუმცა მონაცემთა ბაზის დონეზე შექმნილი იყო უფრო ნაკლები განზომილება. კუბს აქვს მეტი განზომილება, ვიდრე მონაცემთა ბაზას, რადგან ზოგიერთი განზომილება შეიძლება დაკავშირებული იყოს სხვა რამდენიმე განზომილებასთან. მაგალითად დეპარტამენტი და ფაკულტეტი განზომილებები დაკავშირებულია როგორც სტუდენტ, ასევე, ლექტორი განზომილებებთან. მაგალითად, კუბის ორი დეპარტამენტის განზომილება მომხმარებელს საშუალებას აძლევს კუბი გაიყოს ორ სხვადასხვა ფაქტებად, რომელიც დაკავშირებულია ცალკეულ ობიექტებთან,

როგორცაა: სტუდენტის ფაკულტეტი და ლექტორის ფაკულტეტი. მონაცემთა ბაზის ერთი განზომილების განმეორებითი გამოყენება კუბის რამდენიმე განზომილებისთვის ამარტივებს განზომილებათა მართვას, ამცირებს მეხსიერებაზე მოთხოვნას და მონაცემთა დამუშავების საერთო დროს. (მეფარიშვილი..., 2018: 49-56).



ნახ. 3.4.15 კუბის განზომილებების კავშირები

### ამოცანის განშლა

კუბისა და მონაცემთა განზომილებების დასათვალისწინებლად საჭიროა ამოცანის განშლა Analysis Services-ის მითითებულ ეგზემპლარზე, შემდეგ კი შესრულდეს კუბის და მისი განზომილებების დამუშავება. განშლის დროს იქმნება განსაზღვრული ობიექტები. ობიექტების დამუშავების დროს მონაცემები მონაცემთა საბაზო წყაროებიდან კოპირდება კუბის ობიექტებში.

CASE ინსტრუქციის გამოყენებით შესაძლებელია Subject -ის თითოეული სტრიქონისთვის კუბში გასაგები სახელების შექმნა:

CASE Subject

WHEN 'M' THEN 'Mathematic'

WHEN 'P' THEN 'Programming'

WHEN 'S' THEN 'Statistic'

WHEN 'B' THEN 'BigDate'

ELSE 'Components'

END

მოცემული SQL სცენარი მოათავსებს ახალ სვეტში გაერთიანებულ კალენდარულ სემესტრს და წელს ცხრილის ცალკეული სემესტრისთვის.

CASE

WHEN CalendarSemester = 1 THEN 'H1' + ' ' + 'CY' + ' '

+ CONVERT(CHAR(4), CalendarYear)

ELSE

'H2' + ' ' + 'CY' + ' ' + CONVERT(CHAR(4), CalendarYear)

END

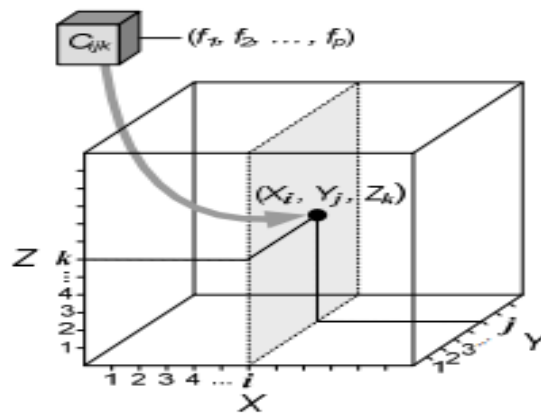
(მეფარიშვილი, 2018: 112).

### 3.5 OLAP კუბებისა და ჰიპერკუბის აგება

განზომილებებისა და ფაქტების ცხრილების შექმნის შემდეგ ავაგოთ კუბი, რისთვისაც ვირჩევთ ფაქტების ცხრილს მომავალი კუბისთვის. ჩვენ შემთხვევაში ეს არის ცხრილი - shedule. შემდეგ ფაქტების ცხრილიდან ავირჩიოთ ერთი ან რამდენიმე ველი, რომლის საფუძველზეც გამოითვლება კუბის ზომები. ავირჩიოთ ველები: group\_number, subject\_name, hours. შემდეგი ბიჯი არის კოლექტიური განზომილებების არჩევა, რომელიც გამოიყენება მოცემულ კუბში. ავირჩიოთ lecturer\_name, lecturer\_lastname, lecture\_type. გარდა ამისა დავამატოთ ახალი, კერძო განზომილება department. ამდენად, ჩვენ განვსაზღვრეთ კუბის მეტამონაცემები. კუბების რედაქტორში შეგვიძლია შევიტანოთ ცვლილებები. საჭიროების შემთხვევაში შეიძლება შესწორებების შეტანა კუბის განსაზღვრაში. მაგალითად, დავამატოთ ან წავშალოთ განზომილებები ან ზომები, შევქმნათ გამოთვლითი მნიშვნელობები.

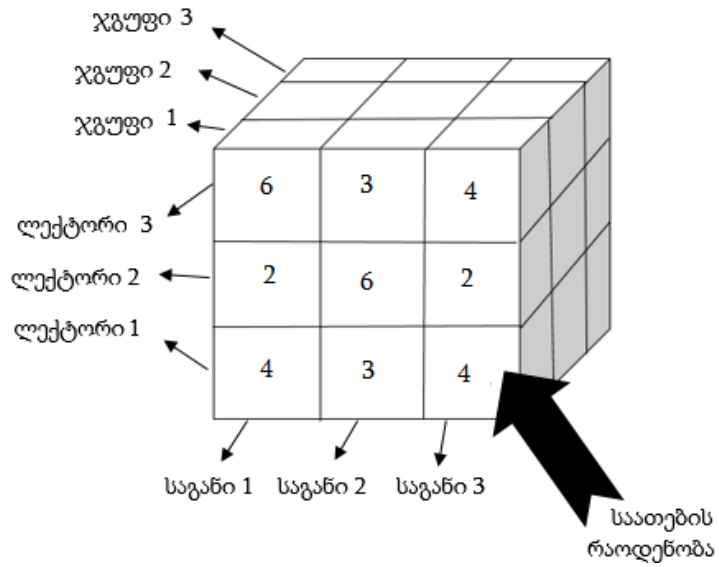
კუბის ცალკეულ უჯრაში განთავსებულია რამდენიმე ზომა - მაჩვენებელი. ნახაზზე უჯრასთან ასოცირებულია p მაჩვენებელი: (f1, f2, ..., fp). ჩვეულებრივ,

ერთნაირი ტიპის ყველა ზომა ერთგვაროვანია ანუ წარმოადგენს რომელიმე მაჩვენებლის სხვადასხვა მნიშვნელობებს. როგორც წესი, მაჩვენებლის როლში არის რიცხვითი მნიშვნელობა. კუბის უჯრების ერთობლიობა, რომელიც შეესაბამება სხვადასხვა განზომილებებიდან დაფიქსირებულ კოორდინატებს ქმნიან ჭრებს კუბის ამ კოორდინატების მიხედვით. კუბის ყველა განზომილების კოორდინატების მიხედვით ჭრის შედეგი იქნება ცალკეული უჯრა. ნახ.3.5.1-ზე მოცემულია მონაცემთა ჰიპერკუბი, სადაც  $x$ ,  $y$  და  $z$  კოორდინატებს შეესაბამება კუბის განზომილებები. განზომილებები ასრულებენ ინდექსების როლს, რომლებიც გამოიყენება მაჩვენებლების მნიშვნელობების იდენტიფიცირებისთვის, რომლებიც იმყოფებიან ჰიპერკუბის უჯრებში.



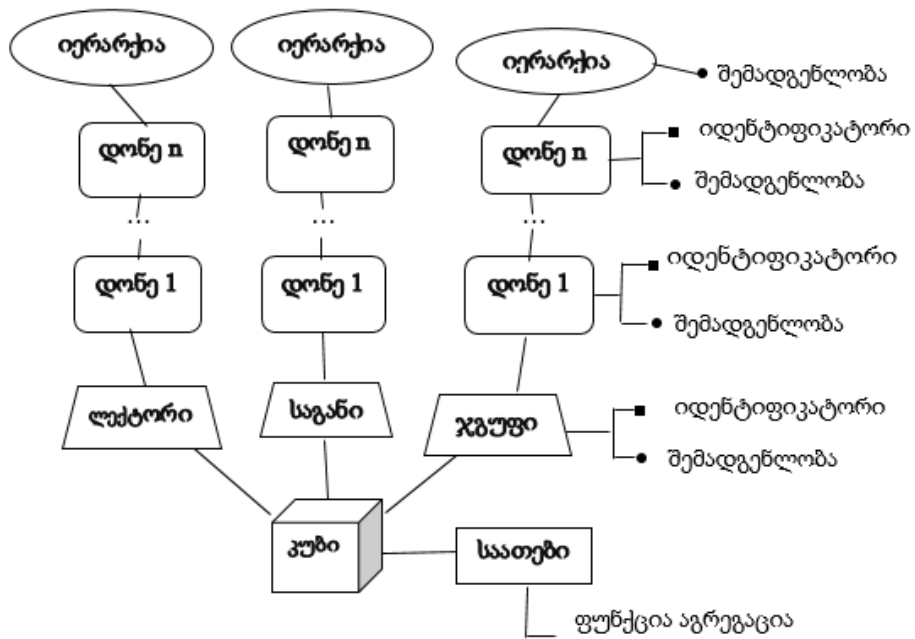
ნახ. 3.5.1 ჰიპერკუბი  $x$ ,  $y$  და  $z$  კოორდინატებით

სხვადასხვა განზომილებების წევრების კომბინაცია ასრულებს კოორდინატების როლს, რომლებიც განსაზღვრავენ გარკვეული მაჩვენებლის მნიშვნელობას. რამდენადაც კუბისთვის შეიძლება განისაზღვროს რამდენიმე მაჩვენებელი, ამდენად ყველა განზომილების კომბინაცია განსაზღვრავს რამდენიმე უჯრას ცალკეული მაჩვენებლების მნიშვნელობებით. ამიტომ, უჯრის ცალსახად იდენტიფიცირებისთვის საჭიროა განზომილებისა და მაჩვენებლების ყველა კომბინაციის მითითება. ნახ.3.5.2-ზე წარმოდგენილია კუბი სამი განზომილებით: ლექტორები, საგნები, ჯგუფები:



ნახ. 3.5.2 კუბი განზომილებებით: ლექტორები, ჯგუფები, საგნები

კუბის განზომილებები დავყოთ იერარქიებად, რაც აუცილებელია მაჩვენებლების მნიშვნელობების აგრეგაციისა და დეტალიზაციისთვის იერარქიული სტრუქტურის შესაბამისად. ნახ.3.5.3-ზე წარმოდგენილია კუბის იერარქიებად დაშლის განზოგადოებული სქემა:



ნახ. 3.5.3 დატვირთვის კუბის შემადგენელი ელემენტები

ჰიპერკუბი ნახაზზე გამოსახულია კუბის სიმბოლოთი. მასთან დაკავშირებულია კუბის განზომილება, ასევე ზომა. მოცემულია იერარქია და იერარქიის დონეები.

გამოვიყენოთ ბალანსირებული იერარქია, რადგან ჩვენ ამოცანაში დონეთა რიცხვი განსაზღვრულია მისი სტრუქტურით და შეუცვლელია, ხოლო იერარქიული ხის ცალკეული ტოტი შეიცავს ობიექტებს ცალკეული დონიდან. ლექტორების დატვირთვის ამოცანაში: ცალკეული ლექტორი ასწავლის რამდენიმე საგანს, ხოლო ცალკეული საგანი ისწავლება რამდენიმე ჯგუფში. ამდენად, შეიძლება ითქვას, რომ ლექტორების დატვირთვის ამოცანაში საქმე გვაქვს ამ ობიექტების სამდონიან იერარქიასთან. მოცემულ შემთხვევაში იერარქიის პირველ დონეზე განთავსდებიან ლექტორები, მეორეზე - საგნები, ხოლო მესამეზე - ჯგუფები.

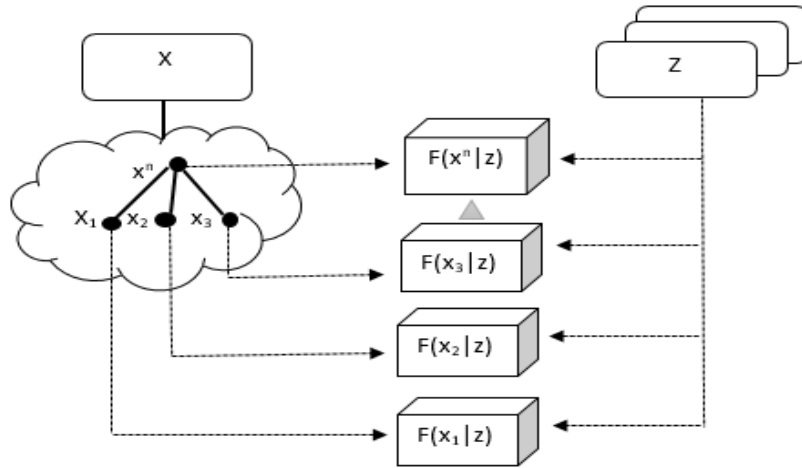
ჯგუფების დატვირთვის ამოცანაში: ცალკეულ ჯგუფში ისწავლება რამდენიმე საგანი, ხოლო ცალკეულ საგანს შეიძლება ასწავლიდეს რამდენიმე ლექტორი. მაგალითად, ლექციას ატარებდეს ერთი, ხოლო ლაბორატორიულს ან პრაქტიკულს - მეორე.

როგორც ვხედავთ ბალანსირებული იერარქიის ფორმირებისთვის საჭიროა „ერთი-მრავალთან“ კავშირის არსებობა ნაკლებად დეტალური დონის ობიექტებსა და გაცილებით დეტალური დონის ობიექტებს შორის. პრინციპში ბალანსირებული იერარქიის ცალკეული დონე შეიძლება წარმოვადგინოთ, როგორც ცალკე მარტივი განზომილება, მაგრამ მაშინ ეს განზომილებები აღმოჩნდებიან დამოკიდებულები, ამდენად საჭიროა კუბის ჭრის შესაძლებლობის ამაღლება.

გამსხვილებული კოორდინატების განზომილებებთან გათანაბრება მრავალგანზომილებიანი მოდელირების მნიშვნელოვანი თავისებურებაა. ეს ელემენტები შეიძლება გამოყენებულ იქნას განზომილებათა კოორდინატების სახით ჰიპერკუბის უჯრედების დამისამართებისთვის ზუსტად ისევე, როგორც ჩვეულებრივი ფაქტ-კოორდინატები. გამსხვილებულ კოორდინატებს ჰიპერკუბში შეესაბამება ეგრეთწოდებული აგრეგირებული ანუ შემაჯამებელი უჯრედები, ფაქტების უჯრედებისგან განსხვავებით, რომელთა ყველა კოორდინატი წარმოადგენს ფაქტ-კოორდინატებს. მნიშვნელობები, რომლებიც შედიან



შემაჯამებელ უჯრედებში და რომლებიც შეესაბამებიან იერარქიის რომელიმე დონის გამსხვილებულ კოორდინატებს, ფორმირდებიან იერარქიის ქვედა დონის კოორდინატების შესაბამისი უჯრედების მნიშვნელობების ბაზაზე. ნახ.3.5.4-ზე წარმოდგენილია შემაჯამებელი უჯრედების ფორმირების სქემა.

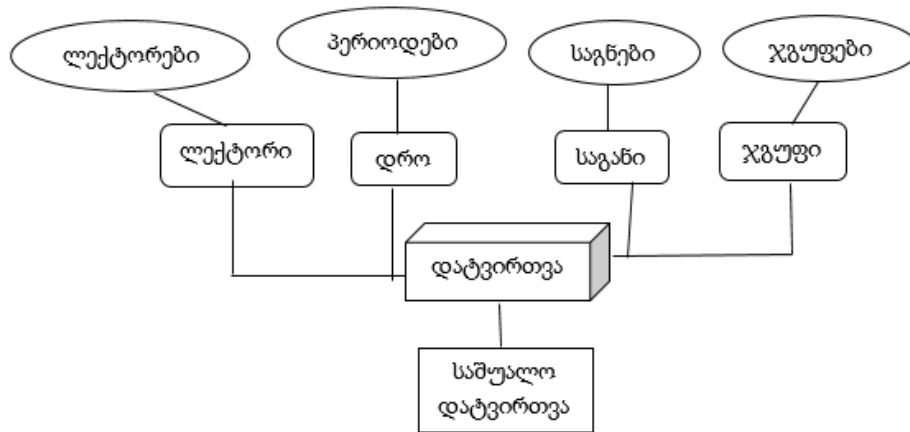


ნახ. 3.5.4 შემაჯამებელი უჯრედების ფორმირების სქემა

როგორც წარმოდგენილი ნახაზიდან ჩანს, ჰიპერკუბში გამსხვილებულ კოორდინატებს შეესაბამება აგრეგირებული უჯრედები, რომლის ყველა კოორდინატი არის ფაქტ-კოორდინატი. შემაჯამებელ უჯრედში განთავსებული მნიშვნელობები ფორმირდება იმ უჯრედის მნიშვნელობების საფუძველზე, რომლებიც იმყოფებიან იერარქიის ქვედა დონეზე.

ზოგიერთი განზომილება შეიძლება გავლენას არ ახდენდეს ჯამურ მაჩვენებელზე, ამიტომ შეიძლება არ იქნას გათვალისწინებული აგრეგაციის პროცესში. ეს ეფექტი განსაკუთრებით ვლინდება ფესვური უჯრედის შეჯამებისას.

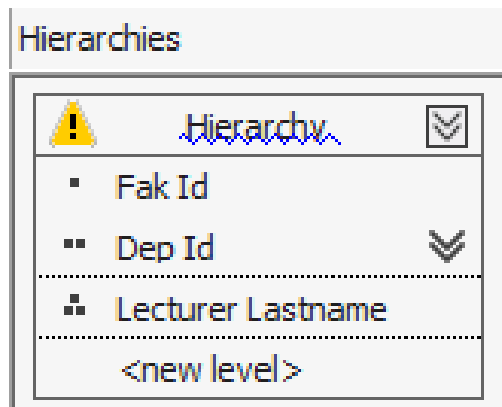
ნახ.3.5.5-ზე წარმოდგენილია ჰიპერკუბის მოდელი დატვირთვის შესაფასებლად. ზომა: „საშუალო დატვირთვა“ ეფუძვნება ფაქტს: „დატვირთვა“. მასში მონაწილეობს ოთხი განზომილება: „ლექტორი“, „საგანი“, „ჯგუფი“, „დრო“. დავუშვათ, არ გვაქვს შუალედური იერარქიები. განვიხილოთ ფესვური უჯრედის შეჯამების შემთხვევა: ვთქვათ, გვინდა გამოვითვალოთ ჯამური მაჩვენებელი, რომელიც არის ფესვური „ლექტორი“ და „ჯგუფი“ განზომილების მიხედვით.



ნახ. 3.5.5 ჰიპერკუბის მოდელი დატვირთვის შესაფასებლად

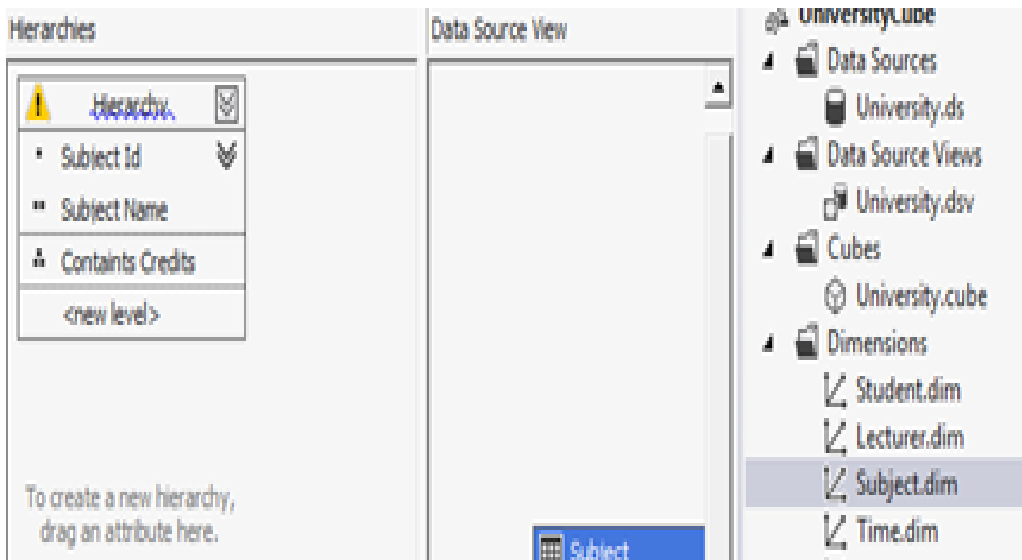
მაგალითად, გამოვითვალოთ კონკრეტული ლექტორის საშუალო ჯგუფური დატვირთვა. აქედან გამომდინარე შესაძლებელია გამოვითვალოთ დეპარტამენტის ყველა ლექტორის საშუალო დატვირთვა. მაგრამ, როდესაც გვინდა გამოვითვალოთ მაგალითად, ლექტორების დატვირთვა დეპარტამენტების, ფაკულტეტების მიხედვით, მაშინ საჭიროა განზომილებების დაყოფა იერარქიებად.

ნახ.3.5.6-ზე წარმოდგენილია ლექტორების იერარქიის სტრუქტურა, სადაც პირველ დონეზე არის ფაკულტეტი, მეორეზე - დეპარტამენტი, ხოლო მესამე დონეზე - ლექტორი:



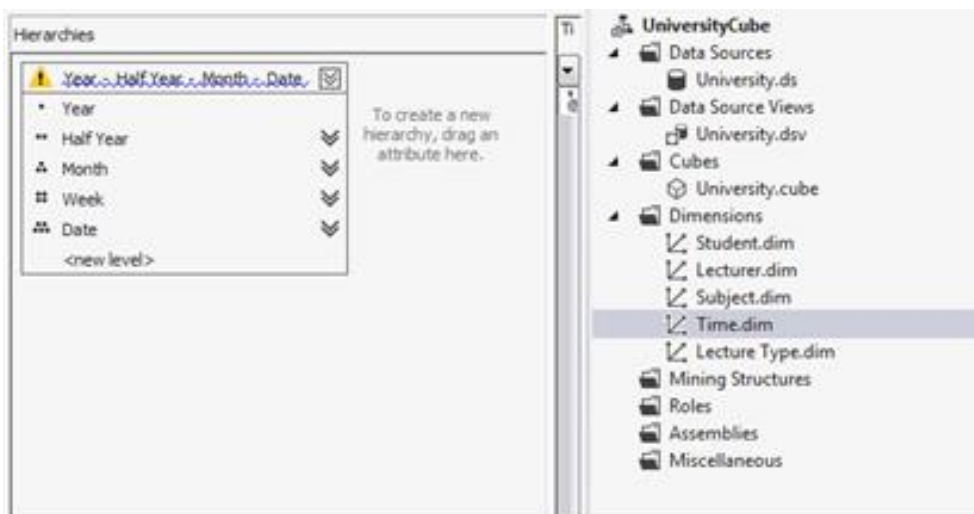
ნახ. 3.5.6 „ლექტორები“ განზომილებების იერარქია

შესაბამისად, წარმოვადგინოთ საგნის იერარქია, სადაც პირველ დონეზეა საგნის კოდი, მეორეზე - საგნის დასახელება, ხოლო მესამეზე - საგნისთვის განკუთვნილი კრედიტების რაოდენობა. ნახ.3.5.7-ზე წარმოდგენილია საგნის იერარქიის სტრუქტურა:



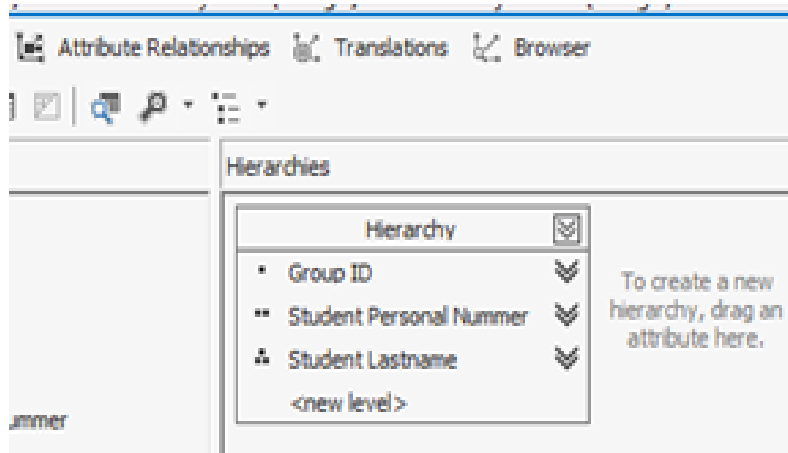
ნახ. 3.5.7 „საგანი“ განზომილების იერარქია

დროის იერარქია წარმოდგენილია შემდეგი დონეების სახით: წელი, სემესტრი ანუ წელიწადის ნახევარი, თვე, კვირა და დღე. ნახ.3.5.8-ზე წარმოდგენილია დროის (პერიოდის) იერარქიის სტრუქტურა:



ნახ. 3.5.8 „დრო“ განზომილების იერარქია

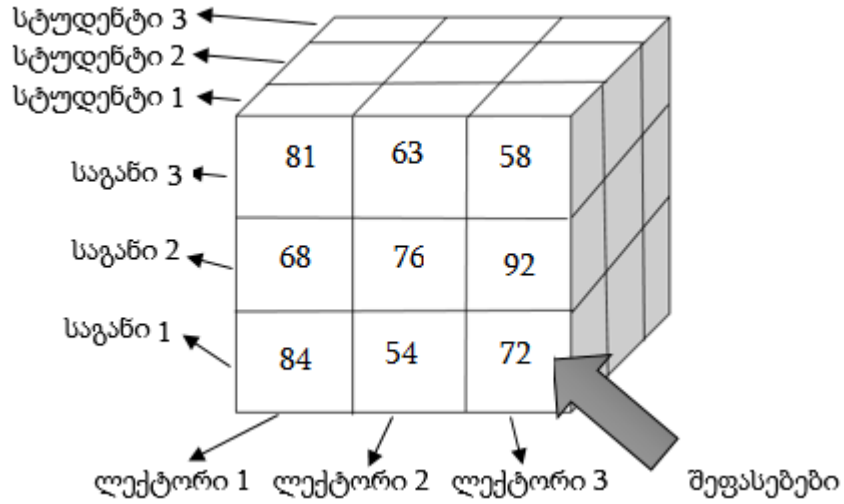
ჯგუფური მეცადინეობების გარდა, რაშიც მოიაზრება ლექციები, პრაქტიკული და ლაბორატორიული მეცადინეობები, ჯგუფისთვის გათვალისწინებულია საკონსულტაციო საათები და ასევე ინდივიდუალური მუშაობა სტუდენტებთან, რაც მოითხოვს „სტუდენტი“ განზომილების დაყოფას იერარქიებად. ნახ.3.5.9-ზე წარმოდგენილია „სტუდენტი“ განზომილების იერარქიული სტრუქტურა, სადაც იერარქიის პირველ დონეზე არის ჯგუფი, ხოლო შემდეგ დონეზე - სტუდენტი:



ნახ. 3.5.9 „სტუდენტი“ განზომილების იერარქია

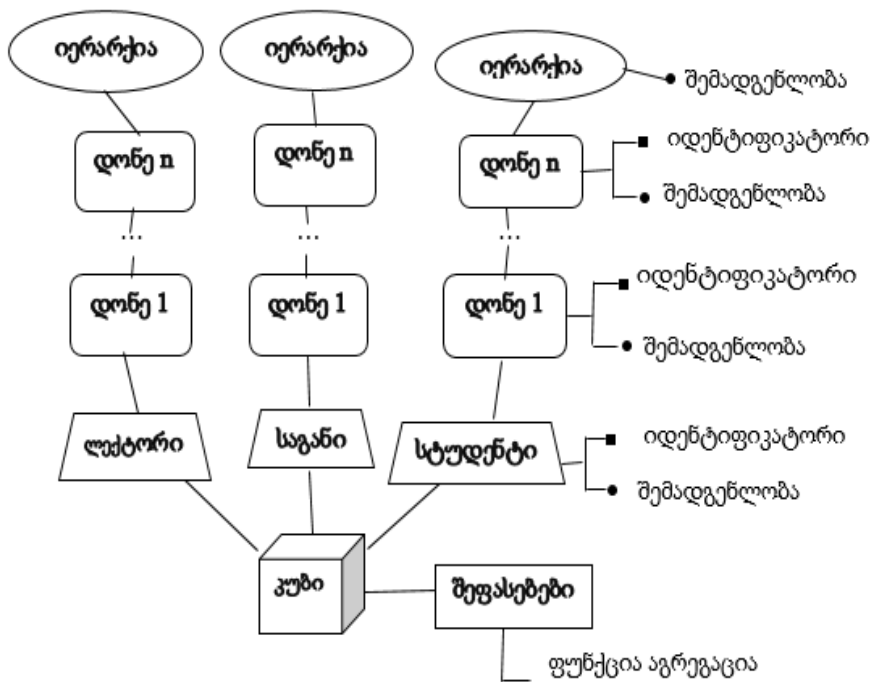
როგორც დასაწყისში ავღნიშნეთ, ჩვენ ვამუშავებთ ორ ამოცანას. მეორე ამოცანა არის სტუდენტთა აკადემიური მოსწრების ანალიზის ამოცანა. კუბის ასაგებად ავირჩიოთ ფაქტების ცხრილი მომავალი კუბისთვის. მოცემული ამოცანისთვის ეს იქნება ცხრილი - Rating. შემდეგ ფაქტების ცხრილიდან ავირჩიოთ ერთი ან რამდენიმე ველი, რომლის მიხედვითაც შემდგომში გამოითვლება კუბის ზომები მოცემული ამოცანისთვის. ავირჩიოთ ველები: Subject\_name, Student\_number, Rating\_point. შემდგომ ეტაპზე ავირჩიოთ განზომილებები, რომლებიც გამოიყენება მოცემულ კუბში: Lecturer\_name, lecturer\_lastname, group\_number. გარდა ამისა დავამატოთ ახალი, კერძო განზომილება: Faculty. ამრიგად, ჩვენ განვსაზღვრეთ კუბის მეტამონაცემები. საჭიროების მიხედვით კუბების რედაქტორში შეგვიძლია შევიტანოთ ცვლილებები. დავამატოთ განზომილებები და ფაქტები ან წავშალოთ ზედმეტად რაც მიგვაჩნია. შევქმნათ გამოთვლითი მნიშვნელობები.

ნახ.3.5.10.-ზე კუბში წარმოდგენილია სამი განზომილება, რომელიც შეესაბამება x, y და z კოორდინატებს. განზომილებებად აღებულია: Lecturer, Subject\_name, Student\_number:



ნახ. 3.5.10 კუბი განზომილებებით: Lecturer, Subject\_name, Student\_number

ნახ. 3.5.11.-ზე მნიშვნელობების აგრეგაციისა და დეტალიზაციისთვის საჭიროა კუბის განზომილებები დავყოთ იერარქიულ სტრუქტურებად.

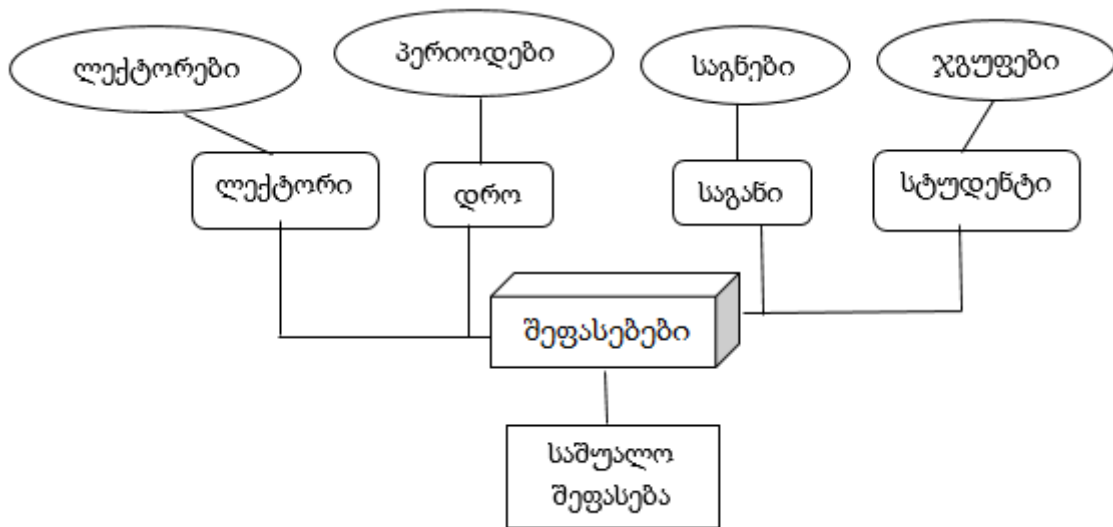


ნახ. 3.5.11 შეფასებების კუბის შემადგენელი ელემენტები

ჩვენი ამოცანისთვის გამოვიყენოთ ბალანსირებული იერარქია, რადგან მოცემულ შემთხვევაში დონეთა რიცხვი განსაზღვრულია მისი სტრუქტურით და შეუცვლელია, ხოლო იერარქიული ხის ცალკეული ტოტი შეიცავს ობიექტებს ცალკეული დონიდან. (ოვსიანიტსკაია, 2014: 271-278).

როგორც წინა ამოცანაში განვიხილეთ, მოცემულ ამოცანაში ანალოგიურად გვექნება აგრეგირებული უჯრედები. შემაჯამებელ უჯრედში განთავსდებიან მნიშვნელობები, რომელთა ფორმირება მოხდება იერარქიის ქვედა დონეზე განთავსებული უჯრედის მნიშვნელობების საფუძველზე. ის განზომილებები, რომლებიც გავლენას არ ახდენენ ჯამურ მაჩვენებელზე, აგრეგაციის პროცესში არ იქნება გათვალისწინებული.

ნახ.3.5.12-ზე წარმოდგენილია ჰიპერკუბის მოდელი აკადემიური მოსწრების შესაფასებლად:



ნახ. 3.5.12 ჰიპერკუბის მოდელი აკადემიური მოსწრების შესაფასებლად

ზომა „საშუალო ქულა“, ეფუძვნება ფაქტს „შეფასება“, მასში მონაწილეობს ოთხი განზომილება: Lecturer, Subject, Student, Time. ვთქვათ არ გვაქვს შუალედური იერარქიები. განვიხილოთ ფესვური უჯრედის შეჯამების ორი შემთხვევა: ვთქვათ, გვინდა გამოვითვალოთ ჯამური მაჩვენებელი, რომელიც არის ფესვური Student და Subject განზომილების მიხედვით. მაგალითად, გამოვითვალოთ განსაზღვრული მასწავლებლის შეფასებების საშუალო ქულა. ამავდროულად, ეს იქნება ამავე მასწავლებლის მიერ შეფასებული ყველა სტუდენტის საშუალო ქულა. ერთ მასწავლებელს გამოცდაზე შეუძლია მიიღოს მრავალი სტუდენტი, ამიტომ ჯამური მაჩვენებლის მიღებისთვის საჭიროა Rating მაჩვენებლის აგრეგირება. აგრეგირებაში მონაწილეობს განზომილება: Lecturer. მეორე შემთხვევაში გვინდა გამოვითვალოთ სტუდენტის ჯამური მაჩვენებელი, მაგალითად, სტუდენტის საშუალო ქულა ყველა

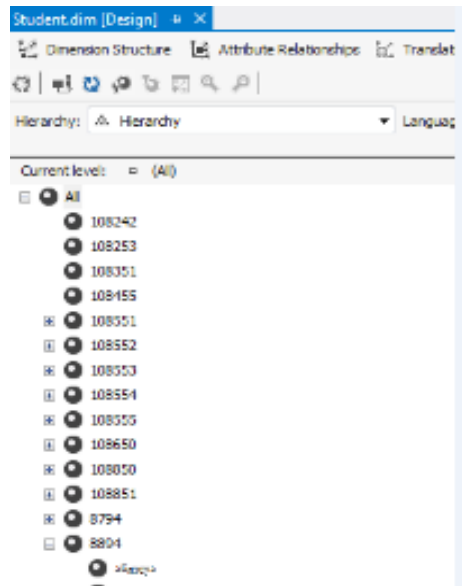
საგანში. ამ შემთხვევაში აგრეგაციაში მონაწილეობს განზომილებები: Student და Subject. თითქოს მოთხოვნა ფორმულირებულია წინას ანალოგიურად, მაგრამ სიტუაცია აქ სხვაა. კონკრეტულ სტუდენტს კონკრეტულ საგანში აქვს ერთი შეფასება, რომელიც შეფასებულია ერთ-ერთი მასწავლებლისგან ერთ რომელიმე კონკრეტულ დღეს. ამიტომ აგრეგაცია მასწავლებლის და თარიღის მიხედვით არ მოითხოვება.

ამოცანაში ცალკეული სტუდენტის მონაცემების აგრეგირების გარდა საჭიროა მთელი ჯგუფის მონაცემების აგრეგირება. ამ შემთხვევაში უნდა მოხდეს განზომილების დონეების მიხედვით მონაცემების გაერთიანება. შვილი ელემენტების აგრეგირების შედეგი გადაეცემა მშობელ ელემენტს. (გალჰარდასი, 2016: 1-13).

სტუდენტის იერარქიის ზედა დონეზე არის ჯგუფი. გამოვითვალოთ ყველა საგნის მიხედვით ჯგუფის საშუალო ქულა ანუ შეფასებული სტუდენტების საშუალო ქულა. გარდა ამისა შეგვიძლია გამოვიყენოთ აგრეგაციის სხვა მეთოდები:

- უდიდესი ქულა ჯგუფში;
- უმცირესი ქულა ჯგუფში;
- ცარიელი მნიშვნელობა ანუ რამდენს არა აქვს საერთოდ შეფასება;
- შეფასებათა რაოდენობა ანუ რამდენს აქვს შეფასება;
- ქულათა საშუალო არითმეტიკული;
- ფაქტობრივი საშუალო შეფასება, აქ შევა მხოლოდ შეფასებული სტუდენტების რაოდენობა.

ნახ.3.5.13-ზე წარმოდგენილია ერთი-მრავალთან იერარქია ჯგუფები-სტუდენტები, სადაც იერარქიის ზედა დონეზე განთავსებულია ჯგუფი:



ნახ. 3.5.13 იერარქია ჯგუფი-სტუდენტი

მოცემული იერარქიის გათვალისწინებით წარმოვადგინოთ კუბის ასახვის ვარიანტი აგრეგირებით, ცხრ.3.5.1. მშობელ ელემენტებში აგრეგირდება მონაცემები ყველა შვილი ელემენტებიდან. აგრეგირების მეთოდია - სტუდენტების შეფასებათა საშუალო არითმეტიკული ცალკეული საგნის მიხედვით:

ჯგუფი/სტუდენტი იერარქია	საგანი1	საგანი2	საგანი3	საგანი4	საგანი5
ჯგუფი	67.5	68.75	69.5	65.5	74.25
სტუდენტი1	56	65	70	58	87
სტუდენტი2	66	58	72	70	52
სტუდენტი3	64	71	58	54	82
სტუდენტი4	84	81	78	80	76

ცხრ. 3.5.1 მონაცემთა აგრეგირების მაგალითი

(ჯანელიძე..., 2019: 148-153).



### 3.6 ოპერაციები OLAP კუბებზე

OLAP კუბების და ჰიპერკუბის აგების შემდეგ, მათზე შეიძლება შევასრულოთ ოპერაციები. მიმოვიხილოთ ძირითადი ანალიტიკური ოპერაციები, რომლებიც შეიძლება შესრულებულ იქნას OLAP კუბზე:

მრავალგანზომილებიან მონაცემთა ოპერატიული ანალიტიკური დამუშავების ტექნოლოგია OLAP (Online Analytical Processing) ფართოდ გამოიყენება გადაწყვეტილების მიღების პროცესში. OLAP ტექნოლოგიის საინფორმაციო სტრუქტურის ორგანიზაციის ძირითადი ცნებები და პრინციპები განსაზღვრულია ე. კოდის მიერ. ამ ტექნოლოგიის საფუძველს წარმოადგენს საგნობრივი არეს მონაცემთა განთავსება სპეციალურ მრავალგანზომილებიან ფორმატში - OLAP კუბში ან ჰიპერკუბში. ჰიპერკუბის ლოგიკური სტრუქტურის ძირითად ელემენტებს შეადგენს: განზომილება, იერარქია და ინდიკატორი ანუ მაჩვენებელი. საგნობრივი არეს მონაცემთა ასეთი მოდელი უზრუნველყოფს მონაცემთა დამუშავების მაღალ სიჩქარეს, ინფორმაციის მოქნილ მანიპულირებას და ეფექტურ ანალიზს სხვადასხვა ასპექტში. მონაცემთა ანალიზის პროცესში OLAP კუბზე სრულდება რიგი ოპერაციებისა, როგორცაა: აგრეგაცია, დეტალიზაცია, კვეთა, ამორჩევა, პროექცია და ჯვარედინი დეტალიზაცია. განვიხილოთ OLAP კუბის ფუნქციონირების თვალსაზრისით ამ ოპერაციების ფორმალიზებული აღწერა. (გრაბი, 2015: 92-105)

*აგრეგაციის* ოპერაცია საშუალებას იძლევა გადამოწმდეს დეტალური მონაცემები განზოგადებული კუბი  $G$ -ის ინდიკატორების დაჯგუფებით  $i$ -ს განზომილების იერარქიის მიხედვით. აგრეგაციის ოპერატორი *Rollup* გარდაქმნის საწყის კუბ  $G$ -ს მცირე განზომილების კუბად  $G$ , სადაც  $i$  -ს განზომილების იერარქიული დონე საწყის კუბთან შედარებით ნაკლებია. შესაძლებელია შემცირდეს ინდიკატორები საშუალო მაჩვენებლის გაანგარიშებით, მაქსიმალური, მინიმალური მაჩვენებლები, ინდიკატორების რაოდენობა და ა.შ. *dim* იერარქიის ნულოვანი დონე წარმოადგენს იერარქიის განზომილებაში აბსტრაქტულ ძირეულ კვანძს, როგორც წესი, რომელიც არ შეესაბამება დომენის ნამდვილ ობიექტს. განზომილების ყველა ელემენტის აგრეგირებით ხდება იერარქიის ნულოვან დონემდე აგრეგაცია.

განსაზღვრულია აგრეგაციის ოპერატორი *Rollup*, პარამეტრებს წარმოადგენს აგრეგაციის ფუნქციის კუბი *A* და განზომილება, რომლის მიხედვითაც საჭიროა საერთო კუბის აგრეგირება:

$$Rollup(A, i, G(l_1, \dots, l_i, \dots, l_n)) = G^*(l_1, \dots, l_i^*, \dots, l_n), \text{ სადაც } l_i^* = \max\{0, l_i - 1\}$$

დეტალიზაციის ოპერაცია განკუთვნილია მონაცემების დასამატებლად კუბში. ოპერატორი *Drilldown* გარდაქმნის საწყის კუბ *G*-ს დიდი განზომილების კუბურ *G\**, რომელშიც *i*-ური განზომილების იერარქიის დონე მეტია საწყის კუბთან შედარებით, *i*-ური განზომილების მიერ აგებული კუბური უჯრედები გაფართოებულია იერარქიის ქვედა დონეზე.

განსაზღვრულია დეტალიზაციის ოპერატორი *Drilldown*, პარამეტრებად აღებულია კუბი და განზომილება, რომლის მიხედვითაც საჭიროა კუბის დეტალიზება:

$$Drilldown(I, G(l_1, \dots, l_i, \dots, l_n)) = G^*(l_1, \dots, l_i^*, \dots, l_n) \text{ სადაც } l_i^* = \min\{l_i + 1, L_i\}$$

კვეთის ოპერაცია, რომელიც წყვეტს ფილტრაციის პრობლემას. *i* განზომილების მიხედვით კვეთა ირჩევს კუბის მაჩვენებლებს, რომლებიც შეესაბამება *i*-ს განზომილების ერთ წევრს  $d_{ik} = d_{iik}$ . შედეგად მიღებული კუბი წარმოადგენს *i*-ს განზომილების ქვეკუბს. შერჩეული განზომილება არ შედის საბოლოო კუბში, ამგვარად გაზომვების რაოდენობა მცირდება:  $|D'| = |D| - 1$ . განსაზღვრულია *slice* ოპერატორი, პარამეტრებად აღებულია კუბი და ელემენტის განზომილება, რომლითაც ხდება კუბის კვეთა:

$$Slice(d_{ik}, G(l_1, \dots, l_i, \dots, l_n)) = G^*(l_1, \dots, l_h), \text{ სადაც } h = |D'|$$

ამორჩევის ოპერაცია წყვეტს ფილტრაციის დავალებას, მაგრამ არ გამოორიცხავს გაზომვას საბოლოო კუბიდან და საშუალებას იძლევა შევზღუდოთ გაზომვის ელემენტების რაოდენობა  $d'_{ii} \subseteq d_{ii}$ ,  $|d'_{ii}| = P$ . კუბში გაზომვის რაოდენობა არ იცვლება ოპერაციის შედეგად.

განსაზღვრულია ოპერატორი *Dice*, პარამეტრებად მიეთითება კუბი და გაზომვის ელემენტების ჩამოყალიბებული ქვესიმრავლე, რომლითაც ხდება კუბის უჯრედების ამორჩევა.

$$Dice(d'_{ii}, G(l_1, \dots, l_i, \dots, l_n)) = G^*(l_1, \dots, l_i, \dots, l_n)$$

პროექციის ოპერაცია განკუთვნილია განსაზღვრული მონაცემების ამოსარჩევად ყველა შესაძლო დასაშვები მაჩვენებლიდან კუბის თითოეულ უჯრედში  $m_j = \{m_{jt}\}$ ,  $j=1..q$ ,  $t=1..T$ .  $m_j' \subseteq m_j$  - ამოსარჩევი მაჩვენებლების ქვესიმრავლიდან  $|m_j'|=h$ .

განსაზღვრულია პროექტირების ოპერატორი *Projection*, პარამეტრებად მიეთითება კუბი და მაჩვენებლების ქვესიმრავლე რომელიც უნდა იყოს მოპოვებული კუბის თითოეული უჯრედიდან.

$$Projection(m_j', G(l_1, \dots, l_i, \dots, l_n)) = G'(l_1, \dots, l_i, \dots, l_n)$$

*ჯვარედინი დეტალიზაცია* - განკუთვნილია კუბში ახალი მაჩვენებლების დასამატებლად. დეტალიზაციისგან განსხვავებით ჯვარედინი დეტალიზაცია ანალიზისთვის სხვა კუბიდან მონაცემების დამატების საშუალებას იძლევა. იმისათვის, რომ G1 კუბი გავაერთიანოთ G2 კუბთან, მათ უნდა ჰქონდეთ ერთი და იგივე განზომილება და იყვნენ ერთი და იმავე მდგომარეობაში.

განსაზღვრულია *Drillacross* ოპერატორი, პარამეტრად მიეთითება ორი კუბი, რომლებიც ექვემდებარებიან შეერთებას.

$$Drillacross(G^1(l_1, \dots, l_i, \dots, l_n), G^2(l_1, \dots, l_i, \dots, l_n)) = G'(l_1, \dots, l_i, \dots, l_n)$$

(მეთუსი, 2016: 209-215).

ჩვენ მიერ აგებული სტუდენტთა აკადემიური მოსწრების შეფასების კუბისთვის განვიხილოთ კუბებისთვის გათვალისწინებული ოთხი ძირითადი ოპერაცია:

- ჭრა - კუბიდან კერძო შემთხვევის ანუ ქვეკუბის მიღება. აღნიშნული პროცედურა მრავალგანზომილებიანი მონაცემთა მასივიდან გამოყოფს ქვესიმრავლეს, რომელიც შეესაბამება განზომილების ერთი ან რამდენიმე ელემენტის ერთადერთ მნიშვნელობას, რომელიც არ შედის ამ ქვესიმრავლეში. მაგალითად, თუ გვინდა მივიღოთ კონკრეტული სტუდენტის შეფასებები ყველა განვლილი სემესტრის განმავლობაში, საჭიროა დავაფიქსიროთ განზომილება „საგნები“ კონკრეტული „სტუდენტი“ ელემენტისთვის და ამოვიღოთ კუბიდან შესაბამისი ქვესიმრავლე;
- შემობრუნების ანუ განზომილებათა განლაგების შეცვლის ოპერაცია. მაგალითად, შემობრუნების ოპერაცია შეიძლება მდგომარეობდეს ცხრილების სვეტებისა და სტრიქონების ადგილების შეცვლაში. გარდა ამისა შემობრუნების ოპერაცია შეიძლება მდგომარეობდეს ცხრილის გარეთა განზომილებების გადაადგილებაში

განზომილების ადგილზე, რომელიც წარმოდგენილია ასახვის გვერდზე და პირიქით;

- კონსოლიდაცია - მონაცემთა დეტალური წარმოდგენიდან აგრეგირებულზე გადასვლის ოპერაცია. მაგალითად, სტუდენტთა საშუალო სემესტრული შეფასებიდან გადასვლა საშუალო წლიურ შეფასებაზე;
- დეტალიზაცია - კონსოლიდაციის შებრუნებული ოპერაცია, რომელიც განსაზღვრავს მონაცემთა აგრეგირებული წარმოდგენიდან გადასვლას დეტალურ წარმოდგენაზე. მაგალითად, ყოველწლიური საშუალო შეფასებიდან გადასვლა საშუალო სემესტრულ შეფასებაზე. (ურბანეჯი, 2014).

განვიხილოთ ჩვენ მიერ შექმნილ კუბებზე ძირითადი ოპერაციების კონკრეტული მაგალითები:

სამ და მითუმეტეს მრავალგანზომილებიანი კუბის ასახვა ეკრანზე ისე, რომ ჩანდეს ჩვენთვის საინტერესო ზომების მნიშვნელობები სირთულეს წარმოადგენს. ამდენად, კუბში შენახულ მონაცემთა ვიზუალიზებისთვის მიღებულია, როგორც წესი, ჩვეულებრივი ორგანზომილებიანი ანუ ცხრილური წარმოდგენები, რომელთაც აქვთ სტრიქონებისა და სვეტების რთული იერარქიული სათაურები.

კუბის ორგანზომილებიან წარმოდგენას მივიღებთ მისი გაჭრით ერთი ან რამდენიმე განზომილების ანუ ღერძის გასწვრივ. ამ პროცესში ჩვენ ვაფიქსირებთ ყველა განზომილების მნიშვნელობას გარდა ორისა და მივიღებთ ჩვეულებრივ ორგანზომილებიან მასივს. ცხრილის ჰორიზონტალურ ღერძზე, სადაც არის სვეტების სათაურები, წარმოდგენილი იქნება ერთი განზომილება, ხოლო ვერტიკალურ ღერძზე, სადაც არის სტრიქონების სათაურები - მეორე. ცხრილების უჯრებში აისახება ზომების მნიშვნელობები. თუ დაგვჭირდება ერთი ზომის ჩვენება, მაშინ სტრიქონებისა და სვეტების სათაურებში განთავსდება ორი განზომილება. რამდენიმე ზომის ჩვენების შემთხვევაში, ცხრილების ღერძებიდან ერთს დაიკავებს ზომის დასახელება, ხოლო მეორეს - გაუჭრელი განზომილების მნიშვნელობები.

განვიხილოთ „აკადემიური მოსწრების“ კუბის ჭრები:

წარმოვადგინოთ კუბის ორგანზომილებიანი ჭრა ერთი ზომისთვის - სემესტრში მიღებული შეფასება და ორი გაუჭრელი განზომილებისთვის - სტუდენტი და საგანი, ცხრილი 3.6.1.:

	სტუდენტი 1	სტუდენტი 2	სტუდენტი 3	სტუდენტი 4
საგანი 1	56	67	83	58
საგანი 2	68	58	82	62
საგანი 3	72	78	88	71

ცხრ. 3.6.1. კუბის ორგანზომილებიანი ჭრა ერთი ზომისთვის

მივიღოთ კუბის ორგანზომილებიანი ჭრა, სადაც გვექნება ერთი გაუჭრელი განზომილება - „სტუდენტი“, მაგრამ ავსახოთ რამდენიმე ზომის მნიშვნელობა - ერთ-ერთ საგანში შუალედური გამოცდის შეფასება, საკონტროლოს შეფასება და ფინალური გამოცდის შეფასება, ცხრილი 3.6.2.:

	სტუდენტი 1	სტუდენტი 2	სტუდენტი 3	სტუდენტი 4
შუალედური	20	20	23	20
საკონტროლო	10	17	20	10
ფინალური	26	30	40	28

ცხრ. 3.6.2 „შეფასება“ კუბის ორგანზომილებიანი ჭრა რამდენიმე ზომისთვის

განვიხილოთ ჭრა, როდესაც გაუჭრელი რჩება ორზე მეტი განზომილება. ამ დროს ჭრის ღერძებზე ანუ სტრიქონებსა და სვეტებზე განთავსდება ორი ან მეტი განზომილება. ცხრილში 3.6.3. წარმოდგენილია ორივე სემესტრში სტუდენტების შეფასებები ერთ-ერთ საგანში, სადაც ასახულია რამდენიმე ზომის მნიშვნელობა:

	სემესტრი 1			სემესტრი 2		
	სტუდ. 1	სტუდ. 2	სტუდ. 3	სტუდ. 1	სტუდ. 2	სტუდ. 3

შუალედური	20	20	23	22	24	26
საკონტროლო	10	17	20	12	19	24
ფინალური	26	30	40	28	32	38

ცხრ. 3.6.3 „შეფასება“ კუბის ორგანზომილებიანი ჭრა ერთ ღერძზე რამდენიმე განზომილებით განვიხილოთ დატვირთვის განაწილების“ კუბის ჭრები:

მივიღოთ კუბის ორგანზომილებიანი ჭრა, სადაც გვექნება ერთი გაუჭრელი განზომილება - „საგანი“, მაგრამ ავსახოთ რამდენიმე ზომის მნიშვნელობა - საათები საგანში მეცადინეობის ტიპის მიხედვით: ლექცია, პრაქტიკული, ლაბორატორიული. აქ შეიძლება გვექონდეს ცარიელი უჯრები, რადგან ზოგიერთ საგანს შეიძლება არ ჰქონდეს ყველა ტიპის მეცადინეობა. ცხრილი 3.6.4.:

	საგანი 1	საგანი 2	საგანი 3
ლექცია	2	1	1
პრაქტიკული	2	1	
ლაბორატორიული	2	4	2

ცხრ. 3.6.4 „დატვირთვა“ კუბის ორგანზომილებიანი ჭრა რამდენიმე ზომისთვის

განვიხილოთ ჭრა, როდესაც გაუჭრელი რჩება ორზე მეტი განზომილება. მოცემულ შემთხვევაში ჭრის ღერძებზე ანუ სტრიქონებსა და სვეტებზე განთავსდება ორი ან მეტი განზომილება. ცხრილში 3.6.5. წარმოდგენილია ჯგუფების დატვირთვა საგნების მიხედვით. დატვირთვაში ასახულია რამდენიმე ზომა, მეცადინეობის ტიპიდან გამომდინარე:

	ჯგუფი 1			ჯგუფი 2		
	საგანი 1	საგანი 2	საგანი 3	საგანი 4	საგანი 5	საგანი 6

ლექცია	1	1	1	1	2	1
პრაქტიკული	2	1	2	1	2	-
ლაბორატორიული	-	2	4	2	0	2

ცხრ. 3.6.5 „დატვირთვა“ კუბის ორგანზომილებიანი ჭრა ერთ ღერძზე რამდენიმე განზომილებით

კუბის შემობრუნების დროს ვაბრუნებთ მონაცემთა ღერძებს, რათა უზრუნველვყოთ მონაცემთა ალტერნატიული წარმოდგენა:

განვიხილოთ შემობრუნების მაგალითი ცხრილისთვის, სადაც ასახულია სტუდენტების შეფასებები საგნების მიხედვით, ცხრ.3.6.6:

	სტუდენტი 1	სტუდენტი 2	სტუდენტი 3
საგანი 1	56	67	83
საგანი 2	68	58	82
საგანი 3	72	78	88

ცხრ. 3.6.6 სტუდენტების შეფასებები საგნების მიხედვით

შევასრულოთ კუბის შემობრუნების ოპერაცია, რომელიც აისახება მოცემული ცხრილის სვეტებისა და სტრიქონების ადგილების შეცვლით, ცხრ.3.6.7.:

	საგანი 1	საგანი 2	საგანი 3
სტუდენტი 1	56	68	72
სტუდენტი 2	67	58	78
სტუდენტი 3	83	82	88

ცხრ. 3.6.7 კუბის შემობრუნების შედეგად მიღებული ცხრილი

მონაცემთა კონსოლიდაცია ანუ იგივე აგრეგირება შეიძლება შევასრულოთ ორი ხერხით: ზომების შემცირებით ან იერარქიის დონეებზე გადაადგილებით.

განვიხილოთ კუბი, რომლის განზომილებებია: სემესტრი, სტუდენტი, საგანი, ხოლო ზომა არის სტუდენტის მიერ მიღებული შეფასება ცალკეულ საგანში სემესტრების მიხედვით, ცხრ.3.6.8:

		სტუდენტი 1	სტუდენტი 2	სტუდენტი 3	სტუდენტი 4
1 სემესტრი	საგანი 1	52	74	63	52
	საგანი 2	58	78	72	61
	საგანი 3	62	82	76	64
2 სემესტრი	საგანი 4	68	68	64	56
	საგანი 5	72	81	62	68
	საგანი 6	54	86	74	72

ცხრ. 3.6.8 სტუდენტების შეფასებები საგანებში სემესტრების მიხედვით

მოცემულ მაგალითში ვთქვათ გვინდა ჯგუფის საშუალო შეფასების გამოთვლა. დავუშვათ, „სტუდენტი1“ და „სტუდენტი3“-ის ჯგუფის ნომერია „ჯგუფი1“, ხოლო „სტუდენტი2“ და „სტუდენტი4“ -ის – „ჯგუფი2“. შესაბამისად, „სტუდენტი1“ და „სტუდენტი3“ აგრეგირდებიან „ჯგუფი1-ში“, ხოლო „სტუდენტი2“ და „სტუდენტი4“ - „ჯგუფი2“-ში. აგრეგირების პროცესში მონაცემები გადაადგილდებიან ზედა იერარქიისკენ სტუდენტიდან ჯგუფისკენ. მოცემულ პროცესში საჭიროა წაიშალოს თუნდაც ერთი ან რამდენიმე განზომილება. ჩვენ შემთხვევაში სემესტრი განზომილება წაიშლება. მიღებული შედეგები ნაჩვენებია ცხრ.3.6.9-ში:

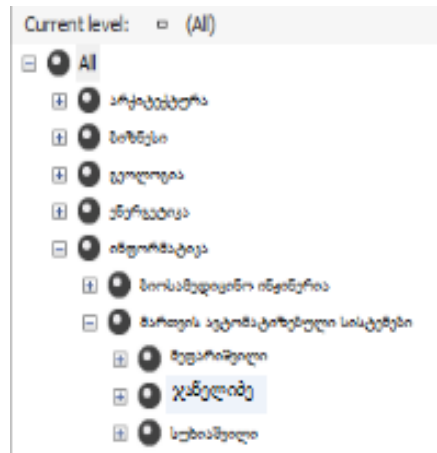
	ჯგუფი 1	ჯგუფი 2
საშუალო წლიური შეფასება	65	70

ცხრ. 3.6.9 აგრეგირებული მონაცემები



დეტალიზაციის ოპერაციის დროს მონაცემები დაიყოფა გაცილებით წვრილ ნაწილებად. ეს არის აგრეგირების შებრუნებული ოპერაცია. აღნიშნული ოპერაცია შეიძლება შესრულდეს ორი ხერხით: იერარქიის ქვედა დონეზე გადაადგილებით ან ზომის გაზრდით.

განვიხილოთ დეტალიზაციის ოპერაცია დატვირთვის განაწილების კუბისთვის. განვსაზღვროთ ცალკეული ლექტორის სემესტრული დატვირთვა საგნების მიხედვით. ნახ.3.6.1-ზე მოცემულია გადაადგილება იერარქიის ქვედა დონეებზე, შესაბამისად: ფაკულტეტი, დეპარტამენტი, ლექტორი:



ნახ. 3.6.1 იერარქიის დონეები დეტალიზაციისთვის

მოთხოვნის შესასრულებლად საჭიროა განზომილებები: ლექტორები, საგნები, ხოლო ზომა იქნება დატვირთვა. ცხრ.3.6.10:

	ლექტორი1	ლექტორი2	ლექტორი3	ლექტორი4
საგანი1	75	-	60	-
საგანი2	45	-	-	30
საგანი3	-	90	80	60
საგანი4	-	60	-	

ცხრ. 3.6.10 დეტალიზაციის ოპერაციის შედეგები

### 3.7 მონაცემთა ანალიზი და მმართველი გადაწყვეტილების მიღება

ჩვენ მიერ აგებული იქნა OLAP კუბი, საიდანაც შეიძლება ამოვიღოთ ცხრილები მრავალგანზომილებიანი მონაცემებიდან, მათი ანალიზის მიზნით. უნდა აღინიშნოს, რომ დამუშავებული პროგრამული საშუალებები ნებისმიერ მომენტში მონაცემთა ნებისმიერ იერარქიაზე გადასვლის საშუალებას იძლევა. შესაძლებელია მონაცემთა ვიზუალიზება გრაფიკების, დიაგრამების, ცხრილების სახით.

Microsoft SQL Server Reporting Services საშუალებებით ანგარიშგებების შედეგისა და ანალიზის დროს მონაცემები აისახება ვებ-ანგარიშების სახით, სხვა ფორმატში ექსპორტის შესაძლებლობებით, როგორცაა Excel, PDF, CSV. შესაძლებელია მონაცემთა ასახვა დინამიური ცხრილებისა და დინამიური დიაგრამების სახით.

განვიხილოთ მონაცემთა ანალიზი აგებული კუბის მიხედვით.

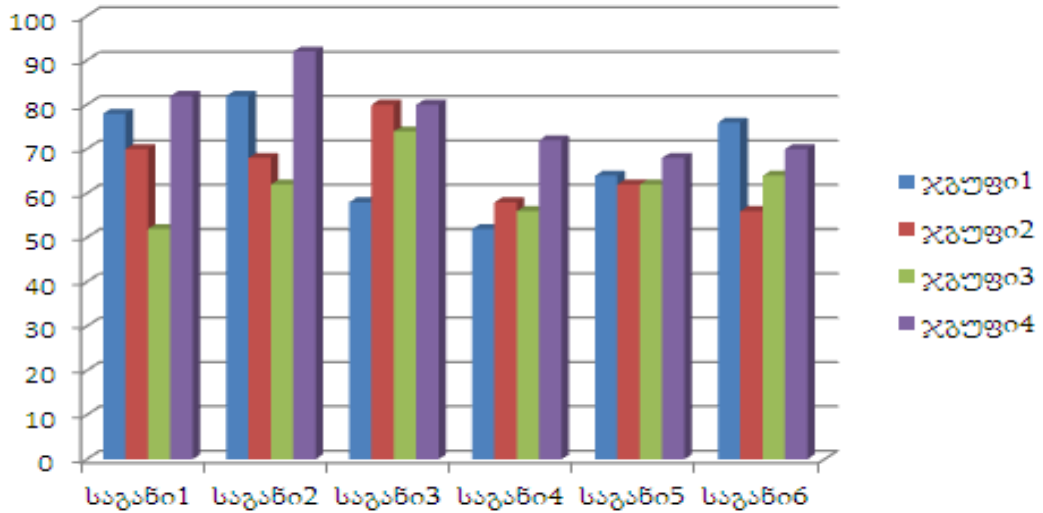
გამოვიტანოთ ცხრილი, სადაც აისახება ერთ-ერთი დეპარტამენტის, კონკრეტულ სემესტრში ჯგუფების საშუალო ქულები, საგნების მიხედვით, ცხრ.3.7.1.:

	საგანი1	საგანი2	საგანი3	საგანი4	საგანი5	საგანი6
ჯგუფი1	78	82	58	52	64	76
ჯგუფი2	70	68	80	58	62	56
ჯგუფი3	52	62	74	56	62	64
ჯგუფი4	82	92	80	72	68	70
საშუალო	<b>70.5</b>	<b>76</b>	<b>73</b>	<b>59.5</b>	<b>64</b>	<b>66.5</b>

ცხრ. 3.7.1 ჯგუფების შეფასებები საგნების მიხედვით

მონაცემთა აგრეგირებით მივიღებთ საგნების საშუალო ქულას. როგორც ცხრილიდან ჩანს ეს მაჩვენებელი ყველაზე მაღალი არის საგანი 2-ში. აქედან შეიძლება ვიმსჯელოთ საგნების სწავლების ხარისხზე.

მონაცემთა ვიზუალიზების მიზნით გამოვიტანოთ დიაგრამა, ნახ.3.7.1.:



სახ. 3.7.1 საგნებში საშუალო შეფასებები

იმავე განზომილებებით და ზომებით შეგვიძლია განვსაზღვროთ ჯგუფის საშუალო შეფასება სემესტრში, ცხრილი 3.7.2.:

	ჯგუფი1	ჯგუფი2	ჯგუფი3	ჯგუფი4
საგანი1	78	70	52	82
საგანი2	82	68	62	92
საგანი3	58	80	74	80
საგანი4	52	58	56	72
საგანი5	64	62	62	68
საგანი6	76	56	64	70
<b>საშუალო</b>	<b>68</b>	<b>66</b>	<b>62</b>	<b>77</b>

ცხრ. 3.7.2 ჯგუფების საშუალო შეფასებები

როგორც ჩანს, მოცემულ სემესტრში ჯგუფი4-ის საშუალო შეფასება ყველაზე მაღალია. მიღებული მონაცემებიდან შეგვიძლია რეიტინგის მიხედვით დავალაგოთ ჯგუფების აკადემიური მოსწრებები.

ანალოგიურად, ცალკეული დეპარტამენტისთვის განვსაზღვრავთ საშუალო ჯგუფურ შეფასებებს, რაც მოგვცემს დეპარტამენტების აკადემიური მოსწრების რეიტინგის მიხედვით დალაგების საშუალებას.

იერარქიის ზედა დონეზე გადაადგილებით მივიღებთ ფაკულტეტების მიხედვით საშუალო ჯგუფურ მოსწრებას, ფაქტობრივად ეს არის საშუალო აკადემიური მაჩვენებელი, რაც ფაკულტეტებს შორის აკადემიური მოსწრების რეიტინგის საშუალებას მოგვცემს.

რაც შეეხება ლექტორის სწავლების ხარისხის შეფასებას, ანალიზისთვის შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი განზომილებები: ლექტორი და ჯგუფი, ხოლო ზომა იქნება შეფასება. რადგან ერთ საგანს შეიძლება ასწავლიდეს რამდენიმე ლექტორი ამიტომ განზომილებას დაემატება საგანი, ცხრილი 3.7.3.:

ჯგუფი	საგანი1		საგანი2	
	ლექტორი1	ლექტორი2	ლექტორი3	ლექტორი4
ჯგუფი1	82		72	
ჯგუფი2	68		84	
ჯგუფი3		56		64
ჯგუფი4		84		88
<b>საშუალო</b>	<b>75</b>	<b>70</b>	<b>78</b>	<b>76</b>

ცხრ. 3.7.3 საგანში ლექტორების საშუალო შეფასებები

როგორც მონაცემებიდან ჩანს საგანი1-ში ლექტორი1-მა აჩვენა უფრო მაღალი შეფასება, ხოლო საგანი2-ში - ლექტორი3-მა. მიღებული მონაცემების ანალიზით შეიძლება ვიმსჯელოთ კონკრეტული ლექტორის მიერ მოცემული საგნის სწავლების ხარისხზე.

ერთი ლექტორი შეიძლება ასწავლიდეს რამდენიმე საგანს. მოცემულ ცხრილში განზომილებების შეცვლით მივიღებთ ახალ ცხრილს, რომელიც მოგვცემს ლექტორის სწავლების ხარისხის შეფასების საშუალებას არა კონკრეტული საგნისთვის, არამედ ყველა საგნის მიმართ:

ჯგუფი	ლექტორი		
	საგანი1	საგანი2	საგანი3
ჯგუფი1	68		72

ჯგუფი2	82		82
ჯგუფი3		68	
ჯგუფი4		70	
საშუალო საგანში	75	69	77
ლექტორის საშუალო შეფასება	73		

ცხრ. 3.7.4 ლექტორის საშუალო შეფასება

მოცემული შედეგების ანალიზით შეგვიძლია განვსაზღვროთ ლექტორის სწავლების ხარისხის საერთო მაჩვენებელი. ანალოგიურად განისაზღვრება დეპარტამენტის, ფაკულტეტის ყველა ლექტორის სწავლების ხარისხის მაჩვენებელი, რომელიც ლექტორთა რეიტინგის საშუალებას მოგვცემს.

დატვირთვის განაწილების ანალიზისთვის დაგვჭირდება განზომილებები: ლექტორი, საგნები, მეცადინეობის ტიპი, ხოლო ზომა იქნება საათების რაოდენობა. განვიხილოთ OLAP კუბის მაგალითი იერარქიის დონეზე, რომელიც ანალიზდება „ლექტორი“ სიბრტყეში, ცხრილი 3.7.5.:

ლექციის ტიპი	ლექტორი		
	საგანი 1	საგანი 2	საგანი 3
ლექცია	30	15	15
პრაქტიკული	30	15	
ლაბორატორიული	60	30	30

ცხრ. 3.7.5 ლექტორის დატვირთვა საგნების და ლექციის ტიპის მიხედვით

აგრეგირებული მნიშვნელობების მისაღებად ლექტორისა და მეცადინეობის ტიპის ჭრილში, უნდა შეჯამდეს მეცადინეობის ცალკეული ტიპის მიხედვით

საათების რაოდენობა, ხოლო მათი აგრეგირებით მიიღება ლექტორის სრული დატვირთვა.

ცხადია, რომ განსაზღვრული დონის აგრეგატების სიმრავლის მისაღებად საჭიროა დასაწყისში მივიღოთ აგრეგატების სიმრავლე დეტალიზაციის მაღალი დონიდან.

როგორც წინა პარაგრაფებიდან ჩანს, განზომილება „დრო“ დაყოფილი გვაქვს იერარქიებად, კერძოდ: წელი, სემესტრი, კვირა. შესაბამისად, იერარქიის ქვედა დონეებზე გადაადგილებით მივიღებთ ლექტორის სემესტრულ და კვირულ დატვირთვას.

კუბს დავამატოთ განზომილება - „დეპარტამენტი“. მივიღებთ დატვირთვას დეპარტამენტის ყველა ლექტორისთვის, ხოლო განზომილება „ფაკულტეტის“ დამატებით მივიღებთ დატვირთვის განაწილებას მთელი ფაკულტეტისთვის.

ამდენად, ინფორმაციის მრავალგანზომილებიანი კუბების სახით წარმოდგენა საშუალებას მოგვცემს თვითონ განვსაზღვროთ მონაცემთა წარმოდგენის ფორმა და ჭრილი. OLAP სისტემები გვაძლევს შესაძლებლობას მიღებულ იქნას განზოგადებული მონაცემები არჩეული კრიტერიუმებით, მომენტალურად მოხდეს დეტალიზაცია არჩეული მიმართულებით, გაიფილტროს, დასორტირდეს ან გაუქმდეს არასაჭირო მონაცემები და მაჩვენებლები. (ლინი..., 2004: 1-21).

ჩვენ მიერ შექმნილი კუბის ანალიზის შედეგად შესაძლებელია გამოვავლინოთ:

- თუ როგორ იცვლება ჯგუფების აკადემიური მოსწრება სემესტრების განმავლობაში;
- თუ როგორ იცვლება საგნის სწავლების ხარისხი სასწავლო წლების განმავლობაში;
- რომელ საგნებშია შეფასების მაღალი მაჩვენებელი;
- რომელი ლექტორის სწავლების ხარისხია მაღალი, საგანში ჯგუფების მიერ მიღებული შეფასებების მიხედვით;
- რომელი საგნების შესწავლას ანიჭებენ სტუდენტები უპირატესობას.

აქედან გამომდინარე დეპარტამენტებს და ფაკულტეტებს შესაძლებელია მივანიჭოთ ხარისხის შესაბამისი მაჩვენებელი.

მოცემული სახით მონაცემთა წარმოდგენის შედეგად ანალიტიკის სამსახურს შეუძლია მიიღოს ინფორმაცია ნებისმიერი ნიშნების ჭრილში, რაც მოქნილი ანალიზის შესაძლებლობას იძლევა. ამავდროულად ასეთი ფორმით ანალიზზე მოთხოვნა განუწყვეტლივ იზრდება იმის ფონზე, რომ ავტომატიზების დონე და ხარისხი განუწყვეტლივ იზრდება და ამის კვალდაკვალ იზრდება მონაცემთა მოცულობა, რომელიც მოითხოვს სწრაფ ანალიზს.

მონაცემთა მრავალგანზომილებიანი ანალიზის ტექნოლოგიის დანერგვა ხსნის ყველა შეზღუდვას გასაანალიზებელი ინფორმაციის რაოდენობასა და ტიპებზე, რაც განათლების სპეციალისტებს საშუალებას აძლევს დროულად გამოავლინონ ტენდენციები, პრობლემები, მიღწევები, რომლებმაც შემდგომში უნდა განსაზღვროს სასწავლო პროცესის მართვის სისტემაზე მმართველი ზემოქმედებების ფორმირება. (ჰემელი, 2005: 1-15).

### **3.8 მონაცემთა საცავისა და ვიტრინების შევსება, მონაცემთა გასუფთავება და სტანდარტიზება**

მონაცემთა საცავები ინფორმაციას იღებენ რამდენიმე წყაროდან და ფორმატიდან, როგორცაა ტექსტური ფაილები, Excel-ის ცხრილები, მულტიმედიური ფაილები და სხვ. ამდენად, ეს მონაცემები მოითხოვენ გასუფთავებასა და გარდაქმნას.

მონაცემთა საცავები და ვიტრინები საჭიროებენ მონაცემების ხშირად განახლებას, ხოლო ატვირთულ მონაცემთა მოცულობები ხშირად საკმაოდ დიდია. აღნიშნული პროცესისთვის შეიძლება გამოყენებულ იქნას SSIS მომსახურებები, რომელსაც შეუძლია პირდაპირ ატვირთოს მასიური მონაცემები ბრტყელი ფაილების ცხრილებიდან და SQL სერვერიდან, ასევე დანიშნულების კომპონენტები, რომელიც უზრუნველყოფს მონაცემთა მასიურ ატვირთვას SQL სერვერის მონაცემთა ბაზაში. ფაქტობრივად, იგი წარმოადგენს ე.წ მონაცემთა გარდაქმნის საბოლოო საფეხურს.

მიზანშეწონილია SSIS მომსახურებების პაკეტი დაყენდეს გადატვირთვის შესაძლებლობით, რადგან პაკეტის გადატვირთვა წინასწარ გათვლილი

წერტილიდან - პაკეტის ფუნქციიდან ან კონტეინერიდან მოხდება. თუმცა უნდა გავითვალისწინოთ, რომ გადატვირთვის შესაძლებლობამ შეიძლება მნიშვნელოვნად იმოქმედოს დროზე, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც სხვადასხვა წყაროდან მოხდება მასიური ინფორმაციის დამუშავება.

SSIS მომსახურების პაკეტი შეიძლება გამოვიყენოთ განზომილებათა ცხრილებისა და ფაქტების ასატვირთად მონაცემთა ბაზაში. თუ განზომილებათა ცხრილების წყაროები ინახება რამდენიმე მონაცემთა წყაროში, მაშინ პაკეტს შეეძლება მათი ერთ ნაკრებად გაერთიანება, რის შედეგადაც განზომილებათა ცხრილები აიტვირთება ერთი საპროცესო ქმედების განმავლობაში და საჭირო აღარ იქნება მრავალჯერადი პროცესების შესრულება.

მონაცემთა საცავებისა და ვიტრინების განახლება შეიძლება გამოდგეს არც თუ ისე ადვილ პროცესად, რადგან მონაცემთა საცავების ორივე სახე შეიცავს პერიოდულად ცვლად განზომილებებს, რომელთა მართვა ძალზედ რთულია გარდაქმნილი მონაცემების მეშვეობით. ნელა ცვლადი განზომილებების ინსტრუმენტი ავტომატიზებას უკეთებს ნელა ცვლად განზომილების მხარდაჭერას, და ამავდროულად დინამიკურად ქმნის SQL ინსტრუქციებს, რომლებიც თავისმხრივ ახლდებიან და ცვლიან ჩანაწერებს. ასევე ამატებენ ახალ სვეტებს ცხრილებში.

ამის გარდა, SSIS მომსახურების პაკეტებში ამოცანებსა და გარდაქმნებს შეუძლიათ SSAS მომსახურების კუბებისა და განზომილებების დამუშავება. როდესაც პაკეტი მონაცემთა ბაზაში ანახლებს ცხრილს, რომლის საფუძველზეცაა აგებული კუბი, შეგვიძლია გამოვიყენოთ SSIS მომსახურების ფუნქციები და გარდაქმნები კუბისა და განზომილებების ავტომატური დამუშავებისთვის. კუბებისა და განზომილებების ავტომატური დამუშავება საშუალებას გვაძლევს მივაწოდოთ მიმდინარე მონაცემები ორივე სახის მომხმარებელს: მომხმარებლებს, რომლებიც მონაცემებს იღებენ კუბებიდან და განზომილებებიდან, და, ასევე იმ მომხმარებლებს, რომლებთაც აქვთ რელაციურ მონაცემთა ბაზებზე წვდომა.

SSIS მომსახურებებს ასევე შეუძლიათ მონაცემთა ატვირთვამდე გამოთვალონ ესა თუ ის ფუნქციები. თუ მონაცემთა საცავები და ვიტრინები შეიცავენ სტატისტიკურ ინფორმაციას, მაშინ SSIS მომსახურების პაკეტს შეუძლია გამოთვალოს ისეთი



ფუნქციები, როგორც არის: SUM, Average, Count. ასევე SSIS მომსახურებებს ძალუბთ რელაციური მონაცემების შერწყმა და შედარებით მისაღებ ფორმატში წარმოდგენა, რომელიც თავის მხრივ უფრო თავსებადია მონაცემთა ბაზების ცხრილთა სტრუქტურებთან.

მონაცემთა ატვირთვამდე, ექსელის სამუშაო ფურცლის ან ფაილის ტრანზაქციის ოპერატიული დამუშავებისთვის (OLTP) ან ოპერატიულ ანალიტიკური დამუშავებისთვის მონაცემთა ბაზაში (OLAP), აუცილებელია მონაცემთა დამუშავება და სტანდარტიზება. მონაცემებმა შეიძლება მოითხოვონ განახლება შემდეგი მიზეზების გამო:

1) ფაილები მიიღეს რამდენიმე ფაკულტეტიდან ხოლო თითოეული ფაკულტეტი იყენებს განსხვავებულ ფორმატს. მანამ სანამ, ფაილებს გამოიყენებენ, შეიძლება დაჭირდეს მათი სხვა ფორმატში წარმოდგენა. მაგალითად, შეიძლება საჭირო გახდეს სახელისა და გვარის ერთ სვეტში მოთავსება;

2) მონაცემები შეიძლება იყოს დროებით მოხმარებაში ან შექმნილი. მანამ სანამ, ფაილებს გამოიყენებენ, შეიძლება დაჭირდეს მათი სტანდარტიზება და გაწმენდა საქმიანობის შესაბამისი სტანდარტიდან გამომდინარე. მაგალითად, ამა თუ იმ ფაკულტეტს, სურს გაიგოს თუ შეიცავს ყველა ჩანაწერი საგნების კოდების ერთნაირ ნაკრებს;

3) მონაცემთა ფორმატი ასევე დამოკიდებულია ენის სტანდარტზე. მაგალითად, მონაცემებს შეიძლება ჰქონდეთ თარიღისა და დროის განსხვავებული ფორმატი. თუ მონაცემები გაერთიანებულია ერთმანეთისგან განსხვავებული ენების წყაროდან, მაშინ ატვირთვამდე საჭიროა მათი ერთ ფორმატამდე დაყვანა, რათა მოხდეს მონაცემთა დაზიანებების თავიდან აცილება.

მსგავსი პროცედურებისთვის შეიძლება გამოვიყენოთ SSIS მომსახურებების ჩაშენებული გარდაქმნები, რომლებიც შეიძლება დაემატოს ისეთ პაკეტებს, რომლებიც ახორციელებენ მონაცემთა გასუფთავებას, სტანდარტიზებას, მონაცემთა რეგისტრის შეცვლას, მონაცემთა ამა თუ იმ ფორმატში გადაყვანას და ასევე მონაცემთა ახალი სვეტის შექმნას. მაგალითად, პაკეტი შეიძლება აერთიანებდეს საერთო სვეტის სრულ სახელთან ისეთ სვეტებს, რომლებიც შეიცავენ სახელებსა და

გვარებს. ამის შემდგომ კი პაკეტს გარდაქმნილი სიმბოლოები გადაჰყავს ზედა რეგისტრში. თავიდან პაკეტი ხშირად იყენებს დასაზუსტებელ მოთხოვნებს და წარუმატებლობის შემთხვევაში არაცხად დასაზუსტებელ მოთხოვნებს. მაგალითად, თავიდან პაკეტი ცდილობს საგნის სახელის პოვნას ლინკის ტაბლოში პირველადი გასაღების მნიშვნელობის დახმარებით. თუ ამ სახის ძებნამ ვერ შეძლო საგნის თავდაპირველი სახელის დაბრუნება, მაშინ პაკეტი იმეორებს ცდას საგნის არამკაცრი მიახლოებითი დასახელებით.

სხვა გარდაქმნა აწარმოებს გასუფთავებას მსგავსი მნიშვნელობების მონაცემების დაჯგუფების მეშვეობით. ეს სასარგებლოა ჩანაწერების იდენტიფიკაციისთვის, რომლებიც შეიძლება წარმოადგენდნენ დუბლიკატებს. ამიტომ შემდგომი შეფასების გარეშე ისინი არ უნდა ითვლებოდნენ მონაცემთა საცავის კომპონენტებად. მაგალითად, სტუდენტების ან ლექტორების სიებში მისამართების შედარებისას, შეიძლება მოიპოვებოდეს ორი დუბლირებული ჩანაწერი.

### **3.9 OLAP კუბში მონაცემთა ანალიზი გენეტიკური პროგრამირების გამოყენებით**

საგნობრივი არეს მონაცემთა სპეციალურ მრავალგანზომილებიან ფორმატში, კერძოდ OLAP კუბის ან ჰიპერკუბის განზომილებებში განთავსების დროს მეტად აქტუალურია თვით ამ კუბის ლოგიკური სტრუქტურის ძირითადი ელემენტების მოდელირება, რომლის საფუძველზე შესაძლებელი ხდება მონაცემთა დამუშავების მაღალი სიჩქარის, ინფორმაციის მოქნილი მანიპულირებისა და სხვადასხვა ასპექტში ეფექტური ანალიზის უზრუნველყოფა. კვლევის მიზანს წარმოადგენს OLAP კუბებში მონაცემთა ანალიზის პროცესში ოპერაციათა გეგმების ანუ შესრულების თანმიმდევრობათა ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტა გამოთვლითი დანახარჯების მინიმიზების კრიტერიუმით. აღნიშნულ პრობლემასთან მიმართებით მიზანშეწონილად მიჩნეულია გენეტიკური პროგრამირების მეთოდის გამოყენება, რომელიც სწრაფად ახდენს ალგებრული გამოსახულების ოპერაციების კომბინაციათა ანუ შესრულების თანამიმდევრობათა გადარჩევას და ოპტიმალური გადაწყვეტილების პოვნას. განვიხილავთ გენეტიკური პროგრამირების

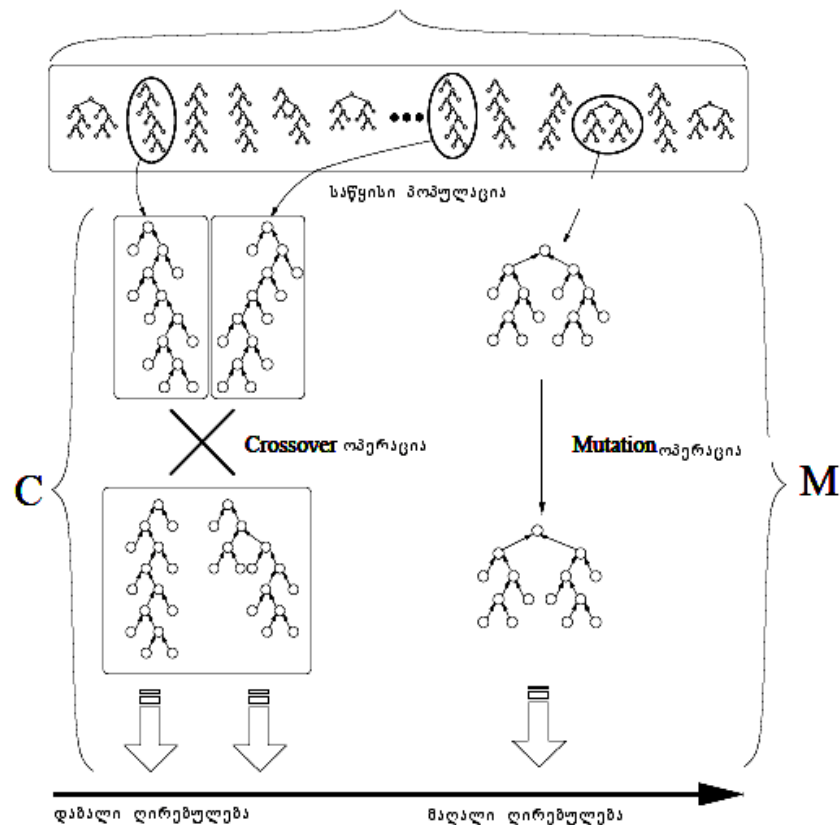
მოდიფიცირებული ვარიანტს, რომელიც ეფუძნება ახლებურ მიდგომას ე.წ. "წონითი კოეფიციენტების" გამოყენებით.

### **ოპტიმიზაციის ამოცანის დასმა და გადაწყვეტა**

მონაცემთა ანალიზის პროცესში ხდება OLAP კუბზე ოპერაციების გარკვეული თანმიმდევრობით შესრულება. ამასთან, თითოეული თანმიმდევრობა (გეგმა) ხასიათდება გარკვეული გამოთვლითი დანახარჯებით. OLAP ტექნოლოგია არ აწესებს შეზღუდვებს ოპერაციათა თანმიმდევრობის რიგზე, ამდენად, გეგმების რაოდენობა განისაზღვრება ფორმულით:  $P_n=n!$ , სადაც:  $n$  ოპერაციათა რაოდენობაა.

აქედან გამომდინარე, შეგვიძლია დავსვათ ოპტიმიზაციის ამოცანა: განვსაზღვროთ OLAP კუბზე ოპერაციების თანმიმდევრობის გეგმა მინიმალური გამოთვლითი დანახარჯებით.

სამეცნიერო-ტექნიკური ლიტერატურის მიმოხილვის შედეგად მივედით დასკვნამდე, რომ ზემოხსენებული განზომილების ამოცანების ოპტიმიზაცია შედარებით კარგად იხსნება ე.წ. გენეტიკური პროგრამირების მეთოდით, რომელიც სწრაფად ახდენს რელაციური ალგებრის გამოსახულების ოპერაციების კომბინაციათა ანუ შესრულების თანმიმდევრობათა გადარჩევას და ოპტიმალური გადაწყვეტილების პოვნას. პრაქტიკულად გენეტიკური პროგრამირება არის გენეტიკური ალგორითმების მოდიფიკაცია სადაც, ამონახსნი არის ფიქსირებული სიგრძის სტრიქონები, ხოლო გენეტიკური პროგრამირების ამონახსნი წარმოდგენილია ხის სახით, ნახ.3.9.1.



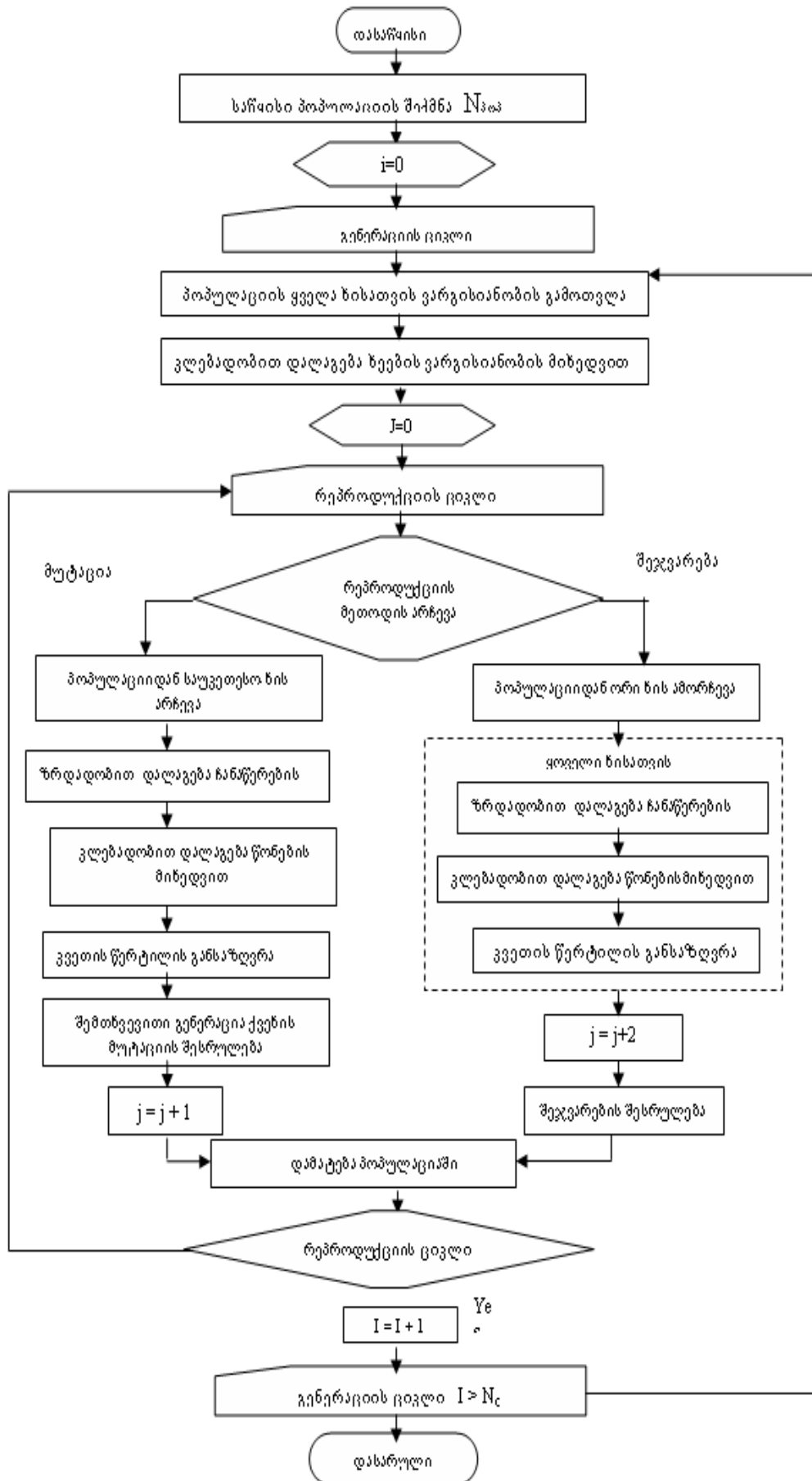
ნახ. 3.9 1 OLAP კუბზე ოპერაციების თანმიმდევრობის განსაზღვრა გენეტიკური პროგრამირების გამოყენებით

ხე წარმოადგენს გრაფს, რომლის წვერო დაკავშირებულია მხოლოდ ერთ მომდევნო წვეროსთან. ამასთან ძირითადად გამოიყენება იგივე ოპერატორები, რაც გენეტიკურ ალგორითმებში: სელექცია, შეჯვარება, მუტაცია. (ბიუთი..., 2012: 44-51)

ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტისთვის შემოთავაზებულია გენეტიკური პროგრამირების მოდიფიცირებული ვარიანტი, რომელიც ეფუძნება კვეთის წერტილის ძებნისადმი ახლებურ მიდგომას, კერძოდ ე.წ. "წონითი კოეფიციენტების" გამოყენებით. გამოთვლითი ექსპერიმენტის ჩატარების მიზნით იგება რამდენიმე მოთხოვნის გრაფული მოდელი ანუ მისი ალგებრული გამოსახულების ხე. ალგორითმი სრულდება ორ ფაზად: აღმავალი, როდესაც დონეების შესაბამისად, თანამიმდევრულად, თითოეული კვანძისათვის, მისი რელაციური ოპერატორის მიხედვით, გამოითვლება კორტეჟების რაოდენობა. ცალკეული ოპერაციული ბლოკისათვის გამოითვლება წონითი კოეფიციენტები და ფასდება თითოეული ხის ფიტნეს ფუნქცია. შემდეგ ხდება მუტაციის ერთი და შეჯვარების ორი ოპერაცია. (თიუარი..., 2013: 23-28). გამოიანგარიშება მიღებული ხეების ცალკეული კვანძების წონითი კოეფიციენტები და ფასდება მათი ფიტნეს ფუნქცია, ნახ. 3.9.2.

ამ უკანასკნელი ალგორითმის მიხედვით მოხდება პოპულაციიდან ორი ხის ამორჩევა და ყოველი ხისათვის ჩანაწერების დალაგება ზრდადობით და დალაგება კლებადობით წონის მიხედვით, რის შემდეგაც მოხდება კვეთის წერტილის განსაზღვრა. ამის შემდეგ შეჯვარება და შედეგები დაემატება პოპულაციაში.

წარმოდგენილია OLAP კუბებზე აქამდე შემუშავებული ძირითადი ანალიტიკური ოპერაციებისგან განსხვავებული ახალი მიდგომა, კერძოდ ანალიტიკური ოპერაციების დამუშავება გენეტიკური პროგრამირების მოდიფიცირებული ალგორითმის გამოყენებით, რომელიც მოგვცემს ბევრად უკეთეს შედეგს ვიდრე კლასიკური ანალიტიკური მეთოდი. (ბერიძე..., 2019: 49-55).



ნახ. 3.9.2 ალგორითმი წონითი კოეფიციენტების გამოყენებით

### 3.10 კუბის განშლის დაგეგმარება და უსაფრთხოების გამართვა

OLAP კუბის განზომილებებისა და ზომების შექმნის, ასევე პროექტის დამუშავებისა და გამოცდის შემდეგ შეიძლება გადასვლა მუშა სერვერების მონაცემთა ბაზის განშლის დამუშავებაზე. ამისთვის საჭიროა შემდეგ კითხვებს გაეცეს პასუხი:

- მიზნობრივ სერვერებს რომელი პროგრამული რესურსები და მოწყობილობები სჭირდება;
- როგორ უნდა დაიშალოს დამატებითი ობიექტები. სახელდობრ, პაკეტები, ანგარიშები თუ სქემები;
- ანალიზის სისტემის მონაცემთა გაფართოებულ ბაზაში როგორ უნდა გაიშალოს, დაიტვირთოს და განახლდეს მონაცემები;
- როგორ უნდა განახლდეს ანალიზის სერვისის მონაცემთა ბაზის მეტამონაცემები;
- სჭირდება თუ არა მომხმარებელს ინტერნეტიდან ანალიზის სერვისის მონაცემებთან წვდომა;
- საჭიროა თუ არა ანალიზის სამსახურის მონაცემებთან უწყვეტი წვდომა;
- საჭიროა თუ არა განსაზღვრულ არეალში დაკავშირებული კუბებისა და გაუქმებული სექციების დახმარებით ობიექტების ჩამოშლა;
- როგორ უზრუნველვყოთ ანალიზის სამსახურის მონაცემების უსაფრთხოება.

აღნიშნულ პროექტში საჭიროა გადაიხედოს მეხსიერების რესურსები პროცესორსა და დისკზე. პროცესორისადმი მოთხოვნები და მეხსიერების რესურსები შეიძლება მოიძებნოს Microsoft-ის საიტზე. პროცესორს დიდი მეხსიერება მოეთხოვება შემდეგ შემთხვევებში:

- დიდი ან რთული კუბების დამუშავების დროს;
- მონაცემთა ბაზაში კუბების რაოდენობის გაზრდით;
- ანალიზის სამსახურის ერთ ეგზემპლარში მონაცემთა ბაზის რაოდენობის გაზრდით;
- ანალიზის სამსახურის ეგზემპლარების რაოდენობის გაზრდით ერთ კომპიუტერში;

– ანალიზის სამსახურის რესურსებთან მომხმარებლების რაოდენობის გაზრდით ერთდროული წვდომის შესაძლებლობის მიზნით.

ამ ყველაფრისთვის დისკს უნდა ჰქონდეს შესაბამისი ტევადობა. კუბებში ინფორმაციების შემცველი დიდი ცხრილები დისკში მოითხოვს უფრო დიდ ადგილს, ვიდრე პატარა ფაქტების ცხრილიანი კუბები.

აგრეგატებს სჭირდებათ დამატებითი ადგილი დისკზე, რაც უფრო ემატება აგრეგატები, მით უფრო მეტი ადგილის გამოყენება ხდება დისკზე. აგრეგატებისთვის გამოყოფილი ადგილი რეკომენდებულია, არ უნდა აღემატებოდეს შენახული საბაზო მონაცემების ზომების 10%-ს.

მონაცემების ინტელექტუალური ანალიზის სამსახურის სერვისების დამუშავებისას ტრანზაქციებში მონაწილე ობიექტების ასლებს იღებენ და ინახავენ დისკზე დამუშავების დამთავრებამდე. საჭიროა ტრანზაქციაში მონაწილე ყოველი შემდგომი ობიექტების ასლების შესანახად დისკზე შესაბამისი ადგილის გამონახვის უზრუნველყოფა.

კუბებში ზოგიერთმა სტრუქტურულმა ცვლილებამ შეიძლება გამოიწვიოს დამუშავების პროცესში მასთან მიუწვდომლობა. მაგალითად კუბის განზომილებაში სტრუქტურული ცვლილებების შეტანისას, ასევე განზომილების განმეორებით დამუშავებისას აუცილებელია მოხდეს ყველა იმ კუბის ხელახალი დამუშავება, რომელიც შეცვლილ განზომილებას გამოიყენებდა. კუბის დამუშავების დროს მომხმარებლებს არ აქვთ საშუალება განახორციელონ ამ კუბთან მოთხოვნები. იმისათვის, რომ ვუზრუნველყოთ დამუშავების დროს კუბთან მოთხოვნების წვდომა უნდა გადაიხედოს შუალედურ სერვერსა და მონაცემთა ბაზას შორის სინქრონიზაციის სპეციალიზებული ხელსაწყო. ეს ფუნქცია საშუალებას მოგვცემს მოხდეს მონაცემთა და მეტამონაცემთა განახლება შუალედურ სერვერზე, რის შემდეგაც შესრულდება მუშა და შუალედური სერვერის ოპერატიული სინქრონიზაცია.

მონაცემთა სათანადო უსაფრთხოების განსაზღვრისთვის აუცილებელია ანალიზის სამსახურის ეგზემპლარის ყველა წერტილთან წვდომის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა. წვდომის ეს წერტილებია:



1. კომპიუტერის დაცვა ანალიზის შესაბამისი სამსახურით. თუკი არასანქცირებული, უკანონო მომხმარებელი მიიღებს ფიზიკურ წვდომას კომპიუტერთან, რომელშიც გაშვებულია სერვისები, ეს პოტენციურად ნიშნავს, რომ მოცემულ მომხმარებელს ექნება ნებისმიერ მონაცემთან წვდომა. კომპიუტერს, რომელშიც გაშვებულია ანალიზის სერვისები, ფიზიკური უსაფრთხოების ამაღლების მიზნით საჭიროა შემდეგი ნაბიჯების შესრულება:

1. დავრწმუნდეთ იმაში, რომ კომპიუტერთან ფიზიკური წვდომა აქვთ მხოლოდ სანქცირებულ მომხმარებლებს:

- კომპიუტერი უნდა იდგას დაკეტილ ოთახში;
- დისკიდან ჩატვირთვის ფუნქცია უნდა გამოირთოს;
- CD-ROM-ის მეშვეობით ჩატვირთვის ფუნქცია უნდა იყოს გამორთული;
- BIOS-თვის გამოყენებული უნდა იქნას პაროლი;
- კომპიუტერის კორპუსი უნდა იხურებოდეს გასაღებით. გასაღები შენახული უნდა იყოს უსაფრთხო ადგილას.

2. ანალიზის სამსახურისათვის WINDOWS-ის ოპერაციული სისტემის დაცვა. შემდეგი ღონისძიებები ოპერაციული სისტემის უსაფრთხოების ამაღლების საშუალებას იძლევა:

- ინტერაქტიული წვდომის შემოსაზღვრა;
- ქსელური წვდომის შემოსაზღვრა;
- არასაჭირო სამსახურების გამორთვა;
- პორტების ჩვენება და შემოსაზღვრა. ანალიზის სამსახურების შემთხვევითი ეგზემპლარი ახორციელებს განსაზღვრული პორტის მოსმენას. თუ ეს ეგზემპლარი იყენებს სხვა პორტს ეს პორტი უნდა გაიხსნას საერთო ქსელურ ეკრანზე;
- ლოკალური ადმინისტრირების უფლების წარმოდგენა. მხოლოდ ლოკალურ ადმინისტრატორებს აქვთ უფლება, გაუშვან, გააჩერონ და ააწყონ ოპერაციული სისტემა. იმისათვის რომ მომხმარებლებს წვდომის უფლება მიეცეთ ანალიზის ყველა ეგზემპლარზე, ეს დამოკიდებულია ლოკალური ადმინისტრატორების ჯგუფის წევრების გადაწყვეტილებებზე.

3. პროგრამული ფაილების დაცვა, საერთო კომპონენტები და მონაცემთა ფაილები. ანალიზის სამსახურების მონაცემთა ფაილების საერთო მდებარეობა – «\Program Files\Microsoft SQL Server\MSAS10.#\OLAP», სადაც # წარმოადგენს ეგზემპლარის ნომერს. ამ სტრუქტურაში ოთხი საქაღალდეა: backup, bin, data, log. საქაღალდეებში ინახება სარეზერვო ასლები, სამსახურის საჭირო ფაილები, განზომილებებისა და კუბების ფაქტიური მონაცემები და ასევე ჟურნალის მონაცემები. ეს მონაცემები სავალდებულოა იყოს დაცული. მათთან წვდომა აქვთ მხოლოდ ლოკალურ ადმინისტრატორებს;

4. ანალიზის სერვისის ეგზემპლარების და კლიენტების ურთიერთობის უსაფრთხოება. ამ დროს ხდება მონაცემთა დაშიფვრა, მომხმარებლის ხანგრძლივობის შემოწმება და უსაფრთხოების პაკეტების დაყენება;

5. ანალიზის სერვისის გამოყენებით მონაცემების წყაროების დაცვა. თუკი არაავტორიზებული მომხმარებელი მიიღებს წვდომას მონაცემთა წყაროებზე, საიდანაც ანალიზის სერვისები ტვირთავენ მონაცემებს, მოცემულ მომხმარებლებს იმ ინფორმაციასთანაც ექნებათ წვდომა, რომლებიც ანალიზის სერვისების ეგზემპლარებში ინახება. კუბის და მონაცემთა განზომილების დასათვალიერებლად ანალიზის სერვისს არ ჭირდება ნებართვა ამ მონაცემთა წყაროებზე;

6. ანალიზის სერვისის დახმარებით წვდომის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა. სერვისი საშუალებას იძლევა ჩამოყალიბდეს კავშირი წარსულში შემოწმებულ ნამდვილ WINDOWS მომხმარებლებს შორის. მომხმარებლებს არ აქვთ უფლება დაამყარონ აკრძალული კავშირები.

ანალიზის სერვისის უსაფრთხოების სისტემის დაყენების შემდეგ ლოკალური ჯგუფები „ადმინისტრატორები“ ხდებიან სერვერის როლის წევრები და სერვერის დონეზე გასცემენ ნებართვებს ნებისმიერი ამოცანის შესრულებისთვის. სერვერის როლის წევრებს შეუძლიათ სხვა მომხმარებლებს მიანიჭონ წვდომა ანალიზის სამსახურებთან შემდეგი მეთოდებით:

1. სერვერის დონის ადმინისტრაციული წვდომით ან მონაცემთა ბაზის დონის წვდომით;

2. მონაცემთა წყაროებთან, კუბებთან, სტრუქტურულ-ინტელექტუალური ანალიზის მონაცემთა მოდელებთან წვდომით;

3. მომხმარებლებსა და ჯგუფებს შეუძლიათ მიიღონ ადმინისტრაციული წვდომა ანალიზის სამსახურების განსაზღვრულ მონაცემთა ბაზაზე, შესაბამისი როლის მიხედვით.

სერვერის როლს შეუძლია წარუდგინოს მონაცემთა ბაზების როლებს შემდეგი ნებართვები:

1. მონაცემთა ბაზაში სრული ადმინისტრაციული ნებართვა. ადმინისტრატორს, რომელსაც აქვს სრული წვდომა შეუძლია შეასრულოს მონაცემთა ბაზის ჩარჩოებში მოქცეული ნებისმიერი ამოცანა:

- მონაცემთა ბაზის ობიექტების დამუშავება;
- მოცემული მონაცემთა ბაზის წაკითხვა;
- მეტამონაცემთა ბაზის წაკითხვა;
- არსებულ მონაცემთა ბაზის როლებთან მომხმარებლის დამატება;
- მონაცემთა ბაზის ახალი როლის შექმნა;
- მონაცემთა ბაზის როლებთან მუშაობის ნებართვის განსაზღვრა;

2. ანალიზის სამსახურების ზოგიერთი ობიექტის დამუშავებაზე ნებართვა. ადმინისტრატორი გადასცემს როლს, რომელსაც აქვს ადიტიური ხასიათი. მაგალითად, ერთი როლი მომხმარებელს ნებას რთავს დაამუშაოს განსაზღვრული კუბი, მეორე როლი იგივე მომხმარებელს ნებას რთავს დაამუშაოს იმავე კუბში განზომილება. შესაძლებელია ორი სხვადასხვა როლის გაერთიანება, რის შედეგადაც მომხმარებელი იღებს ნებართვას როგორც კუბის, ასევე მოცემული განზომილების დამუშავებაზე, ასეთი კუბის ჩარჩოებში. ამდენად, მომხმარებელს ექნება ობიექტის მეტამონაცემებზე წვდომის უფლება;

3. ანალიზის სამსახურების ობიექტების მხოლოდ დათვალიერება. ადმინისტრატორი მომხმარებელს წარუდგენს განსაზღვრული ობიექტის დათვალიერების უფლებას, მაგრამ არ რთავს ობიექტის განსაზღვრის ცვლილების, მონაცემთა ბაზის სტრუქტურის ცვლილების უფლებას. მეტამონაცემების წაკითხვის უფლების დროს მომხმარებელს უნდა ახსოვდეს, რომ ნებართვა არის ადიტიური. მაგალითად, ერთი

როლი მომხმარებელს შეიძლება ნებას რთავდეს კონკრეტული კუბის მეტამონაცემების წაკითხვაზე, ხოლო ამავე დროს მეორე როლი იმავე მომხმარებელს ნებას რთავდეს ამავე კუბში მეტამონაცემების წაკითხვაზე განზომილებისთვის. ეს ორივე როლი გაერთიანდება მოცემული მომხმარებლისთვის. (ლი..., 2013: 1-41).

## IV თავი. მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზი უმაღლეს განათლებაში

### 4.1 ალგორითმის შერჩევა

დასაქმების ბაზრის მოთხოვნების კვლევა მეტად მნიშვნელოვანია სასწავლო პროცესის გათანამედროვეობისთვის. აქედან გამომდინარე მნიშვნელოვანია შრომის ბაზრის მონაცემთა ანალიზი, რომლისთვისაც მიზანშეწონილია ინტელექტუალური ანალიზის მეთოდის, კერძოდ კლასტერული ანალიზის გამოყენება. ჩვენ მიერ შემუშავებულია თვითორგანიზებადი რუკის კლასტერებად დაყოფის *ჰიბრიდული ალგორითმი*, სადაც შერწყმულია მრავალგანზომილებიანი ვექტორების კლასტერიზაციის *k*-უახლოესი საშუალოების (*k*-means) ალგორითმი და ჩვენს მიერ შემუშავებული ნეირონების რანჟირების ალგორითმი. შემუშავებული ალგორითმი გაცილებით მოკლე დროში და მეტი სიზუსტით პოულობს ამონახნს.

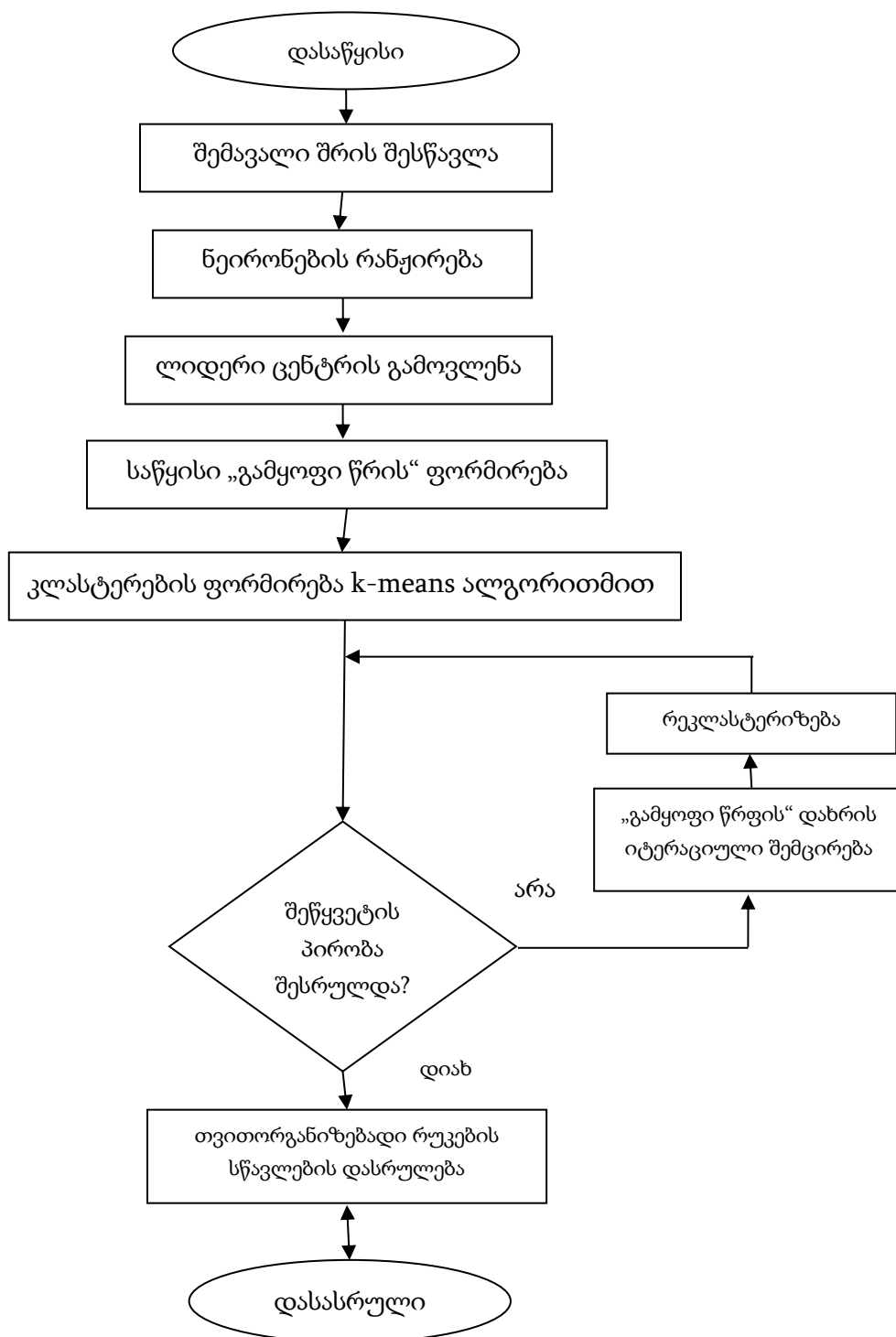
### 4.2. მულტიცენტრული კლასტერიზაციის *ჰიბრიდული* ალგორითმი

ჩვენ მიერ შემოთავაზებულია თვითორგანიზებადი რუკის კლასტერებად დაყოფის *ჰიბრიდული ალგორითმი*, სადაც შერწყმულია მრავალგანზომილებიანი ვექტორების კლასტერიზაციის (ნახ.4.2.1.) *k*-უახლოესი საშუალოების (*k*-means) ალგორითმი და ჩვენს მიერ შემუშავებული ნეირონების რანჟირების ალგორითმი.

შემოთავაზებულ ალგორითმში შემავალი ყველა ნეირონი (კვანძები, კლასების ცენტრები...) არის რანჟირებული ე.წ. ორგანზომილებიან ბადეში. ამ შემთხვევაში ცალკეული ნეირონი წარმოადგენს *n*-განზომილებიან სვეტ-ვექტორს. სწავლების მსვლელობის პროცესში ხდება არამარტო ცენტრალური, არამედ მისი მიმდებარე ნეირონების მცირედი მოდიფიცირება.

$$\omega = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n]^T, \quad 4.2.1.$$

სადაც: *n*-ის მნიშვნელობა განისაზღვრება საწყისი სივრცის ანუ შემავალ ვექტორთა განზომილებით.



ნახ. 4.2.1 მულტიცენტრული კლასტერიზაციის ჰიბრიდული ალგორითმი

ალგორითმის შესრულებამდე ხდება ქსელში ნეირონების რაოდენობისა და მოცემული ბადის კონფიგურაცია განსაზღვრა. რუკის ზომა შეიცავს ათეულობით ათას ნეირონს. კვანძების რაოდენობის წინასწარი შერჩევას რუკაზე შეიძლება გამოვიყენოთ ნეირონების მაქსიმალური რაოდენობა. რუკის შესწავლამდე

აუცილებელია ნეირონების წონითი კოეფიციენტების რანდომიზებული ინიციალიზება.

თვითორგანიზებადი რუკის კლასტერებად დაყოფის ჰიბრიდული ალგორითმი შედგება რამდენიმე ბიჯისაგან, კერძოდ:

ბიჯი 1: თვითორგანიზებადი რუკის შემავალი შრის შესწავლა. ნეირონების წონითი კოეფიციენტების განსაზღვრა;

ბიჯი 2: ნეირონების რანჟირება წონითი კოეფიციენტების მიხედვით;

ბიჯი 3: ლიდერი ანუ გამარჯვებული ცენტრის გამოვლენა;

ბიჯი 4: საწყისი „გამყოფი წრფის“ ფორმირება და აპრიორული კლასტერული ცენტრების გამოყოფა;

ბიჯი 5: კლასტერების ფორმირება k-means ალგორითმის მიხედვით;

ბიჯი 6: ალგორითმის შეწყვეტის კრიტერიუმის შემოწმება. თუ პირობა იქნა დაკმაყოფილებული, გადავდივართ მე-9 ბიჯზე.;

ბიჯი 7: „გამყოფი წრფის“ დახრის იტერაციული შემცირება. ცენტრების რეგენერაცია;

ბიჯი 8: რეკლასტერიზება k-means ალგორითმის მიხედვით ბადის ახალი კონფიგურაციის პირობებში;

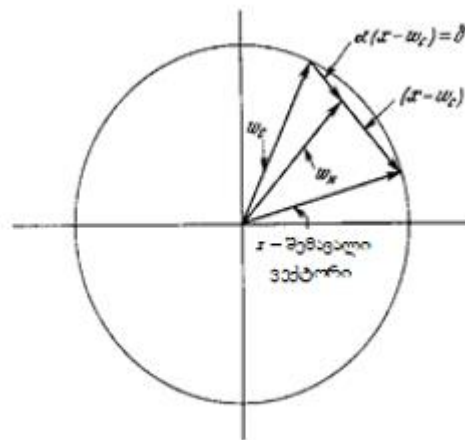
ბიჯი 9: თვითორგანიზებადი რუკების სწავლების დასრულება.

უფრო დეტალურად განვიხილოთ თითოეული ბიჯის არსი.

თვითორგანიზებადი რუკების შრის შესწავლის პროცესში, შესასვლელზე მიეწოდება შემავალი ვექტორები, რომლებიც დაკავშირებულია თვითორგანიზებადი რუკების ყველა ნეირონთან. თვითორგანიზებადი რუკების ნეირონული ქსელის სწავლება მდგომარეობს ბადის რეკონფიგურაციის პროცესში. ამ დროს ხდება ნეირონების ისეთი სახით ცვლილება, რომლის შედეგადაც მიმდებარე შემავალი ვექტორები გაააქტიურებენ თვითორგანიზებადი რუკების ერთსა და იმავე ნეირონს.

თვითორგანიზებადი რუკების შრის შესწავლა არის *თვითშესწავლა*, ანუ სწავლება მასწავლებლის გარეშე. წინასწარ რთულია განსაზღვრა, თუ კონკრეტულად რომელი ნეირონი გააქტიურდება მოცემული შემავალი ვექტორით. ამისათვის საჭიროა, რომ შესწავლის შედეგად გამოიკვეთოს განსხვავებული შემავალი

ვექტორები. ნახ.4.2.2.-ზე მოცემულია თვითორგანიზებადი რუკების ცენტრალური ნეირონის ვექტორული ასახვა. (კოონენი, 2001).



ნახ. 4.2.2 თვითორგანიზებადი რუკების ცენტრალური ნეირონის ვექტორი

რანჟირების ალგორითმის შემთხვევაში შემავალი ვექტორების წონებთან ერთად გამოითვლება აგრეთვე მათი სკალარული წარმოებულები. უდიდესი მნიშვნელობის ნეირონი მიიჩნევა ე.წ. „ცენტრად“, რომლის მიმართ ხდება მიმდებარე ვექტორების წონების კორექტირება. შედეგად, მიიღება ახალი წონითი ვექტორი  $\vec{W}_H$ , რომელიც წარმოადგენს კოორდინატთა სისტემის სათავიდან  $\vec{N}$  ვექტორის ბოლომდე მიმართულ მონაკვეთს. დასწავლის ეფექტი განიხილება როგორც შემავალი ვექტორის მიმართულებით წონითი ვექტორის ბრუნვა, მისი სიგრძის არსებითი ცვლილების გარეშე.

შესწავლის სიჩქარის კოეფიციენტად მიჩნეულია  $\beta$  ცვლადი, რომელიც დასწავლის პროცესის დასაწყისში დაახლოებით 0,7-ის ტოლია. ეს საშუალებას გვაძლევს საწყის ეტაპზე გაკეთდეს შედარებით დიდი ბიჯები და განხორციელდეს სწრაფი ზედაპირული შესწავლა. შემდგომ ბიჯები თანდათან შემცირდება.

თვითორგანიზებადი რუკების შრის დასწავლის ალგორითმის არსი შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი მოქმედებათა თანამიმდევრობის სახით:

- წონითი კოეფიციენტისთვის საწყისი მნიშვნელობის მინიჭება.
- შემსწავლელი  $X$  სიმრავლიდან  $\vec{x}_i$  ვექტორის ნეირონული ქსელის შესასვლელზე მიწოდება.



- თვითორგანიზებადი რუკების შრის გამოსასვლელის გამოთვლა და  $k$  „ცენტრალური“ ანუ მაქსიმალური წონითი კოეფიციენტის მქონე გამომავალი ნეირონის განსაზღვრა.

- „ცენტრალური“ ნეირონის წონების კორექტირება შემდეგი ფორმულით:

$$\bar{W}_k = \bar{W}_k + \beta(\bar{x}_i - \bar{W}_k) \quad 4.2.2.$$

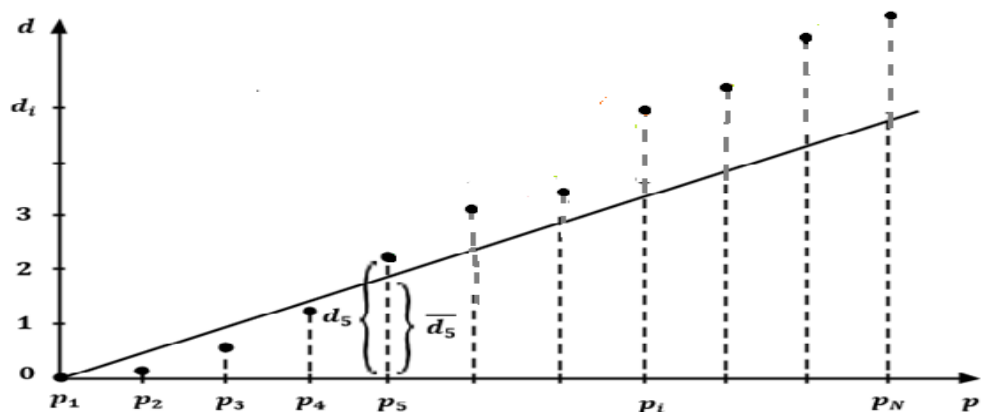
სადაც:  $\beta$  - არის შესწავლის სიჩქარის კოეფიციენტი.

წონები კორექტირების დროს წონების ვექტორი უნდა მიუახლოვდეს მიმდინარე შემავალ ვექტორს  $\beta$  შესწავლის სიჩქარის კოეფიციენტის პროპორციულად. ალგორითმის მუშაობა გრძელდება ვიდრე წონები არ შეწყვეტენ ცვლილებას.

წარმოდგენილ რანჟირების ალგორითმში საჭიროა ცალკეული ნაწილაკისთვის საწყის კოორდინატებში მიზნობრივი ფუნქციის გამოთვლა, რისთვისაც საუკეთესო პოზიციებზე შეირჩევა  $M$  რაოდენობის „ცენტრები“, რომელთა მიმართ დანარჩენ ნაწილაკები ავტომატურად განიხილებიან როგორც „მიმდებარე ნაწილაკები“:

$$l_j = \{p_k^i\}, \quad j=1,2, \dots, M. \quad 4.2.3.$$

ცენტრების განსაზღვრისათვის გამოიყენება საკოორდინატო ღერძები, სადაც აბსცისათა ღერძზე განლაგდება ნაწილაკები ( $p$ ) მიზნობრივი ფუნქციის მნიშვნელობათა კლებადობის მიხედვით, ხოლო ორდინატთა ღერძზე გადაიზომება ნაწილაკთა შორის დისტანციები ( $d$ ). თითოეული ( $p, d$ ) კოორდინატა განსაზღვრავს ნეირონების რანჟირებას  $p$  ნაწილაკს  $d$  სხვაობით. ნახ.4.2.3.-ზე მოცემულია რანჟირება.



ნახ. 4.2.3 ნეირონების რანჟირება

კოორდინატა სათავეში განთავსდება  $p_1$  ნაწილაკი მიზნობრივი ფუნქციის მაქსიმალური მნიშვნელობით:

$$r_1 = r_{max}; \quad r_i = f(p_i); \quad 1, 2, \dots, N. \quad d_i = r_{max} - r_i \quad 4.2.4.$$

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^N d_i}{N}; \quad \bar{d}_i = \frac{\sum_{i=1}^N d_i}{i} \quad 4.2.5.$$

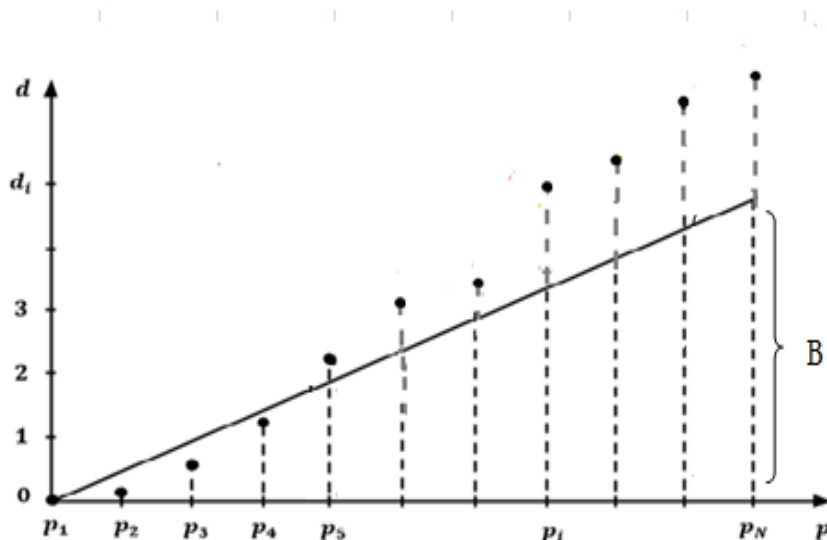
გამყოფი წრფე აიგება კოორდინატა სათავედან შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N r_i}{N(r_{max} - r_N)} \quad 4.2.6.$$

გამყოფი წრფის ქვემოთ მოხვედრილი წერტილები წარმოადგენენ ცენტრებს ხოლო ზედა ნაწილში მყოფი - მიმყოლი ნაწილაკები:

$$p_i = \begin{cases} d_i \leq \bar{d}_i & - \text{ცენტრი} \\ \text{otherwise} & - \text{რიგითი} \end{cases} \quad 4.2.7.$$

ცენტრების მიხედვით K-Means ალგორითმით ხდება კლასტერიზება. მიღებულ კლასტერებში თითოეული რიგითი ნაწილაკის ქცევა განიხილება მხოლოდ ცენტრალურ ნაწილაკთან მიმართებით.



ნახ. 4.2.4 ნაწილაკთა გამყოფი წრფე

სტუდენტთა მოსწრების, შრომითი ბაზრის ანალიზისა და პროგნოზირების ამოცანების გადასაწყვეტად შემოთავაზებულია თვითორგანიზებადი რუკების გამოყენება, სადაც სწავლების პროცესში ხდება როგორც ე.წ. ცენტრალური, ასევე მათი მიმდებარე რიგითი ნეირონების განსაზღვრა.

K-Means ალგორითმის გამოყენებით ცენტრების მიხედვით ხდება მოცემული არეს კლასტერიზება. ცალკეულ კლასტერში რეალიზდება „ვარსკვლავური“ ტოპოლოგია ანუ თითოეულ მიმდებარე ნაწილაკს აქვს კავშირი მხოლოდ კლასტერის ცენტრალურ ნაწილაკთან.

K-Means ალგორითმის მიერ  $N$  მიმდებარე ნაწილაკების  $M$  ცენტრების სიმრავლეზე  $L = \{l_r\}$ ,  $r=1,2, \dots, M$  გადანაწილება ხორციელდება კლასტერის ცენტრიდან, კლასტერის წერტილების საერთო კვადრატული გადახრა მინიმუმამდე დაყვანით:

$$\arg \min_L = \sum_{l_c=1}^M \sum_{p_k^i \in L} \|p_k^i - p_k^j\|^2 \quad 4.2.8.$$

სწორედ მრავალცვლადიანი მონაცემთა მასივის კლასტერებად დანაწილება ქმნის შემდგომში გადაწყვეტილებათა ხის აგების საფუძველს.

K-Means ალგორითმის მეშვეობით ხდება  $N$  მიმდევრო (რიგითი) ნაწილაკების  $M$  ცენტრების სიმრავლეზე  $L = \{l_r\}$ ,  $r=1,2, \dots, M$  გადანაწილება. ამ დროს კლასტერის ცენტრიდან რიგითი წერტილების საერთო კვადრატული გადახრა მინიმუმამდე დაიყვანება, რომელიც ცენტრს შეესაბამება.

$$\arg \min_L = \sum_{l_c=1}^M \sum_{p_k^i \in L} \|p_k^i - p_k^j\| \quad 4.2.9.$$

ალგორითმის მუშაობის შეწყვეტისათვის უნდა შესრულდეს შემდეგი პირობა:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N r_i}{N(r_{\max} - r_N)} \leq \mu \quad 4.2.10.$$

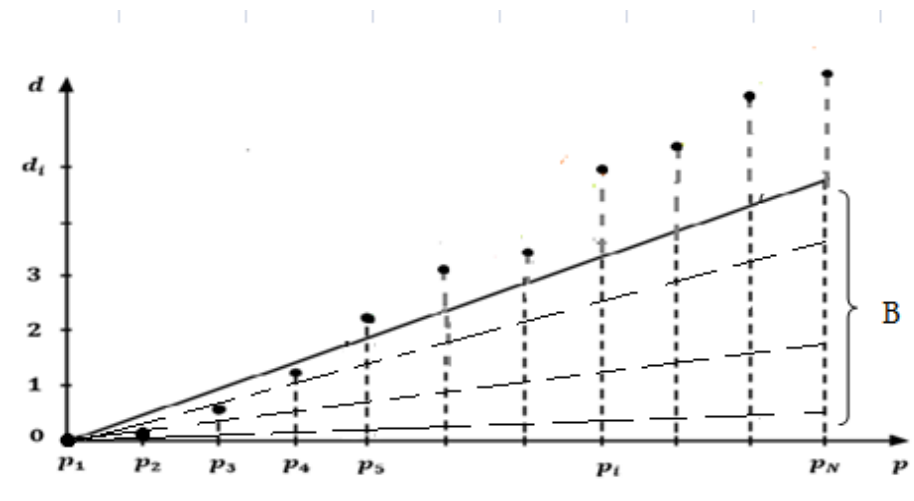
$\mu$  - არის წინასწარ განსაზღვრული სიზუსტის მნიშვნელობა.

თუ განსაზღვრული პირობა დაკმაყოფილდა, ალგორითმი შეწყვეტს მუშაობას და მიიღება საბოლოო ამონახსნი, რომელიც შეესაბამება მიღებული ცენტრთა ჯგუფის ცალკეული ნაწილაკისთვის გამოთვლილი მიზნობრივი ფუნქციის საშუალო მნიშვნელობას. თუ პირობა არ იქნა დაკმაყოფილებული, გადავდივართ ალგორითმის მომდევნო ბიჯზე.

შემდეგი ეტაპი არის „ოქროს კვეთის“ პროპორციის მიხედვით „გამყოფი“ წრფის დახრის შემცირება, შესაბამისად,  $B$  მცირდება 0,6183 ჯერ, ეს იწვევს ცენტრების სიმრავლის შეცვლასა და შემცირებას, ხოლო რიგითი ნაწილაკების ცენტრების ახალ სიმრავლეზე გადანაწილებას ანუ რეგენერაციას.

შედეგად მიიღება ბადის ახალი კონფიგურაცია, რომელიც ითხოვს ცენტრების ახალ სიმრავლეზე ხელახალ კლასტერიზებას. ამ შემთხვევაში კლასტერების შერწყმით ხდება ცენტრების წონითი კოეფიციენტების ცვლილება, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს კოორდინატთა სათავეში უდიდესი მნიშვნელობის ნეირონის ჩანაცვლება ანუ მთავარი ცენტრის შეცვლა.

ნახ.4.2.5.-ზე მოცემულია კლასტერიზაცია:



ნახ. 4.2.5 კლასტერიზაცია

ალგორითმის მუშაობის შეწყვეტის პირობის შესრულების შემთხვევაში მიიღება საბოლოო ამონახსნი, ანუ სრულდება თვითორგანიზებადი რუკების სწავლების პროცესი.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, კლასტერიზაციის ამოცანა ხდება ე.წ. გადაწყვეტილებათა ხის აგების საფუძველი, რომელიც გადაწყვეტილების მიღების პროცესში ერთ-ერთ ფუნდამენტურ მიდგომას წარმოადგენს.

გადაწყვეტილებათა ხეების სწავლება და წინასწარი გამოთვლები სწრაფად მიმდინარეობს, საკმაოდ ზუსტია ამოცანათა ფართო წრისთვის და არ საჭიროებს მონაცემთა განსაკუთრებულ მომზადებას.

## დასკვნა

ჩატარებული სამუშაოს საფუძველზე შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

- გაკეთებულია მონაცემთა ანალიზის თანამედროვე ინსტრუმენტული საშუალებების მიმოხილვა. თანამედროვე პერიოდში ინფორმაციის მოცულობის სწრაფად ზრდის კვალდაკვალ გაჩნდა ერთდროულად მრავალი გადაწყვეტილების მიღების საჭიროება, რამაც მოითხოვა განაწილებული მონაცემების სისტემაში მოყვანა. მსგავსი ამოცანების გადასაწყვეტად შემოთავაზებულია მონაცემთა ანალიტიკური დამუშავების სპეციალური სისტემების OLAP (On-Line Analysis Processing) და მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის - Data Mining ტექნოლოგიების გამოყენება.
- განხილულია „ჭკვიანი უნივერსიტეტის“ აქტუალობა, რომელიც თანდათან მკვიდრდება ჩვენს ყოველდღიურობაში. იგი სწრაფად განვითარებადია, რომელიც წარმოადგენს მაღალტექნოლოგიური აღჭურვილობის, ჭკვიანი პროგრამებისა და ინოვაციური კონცეფციების ინტეგრირებას და ყოველივე ამან განსაზღვრა თანამედროვე სწავლებისა და სწავლის პროცესში მონაცემთა ანალიზის თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენების აუცილებლობა.
- განხილულია სწავლების ხარისხის უზრუნველყოფის ძირითადი ამოცანები, რომელიც უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულებების უმთავრესი მიზანია. წარმოდგენილია შრომის ბაზარზე დამსაქმებელთა მოთხოვნები, რომელიც შეფასებულია როგორც განათლების ხარისხის მუდმივად გაუმჯობესების მნიშვნელოვანის ფაქტორი. სასწავლო პროცესის მართვის ფუნდამენტურ პრინციპებად განხილულია განათლების სისტემისა და შრომის ბაზრის ურთიერთობა, რომელიც მოითხოვს მუდმივად თვალყურის მიდევნებას და განვითარებას.
- განხილულია სწავლა-სწავლების მართვის სერვისები, გადაწყვეტილების მიღების პროცესი და მოთხოვნები საინფორმაციო და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების მხარდაჭერაზე. განხილულია თუ რამდენად მნიშვნელოვანია მონაცემების შეგროვება მუდმივი მონიტორინგის ბაზაზე და შემდგომ მათი გამოყენება ანალიზის ჩასატარებლად, დიაგნოსტიკისთვის, რომლის

საფუძველზეც შესაძლებელია გადაწყვეტილების მიღების პროცესის ეფექტურად წარმართვა. დამუშავებულია ინფორმაციული რესურსების უსაფრთხოების საკითხები.

- გაანალიზებულია OLAP ტექნოლოგიის როლი და მისი უპირატესობები მონაცემთა ანალიზის ამოცანებისთვის. ჩანს ძირითადი განსხვავება და უპირატესობა მონაცემთა ანალიტიკური დამუშავების სხვა საშუალებებთან, რომელიც მდგომარეობს იმაში, რომ იგი გამოიყენება მრავალგანზომილებიანი, მრავალპარამეტრიანი მოდელების შესაქმნელად რეალური პროცესების გაცილებით ადეკვატურად წარმოდგენის მიზნით. OLAP ტექნოლოგიის შემოთავაზება განპირობებულია იმით, რომ იგი უზრუნველყოფს მომენტალურად დათვალერდეს მონაცემები არჩეული პარამეტრების მიხედვით და გადაწყვეტილების მიმღებ პირს სიტუაციის სრულად კონტროლის საშუალებას მისცემს. აღნიშნულია OLAP ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული სისტემის ძირითადი უპირატესობები. უმაღლეს სასწავლებლებში პროცესების მონიტორინგისა და აღრიცხვიანობის დროს აღძრული ზოგიერთი პრობლემა დაკავშირებულია სხვადასხვა მონაცემთა წყაროებიდან სანდო მონაცემების შეგროვებასთან. აღნიშნული პრობლემის გადაჭრამ განაპირობა მონაცემთა საცავისა და ინტეგრირებული საინფორმაციო სისტემის მხარდაჭერა, რომელიც შეიცავს განახლებულ და საიმედო ინფორმაციას სასწავლო პროგრამებზე, სასწავლო გეგმებზე, პედაგოგებზე, რესურსებზე, სტუდენტებზე. მონაცემთა საცავი და მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის სისტემები ხასიათდებიან ინფორმაციაზე წვდომის სიმარტივით და სისწრაფით. საცავში განთავსებული ინფორმაცია პასუხობს განსაზღვრულ მოთხოვნებს, როგორცაა: საგნობრივი ორიენტაცია, ინტეგრირებულობა, ქრონოლოგიის მხარდაჭერა და შეუცვლელობა. მას აქვს მონაცემთა და ინფორმაციის უმოკლეს ვადებსა და მინიმალური დანახარჯებით ზუსტი წარმოდგენის შესაძლებლობა და სწორედ ამ თვისებათა გამო მონაცემთა საცავის გამოყენება შეუცვლელად არის მიჩნეული მონაცემთა ანალიზის მიზნით.

- დამუშავებულია მონაცემთა ბაზა „უნივერსიტეტი“ სასწავლო პროცესის მონიტორინგის მიზნით. აგებულია ER დიაგრამა საპრობლემო არესთვის. წარმოდგენილია ცხრილების სტრუქტურები. დიაგრამაზე გამოყოფილია ფაქტების ცხრილები, რომელიც შემდგომ გამოყენებულია კუბის ასაგებად.
- წარმოდგენილია ფაქტებისა და განზომილებების ცხრილების აგების ტექნოლოგია. განსაზღვრულია კუბის განზომილებები. აგებულია განზომილებათა ცხრილები. შექმნილია ფაქტების ანუ ზომათა ცხრილები. კუბისა და მონაცემთა განზომილებების დასათვალისწინებლად შესრულებულია კუბის განშლა.
- აგებულია ჰიპერკუბები: „დატვირთვა“ და „შეფასებები“ მონაცემთა მრავალგანზომილებიანი ანალიზისთვის. დამუშავებულია კუბის იერარქიებად დაშლის განზოგადოებული სქემა და შემაჯამებელი უჯრედების ფორმირების სქემა.
- შესრულებულია კუბზე ძირითადი ოპერაციები, კერძოდ: აგრეგაციის დეტალიზაციის, კვთის, ამორჩევის, პროექციის, ჭრების. წარმოდგენილია შექმნილ კუბებზე ჩატარებული ძირითადი ოპერაციების კონკრეტული მაგალითები. კუბში შენახულ მონაცემთა ვიზუალიზებისთვის გამოყენებულია ჩვეულებრივი ორგანზომილებიანი ანუ ცხრილური წარმოდგენები, რომელთაც აქვთ სტრიქონებისა და სვეტების რთული იერარქიული სათაურები. მიღებული შედეგები მმართველი გადაწყვეტილების მიღებისთვის გადამწყვეტ როლს შეასრულებს.
- დამუშავებულია მონაცემთა ანალიზიდან მმართველი გადაწყვეტილების მიღების საკითხები. აღნიშნულია, რომ დამუშავებული ტექნოლოგია ნებისმიერ მომენტში მონაცემთა ნებისმიერ იერარქიაზე გადასვლის საშუალებას იძლევა. მონაცემები ვიზუალიზებულია გრაფიკების, დიაგრამების, ცხრილების სახით. მოცემული სახით მონაცემთა წარმოდგენა ანალიტიკის სამსახურს ინფორმაციის ნებისმიერ ჭრილში მიღების საშუალებას მისცემს, რაც მოქნილი ანალიზის შესაძლებლობის საფუძველია. ამავდროულად ასეთი ფორმით ანალიზზე მოთხოვნა განუწყვეტლივ იზრდება იმის ფონზე, რომ ავტომატიზების დონე და ხარისხი განუწყვეტლივ იზრდება და ამის კვალდაკვალ იზრდება მონაცემთა მოცულობა, რომელიც მოითხოვს სწრაფ ანალიზს.



- დამუშავებულია მონაცემთა საცავის, ვიტრინების შევსების, მონაცემთა გასუფთავებისა და სტანდარტიზების ამოცანები. განხილულია აღნიშნული ამოცანების წინაპირობები, რომელთაგან მნიშვნელოვანია, რომ მონაცემთა საცავები ინფორმაციას იღებენ რამდენიმე წყაროდან და ფორმატიდან, როგორცაა ტექსტური ფაილები, Excel-ის ცხრილები, მულტიმედიური ფაილები და სხვ. ამდენად, ეს მონაცემები მოითხოვენ გასუფთავებასა და გარდაქმნას. მონაცემთა საცავები და ვიტრინები საჭიროებენ მონაცემების ხშირად განახლებას, ხოლო ატვირთულ მონაცემთა მოცულობები ხშირად საკმაოდ დიდია. აღნიშნული პროცესისთვის შემოთავაზებულია SSIS მომსახურებების გამოყენება, რომელსაც შეუძლია პირდაპირ ატვირთოს მასიური მონაცემები ბრტყელი ფაილების ცხრილებიდან და SQL სერვერიდან, ასევე დანიშნულების კომპონენტები, რომელიც უზრუნველყოფს მონაცემთა მასიურ ატვირთვას SQL სერვერის მონაცემთა ბაზაში.
- OLAP კუბებში მონაცემთა ანალიზის შესრულების თანმიმდევრობის პროცესში მათი გამოთვლითი დანახარჯების მინიმიზების მიზნით გამოყენებულია გენეტიკური პროგრამირების მეთოდები, რომელიც სწრაფად ახდენს ალგებრული გამოსახულების ოპერაციების კომბინაციათა ანუ შესრულების თანმიმდევრობათა გადარჩევას და ოპტიმალური გადაწყვეტილების პოვნას;
- წარმოდგენილია მუშა სერვერებზე მონაცემთა ბაზის განშლის დაგეგმარება, ასევე უსაფრთხოების განსაზღვრა და გამართვა;
- დასმულია შრომის ბაზრის მოთხოვნების განსაზღვრის ამოცანა, რომლის გადასაწყვეტად შემუშავებულია თვითორგანიზებადი რუკის კლასტერებად დაყოფის *ჰიბრიდული ალგორითმი*, სადაც შერწყმულია მრავალგანზომილებიანი ვექტორების კლასტერიზაციის *k-უახლოესი საშუალოების (k-means) ალგორითმი* და ჩვენს მიერ შემუშავებული ნეირონების რანჟირების ალგორითმი. აღნიშნული მიდგომა გარკვეული სიზუსტით იძლევა ინფორმაციას მოცემულ ეტაპზე შრომის ბაზრის მოთხოვნების შესახებ, რომელიც შესაძლებელია გათვალისწინებულ იქნას სასწავლო პროგრამების გადაწყობა-განახლებისთვის.

## გამოყენებული ლიტერატურა:

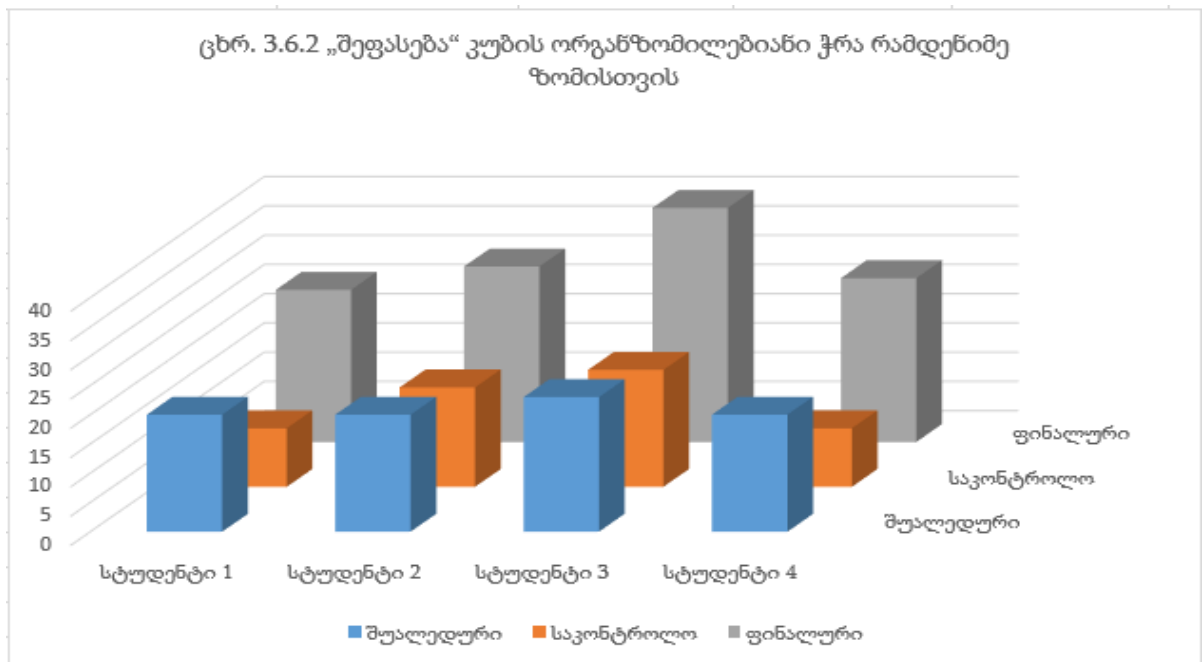
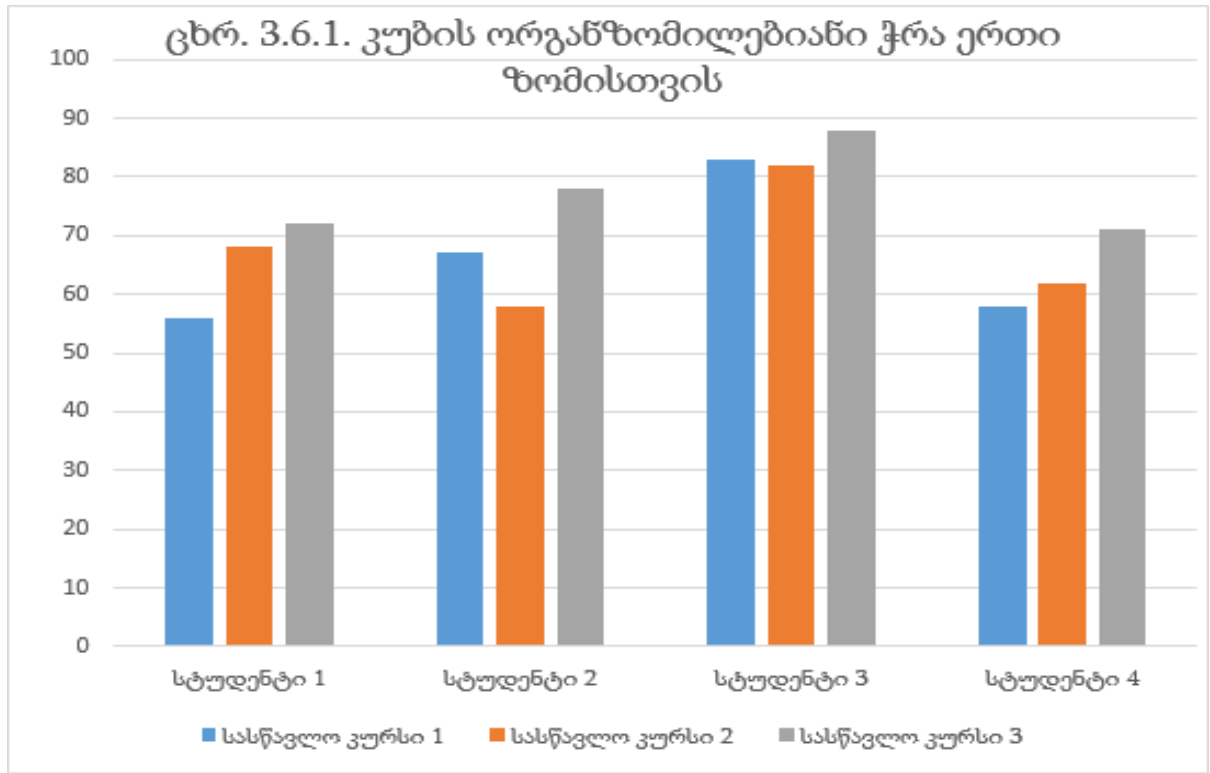
1. აჰო, 2017 – Aho M., Optimisation of Ad-hoc analysis of an OLAP cube using SparkSQL. ISSN: 1401-2138, 2017. გვ. 1-55.
2. ბაქენი..., 2016 – Bakken J.P., Uskov V.L., Penumatsa A., Doddapaneni A., Smart Universities, Smart Classrooms and Students with Disabilities. Smart Innovation, Systems and Technologies 59. DOI 10.1007/978-3-319-39690-3-2, Switzerland. 2016. გვ. 15-27.
3. ბელატრეში..., 2005 – Bellatreche L., Giacometti A., Marcell P., Mouloudi H., Laurent D., A Personalization Framework for OLAP Queries. ACM 1-59593-162-7/05/0011. Germany. 2005. გვ. 9-18.
4. ბერიძე, 2019 - ბერიძე ნ., ხარისხის მართვის ამოცანები და მათი გადაწყვეტის გზები უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებაში. საქართველოს მეცნიერებისა და საზოგადოების განვითარების ფონდი, საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი „ინტელექტი“ 2(64), ISSN 1512-0333, თბილისი, 2019. გვ. 34-38.
5. ბერიძე..., 2019 - ბერიძე ნ., წითაშვილი ლ., ჯანელიძე გ., OLAP კუბში მონაცემთა ანალიზი გენეტიკური პროგრამირების გამოყენებით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, შრომები No 1(511), ISSN 1512-0996, თბილისი, 2019. გვ. 49-55.
6. ბიუთი..., 2012 – Butey P.K., Meshram S., Sonolikar R.L., Query Optimization by Genetic Algorithm. Journal of Information Technology and Engineering. ISSN: 2229-7421, Vol. 3 No. 1, 2012. გვ. 44-51.
7. ბრესფელინი..., 2010 – Bresfelean V.P., Ghisoiu N., Higher Education Decision Making and Decision Support Systems. Wseas Transactions on Advance in Enguneering Education. Issue 2, Vol 7, ISSN: 1790-1979, 2010. გვ. 43-52.
8. გალჰარდასი, 2016 – Galhardas H., OLAP Operations. გვ. 1-13.
9. გეზალი, 2015 – Ghazali D.P.S., Latip R., Hussin M., Abd Wahab M.H., A Review Data Cube Analysis Method in Big Data Enviroment. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, ISSN 1819-6608, vol. 10, No 19, October, 2015. გვ. 8525-8531.
10. გოგიჩაიშვილი..., 2008 - გოგიჩაიშვილი გ., ოდიშარია კ., შონია ო., ინფორმაციის დაცვა ავტომატიზებულ სისტემებში. სტუ. თბილისი. 2008. გვ. 1-148.
11. გრაბი, 2015 – Ghrab A., Romero O., Skhiri S., Vaisman A., Zimanyi E., A Framework for Building OLAP Cubes on Graphs. Conference Paper, DOI: 10.1007/978-3-319-23135-8-7, Switzerland, 2015. გვ. 92-105.
12. დესუორთი..., 2004 – Deswarte Y., Cuppens F., Jajodia S., Wang L., Information Security Management, Education and Privacy. IFIP 18<sup>th</sup> World Computer Congress. TC11 19<sup>th</sup> International Information Security Worksops. Print by International Federation for Information Processing. eBook ISBN: 1-4020-8145-6. Boston. 2004. გვ. 1-328.
13. ეიბონუ, 2007 – Abonyu J., Feil B., Cluster Analysis for Data Mining and System Identification. ISBN: 978-3-7643-7987-2. Springer. 2007. გვ. 1-306.
14. ელთაბაქი, 2012 – Eltabakh M., Olap & Data Mining. CS561-SPRING, 2012. გვ. 1-38.

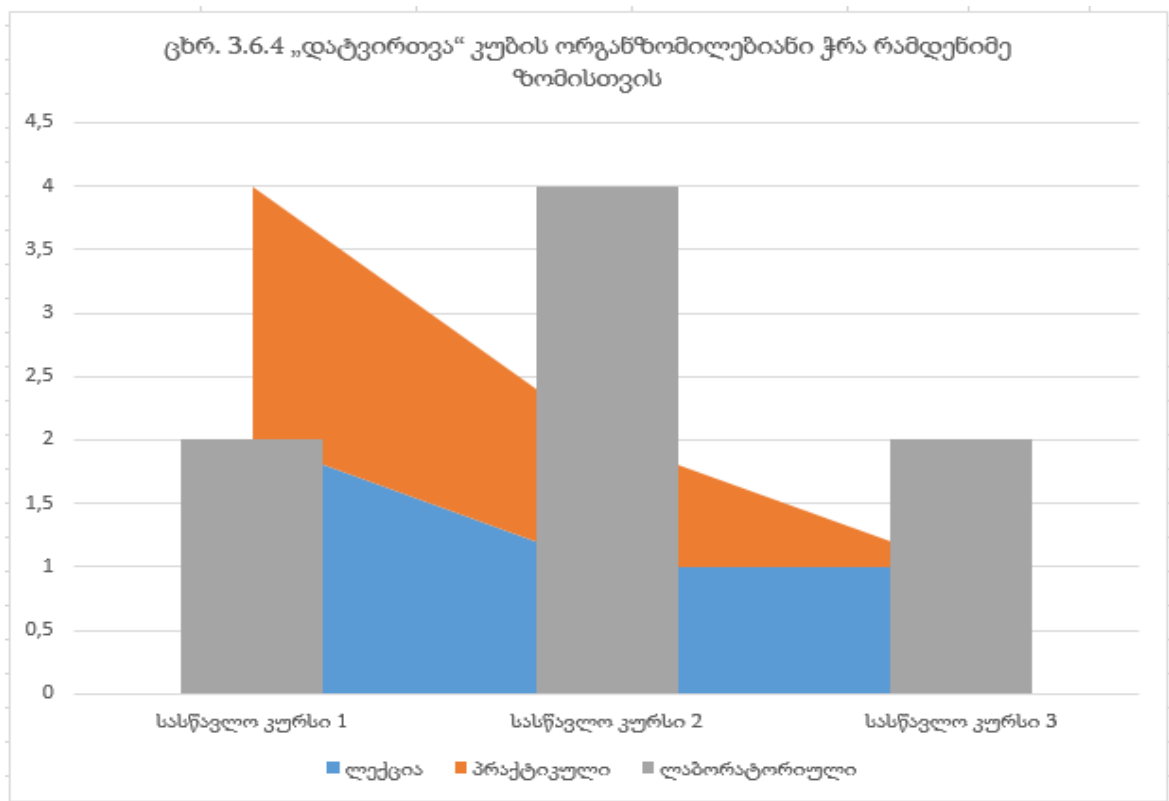
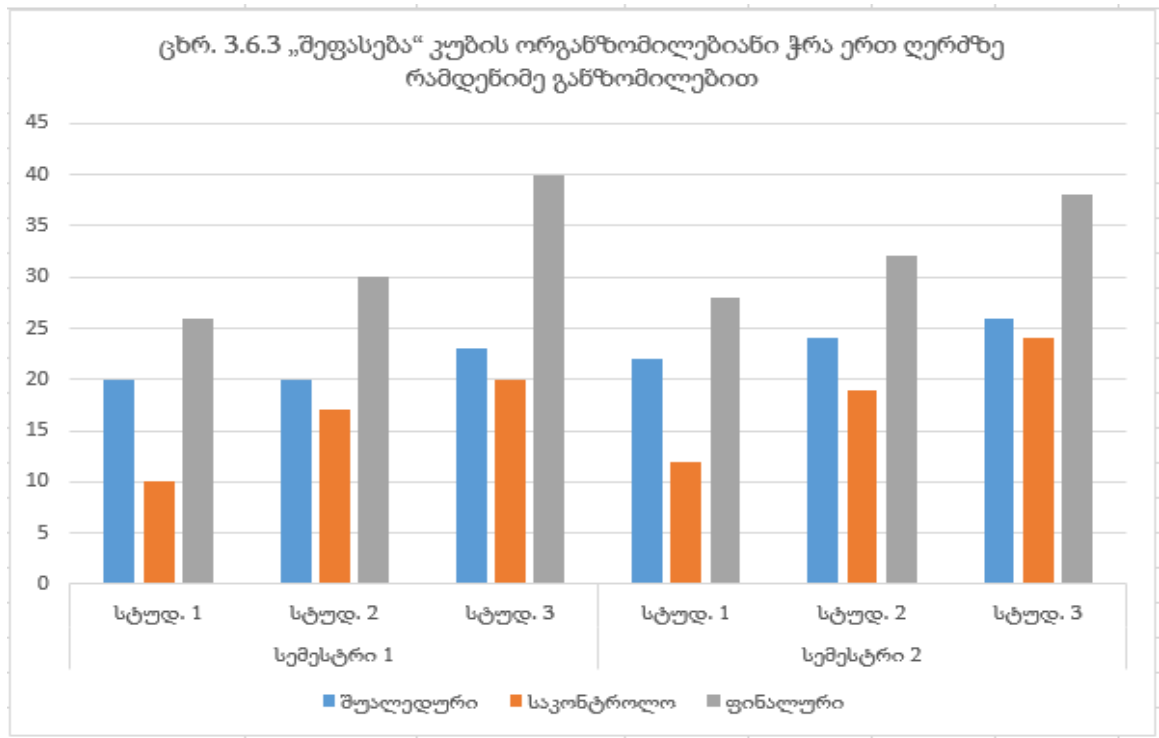
15. ერციესი, 2015 – Erciyes K., Distributed and Sequential Algorithms for Bioinformatics. vol. 23, ISSN: 1568-2684, Computational Biology, DOI 10.1007/978-3-319-24966-7, Switzerland, 2015. გვ. 1-376.
16. ვუ, 2015 – Wu S., Big Data Processing With Hadoop. Turku University of Applied Scienced Thesis, June, 2015. გვ. 1-45.
17. ზაჰარი, 2011 – Zaharie M.A., Employment of the graduate labour force and employers needs – components of quality management in higher education. doctoral thesis – summary, 2011. გვ. 1-50.
18. თიუარი..., 2013 – Tiwari P., Chande S.V., Query Optimization Strategies in Distributed Databases. International Journal of Advance in Engineering Sciences, Vol.3 (3), e-ISSN:2231-0347 Print-ISSN: 2231-2013, 2013. გვ. 23-28.
19. ივანჩენკო, 2012 – Ivanchenko D.A, Smart-University as a Basic for Academic Environment of Higher Education Institution. St. Petersburg. 2012. გვ. 151-155.
20. კერვალიშვილი..., 2009- კერვალიშვილი. პ., მეფარიშვილი ბ., ჯანელიძე გ., Self-organization modelling of Multi-Agent Systems. SynEnergy Forum (S.E.F.) - The conference for International Synergy in Energy, Environement, Tourism and Information Technology. Spetses, Greece. 2009.
21. კოჰონენი, 2001 – Kohonen T., Self-Organizing Maps, Third Edition, ISBN: 3540679219, Springer, Verland New York, inc. 2001.
22. კუდრიავეცივი, 2008 – Yu. Kudryavtsev, OLAP Technologies: Reviess of Problems to be Solved and Research, Business Informatics №1. 2008. გვ. 66-70. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/olap-tehnologii-obzor-reshaemyh-zadach-i-issledovaniy/viewer> (09.08.2020).
23. ლი..., 2013 – Li F., Ooi B.C., Ozsu M.T., Wu S., Distributed Data Management Using MapReduce. DOI 10.1145/0000000.0000000, ACM Computing Surveys, Vol. 0, No. 0, Article A, Publication date: 0. 2013. გვ. 1-41.
24. ლი..., 2017 – Li K.C., Jiang H., Zomaya A.Y., Big Data Management and Processing. CRC Press Taylor & Francis Group, Chapman & Hall Book. ISBN-13: 978-1-4987-6807-8(Hardback). 2017. გვ. 1-601.
25. ლინი..., 2004 – Lin W.Y., Kuo I.C., A Genetic Selection Algorithm for Olap Data Cubes. The National Science of ROC. No. NSC89-2213-E-214-007. გვ. 1-21.
26. მელოუნნი..., 2006 – Malone J., McGarry K., Wermter S., Bowerman C., Data Mining using Rule Extraction from Kohonen Self-Organising Maps. Neural Computing and Applications. DOI: 10.1007/s00521-005-0002-1 – source: DBLP, 2006. გვ. 1-16.
27. მეთუსი, 2016 – Metus A., Formal definition of multidimensional analytical indicators calculation as a sequence of OLAP-cube operations. 2016. 2(14). გვ. 209-215.
28. მეფარიშვილი, 2018 - მეფარიშვილი ბ., დიდ მონაცემთა შენახვა და დამუშავება, თბილისი, 2018.
29. მეფარიშვილი, 2008 - მეფარიშვილი ბ., მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემები. სტუ. თბილისი, 2008.
30. მეფარიშვილი..., 2015 - მეფარიშვილი ბ., თურმანიძე ლ., ჯანელიძე გ., New Approach to the Flexible Planning of Learning Process in High Education System. 2015. გვ. 1-6.

31. მეფარიშვილი..., 2018 - მეფარიშვილი ბ., ჯანელიძე გ., ბარამიძე ვ., მონაცემთა საცავებში ბიზნეს ანალიზი SQL Server Analysis Services გამოყენებით. (ლაბორატორიული პრაქტიკუმი), ISBN 978-9941-8-0274-4, თბილისი 2018. გვ. 1- 285.
32. მეფარიშვილი..., 2020 - მეფარიშვილი ბ., ცერცვაძე გ., დიდი მონაცემების ანალიტიკა. თბილისი, სტუ. 2020. გვ. 1-244.
33. მეფარიშვილი..., 2013 - მეფარიშვილი ბ., ჯანელიძე გ., საინფორმაციო სისტემების აგება MS SQL Server-ის გამოყენებით. თბილისი, სტუ, ISBN 987-9941-20-351-0. 2013. გვ. 1-299.
34. მიქი..., 2009 – Meek V.L., Teichler U., Kearney M.L., Higher Education, Research and Innovation: Changing Dynamics. International Center for Higher Education Research Kassel (INCHER Kassel). ISBN: 978-3-934377-10-3, Germany, 2009. გვ. 1-242.
35. მორზე..., 2013 – Morze N.V., Glazunova O.G., What Should be E-Learnins Course for Smart Education. გვ. 411-423.
36. ოვსიანიტსკაია, 2014 – Ovsyanitskaya L., The OLAP-Cubes Technology Application for Analysing Pedagogical Monitoring Data. გვ. 271-278.
37. ონგი..., 1999 – Ong J., Abidi S.S.R., Data Mining using Self-Organzing Kohonen Maps: A technique for effective data clustering & visualization. international conference on artificial intelligence (IC-AI'99), Las Vegas, 1999. გვ. 1-4.
38. პეტროვა, 2012 – Petrova T., OLAP Cube Tunins and Query Performance Optimization. SAS Global Forum, paper 026-2012. გვ. 1-17.olap
39. როდიონოვი..., 2002 – A. Rodionov, D. Isaev, OLAP-system as a tool of the modern economist, Financial newspaper ,№44 (563), 2002 URL: <https://www.lanit.ru/press/smi/olap-sistema-kak-instrument-sovremennogo-ekonomista/> (09.08.2020).
40. რომერო..., 2011 – Romero C., Ventura S., Pechenizkiy M., Baker R.S.J.D., Handbook of Educational Data Mining. Taylor & Francis Group. ISBN: 978-1-4398-0457-5 (Hardback), New York. 2011. გვ. 1-526
41. როუდი, 2016 – Road S.Z., About Hamdan Bin Mohammed Smart University. Center of Excellence and Governance. გვ. 1-21. <https://www.dubaieduguide.com/portfolio-item/hamdan-bin-mohammed-smart-university/> (05.06.2020)
42. სამხარაძე, 2014 - სამხარაძე რ., Visual C#. Net. თბილისი, სტუ, ISBN 978-9941-20-443-2, (ელ. ვერსია). 2014. გვ. 1-507.
43. სინაგა..., 2017 – Sinaga A.S., Girsang A.S., University Accreditation using Data Warehouse. International Conference on Computing and Applied Informatics 2016. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 801 (2017) 012030, DOI: 10.1088/1742-6596/801/012030, 2017. გვ. 1-7.
44. სონგი..., 2015 – Song J., Guo C., Wang Z., Zhang Y., Yu G., Pierson J.M., HaoLap: A Hadoop based OLAP system for big data. Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO). Journal of systems and Software, vol 102. pp. 167-181. ISSN 0164-1212. DOI: 10.1016/j.jss, 2015. გვ. 1-16.

45. სტავროპოპულოსი..., 2010 – Stavropoulos T.G., Tsioliaridou A., Koutitas G., Vrakas D., Vlahavas I., System Architecture for a Smart University Building. გვ. 1-6.
46. ტიტოვა, 2011- Titova G.S. Information and analytical system of the university. Analytical data processing, its concepts and technologies, Modern problems of science and education.-№6, 2011. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4965> (09.08.2020).
47. ტიხომიროვა, 2013 – Tikhomirova N., Formation of universities of the future: Smart universities and Smart training. 119501, Moscow, 2013. გვ. 53-56.
48. ტიხომიროვი, 2015 – Tikhomirov V., Development of Strategy for Smart University. Russia, Moscow. 2015. გვ. 1-3.
49. ურბანეკი, 2014 – Urbanek S., OLAP Cubes and Logical Models. <https://okfnlabs.org/blog/2014/01/20/olap-cubes-and-logical-model.html> (04.06.2020).
50. უსკოვი..., 2018 – Uskov V.L, Bakken J.P, Howlett R.J, Jain L.C., Smart Universities, Concepts, Systems and Technologies. Smart Innovation, Systems and Technologies 70. Vol 70. DOI 10.1007/978-3-319-59454-5, ISBN 978-3-319-59453-8, ISSN 2190-3018, 2018. გვ. 1-435.
51. ფეიქინი, 2015 – Fakeen K.A., Decision Support Systems (DSS) in Higher Education System. International Journal of Applied Information Systems (IJ AIS) – ISSN: 2249-0868, vol. 9-No.2, New York, USA, 2015. გვ. 32-39.
52. ფონია, 2001 – Ponniah P., Data Warehousing Fundamentals. A Wiley-interscience Publication. John Wiley & sons, INC. ISBNs: 0-471-41254-6 (Hardback); 0-471-22162-7 (Electronic). 2001. გვ. 1-518.
53. ფურლატი..., 2009 – Furlati A., Ravaioli S., Data Warehousing and Data Mining as Tools to Support Quality Assurance Systems at Universities and Higher Education Institutions. Akademik Bilisim 09-XI. Akademik Bilisim Konferansi Bilririleri 11-13 Subat 2009. გვ. 349-353.
54. კიმბოლი..., 2013 – Kimball R., Ross M., The Data Warehouse Toojkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling. Third Edition, John Wiley & sons, Inc. ISBN: 978-1-118-53080-1. 2013. გვ. 1-601.
55. კოზა..., 2003 – Koza J.R., Keane M.A., Streeter M.J., Mydlowec W., Yu J., Lanza G., Genetic programming IV. Routine human-competitive machine intelligence. Kluwer Academic Publishers. ISBN 1-4020-7446-8. 2003.
56. ქოროლიშვილი, 2014 - ქოროლიშვილი ც., ზოგიერთი ევოლუციური ალგორითმის გამოყენება რისკების პროგნოზირებაში. სტუ. შრომები N2(18). თბილისი. 2014. გვ. 16-20.
57. ქოროლიშვილი, 2015 - ქოროლიშვილი ც., საფინანსო სისტემებში რისკების პროგნოზირება ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენებით, დისერტაცია, 2015. გვ. 1-134.
58. შენგი..., 2013 – Shang K., Hossen Z., Applying Fuzzy Logic to Risk Assessment and Decision-Making. Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries, 2013. გვ. 1-59.
59. შვარცი..., 2014 – Shwartz S.S., David S.B., Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms, Published by Cambridge University Press, ISBN 978-1-107-05713-5 Hardback, USA, 2014. გვ. 1-449.

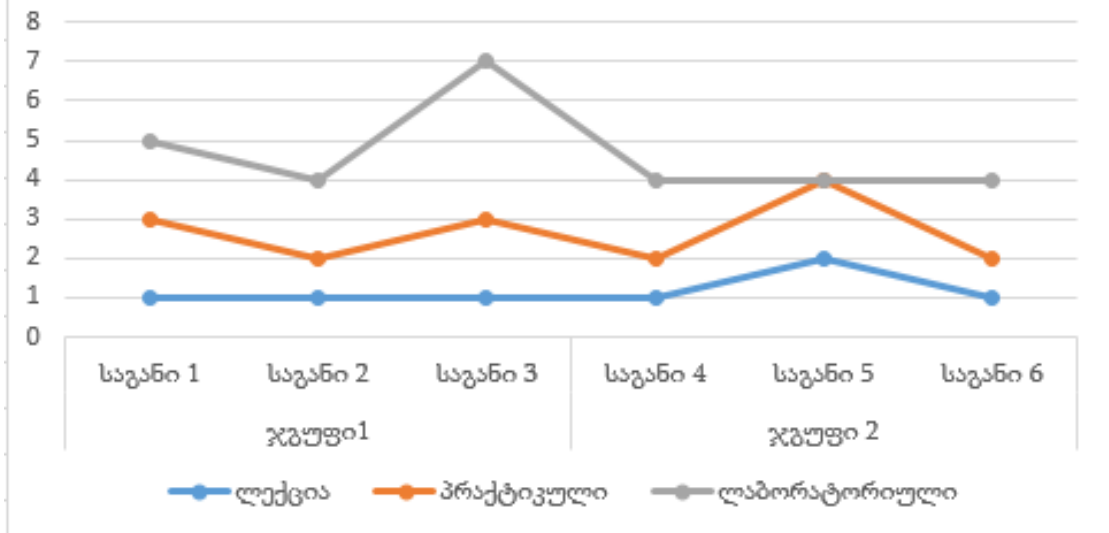
60. შონია..., 2009 - შონია ო., ჯანელიძე გ., მეფარიშვილი ბ., ინფორმაციული და ქსელური რესურსების უსაფრთხოების უზრუნველყოფა. თბილისი. 2009. გვ. 1-205.
61. შოუ, 2001 – Shaw M.L., Data Warehouse Database Design. Student Guide. Oracle Corporation, August, 2001. გვ. 1-374.
62. ჯა, 2007 – Jha G.K., Artificial neural networks and its applications. Journal of Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, 2007. გვ. 41-49.
63. ჯანელიძე..., 2018 - ჯანელიძე გ., მეფარიშვილი ბ., მონაცემთა საცავებში ბიზნესანალიზი SQL Server Analysis Services გამოყენებით. ISBN 978-9941-27-767-2, თბილისი. 2018.
64. ჯანელიძე..., 2019 - ჯანელიძე გ., ბერიძე ნ., სასწავლო პროცესის მონიტორინგის მონაცემთა მრავალგანზომილებიანი ანალიზი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, შრომები, მართვის ავტომატიზირებული სისტემები No 1(28), IISN 1512-3979(print), EISSN 1512-2174(Online), თბილისი, 2019. გვ. 148-153.
65. ჯანელიძე..., 2019 - ჯანელიძე გ., ბერიძე ნ., მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზი უმაღლეს განათლებაში. საქართველოს მეცნიერებისა და საზოგადოების განვითარების ფონდი, საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი „ინტელექტი“ 2(64), ISSN 1512-0333, თბილისი, 2019. გვ. 72-77.
66. ჰანი..., 2012 – Han J., Kamber M., Pei J., Data Mining – Concepts and Techniques. 3rd ed. ISBN 978-1-12-381479-1, Morgan Kaufmann Publisher is in imprint of Elsevier, Waltham, MA 02451, USA, 2012. გვ. 1-740.
67. ჰემელი, 2005 – Hamel L., A Brief Tutorial on Database Queries, Data Mining and OLAP. Kingston, RI 02881. 2005. გვ. 1-15.
68. ჰირა, 2015 – Hira S., Deshpande P.S., Data Analysis using Multidimensional Modeling, Statistical Analysis and Data Mining on Agriculture Parameters. Published by Elsevier B. V. This is an open access article under the CC BY\_NC\_ND license. Peer-review under responsibility of organizing committee of the Eleventh International Multi-Conference on Information Processing. 2015. გვ. 431-439.



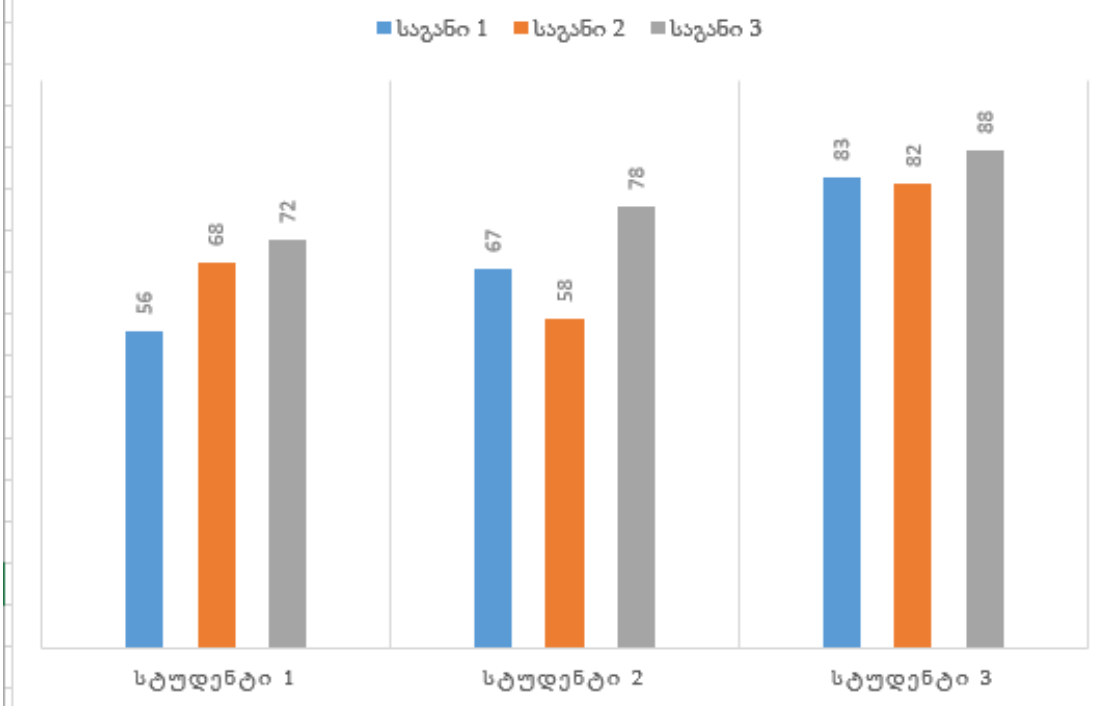




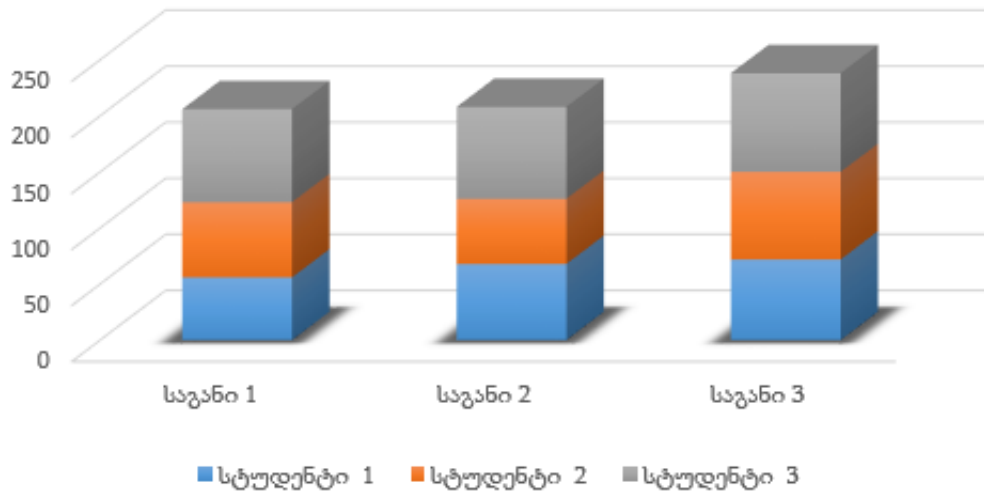
ცხრ. 3.6.5 „დატვირთვა“ კუბის ორგანოზომილებიანი ჭრათ ღერძზე რამდენიმე განზომილებით



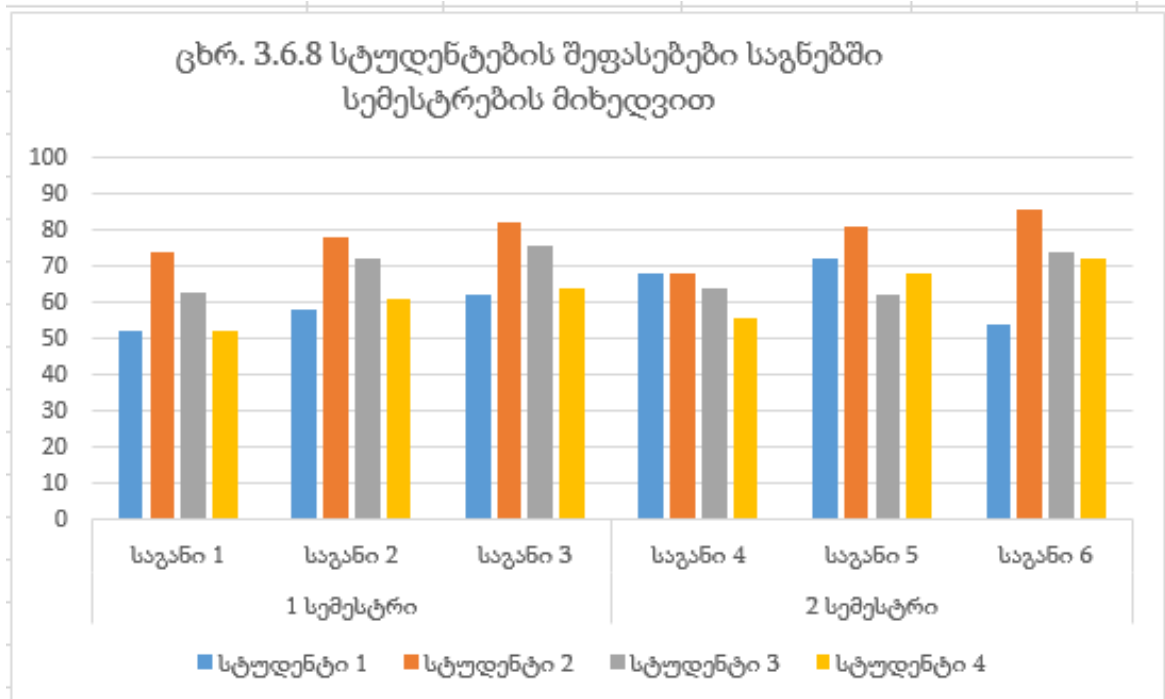
ცხრ. 3.6.6 სტუდენტების შეფასებები საგნების მიხედვით



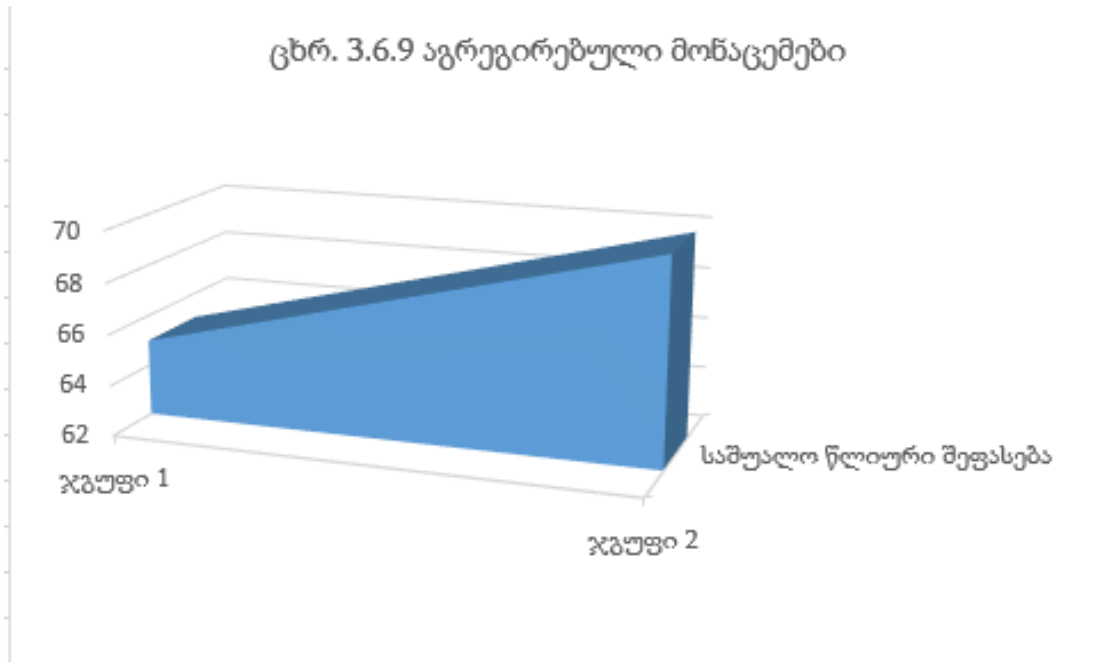
ცხრ. 3.6.7 კუბის შემოზრუნების შედეგად მიღებული ცხრილი



ცხრ. 3.6.8 სტუდენტების შეფასებები საგნებში სემესტრების მიხედვით



ცხრ. 3.6.9 აგრეგირებული მონაცემები

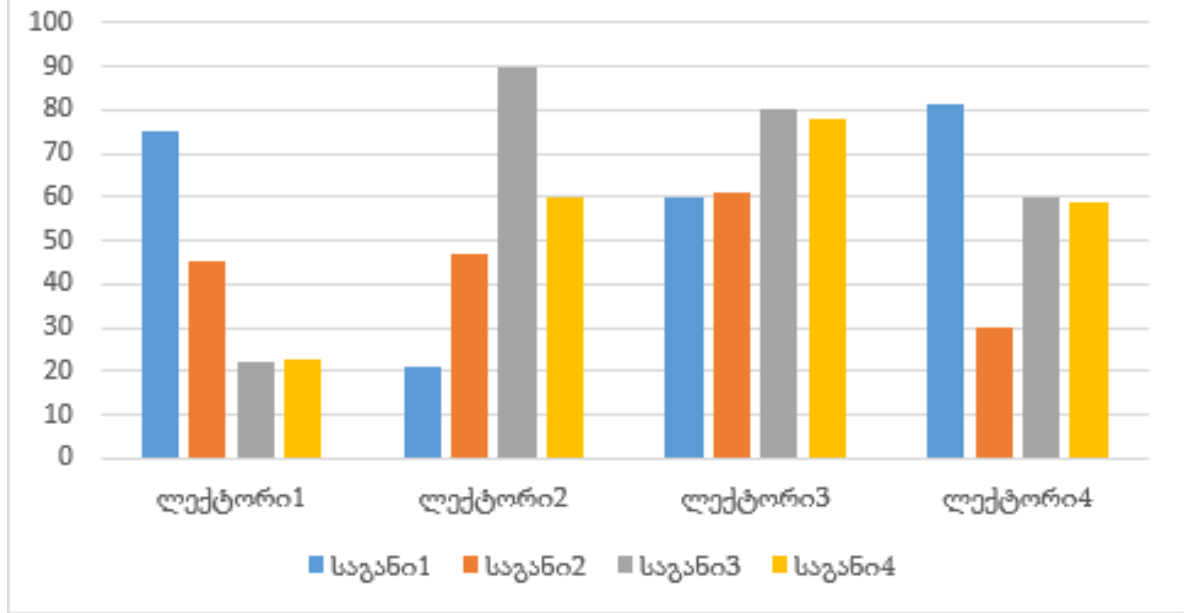


### დეტალიზაციის ოპერაცია

Current level:  (All)

- All
- არქიტექტურა
- ზიზნესი
- გეოლოგია
- ენერჯეტიკა
- ინფორმატიკა
  - ზიოსამედიცინო ინჟინერია
- ზართვის ავტომატიზებული სისტემები
  - ზეფარიშვილი
  - ჯანელიძე
  - სუბიანშვილი

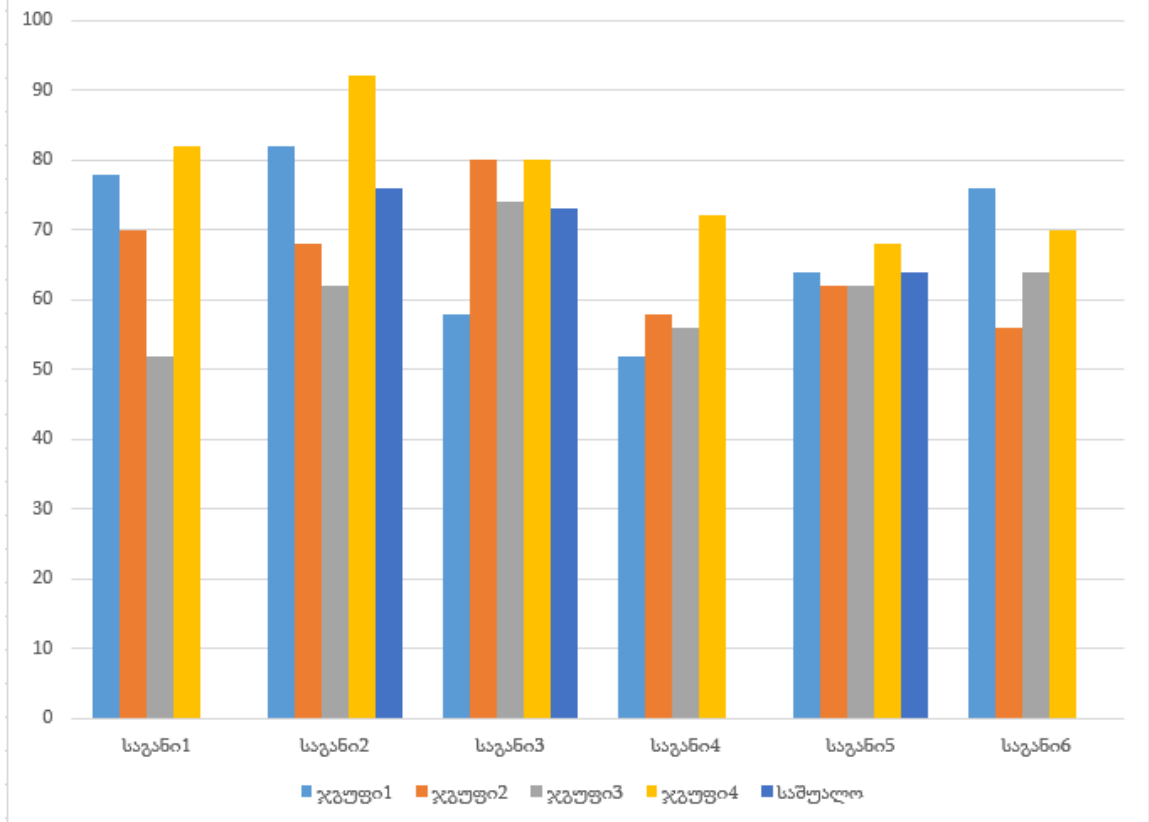
ცხრ. 3.6.10 დეტალიზაციის ოპერაციის შედეგები



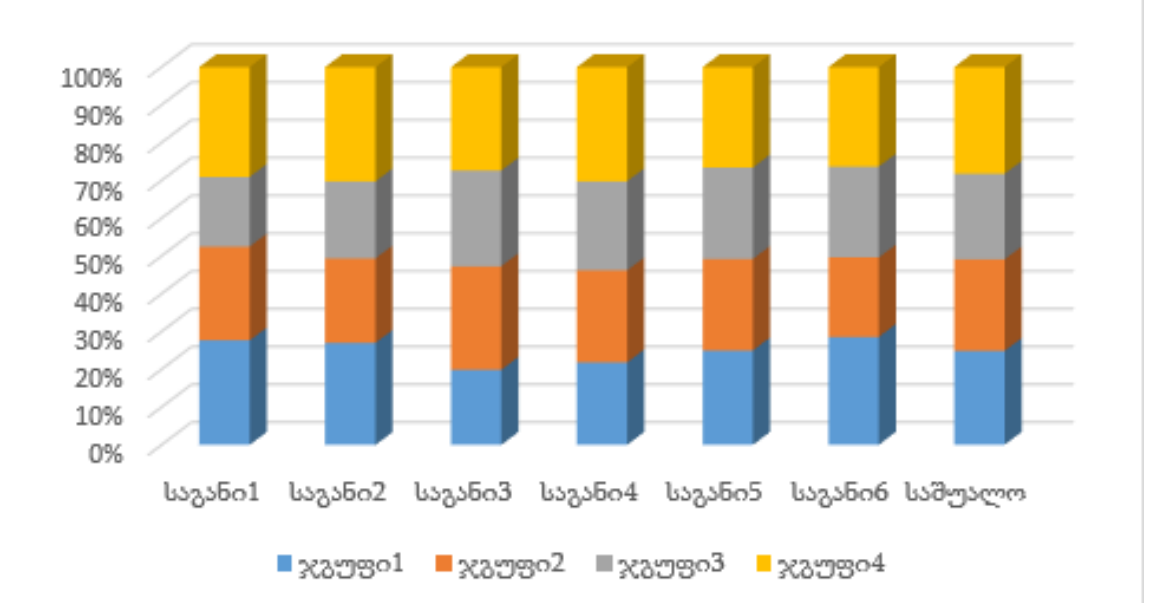
იერარქია-პერიოდები (დრო)



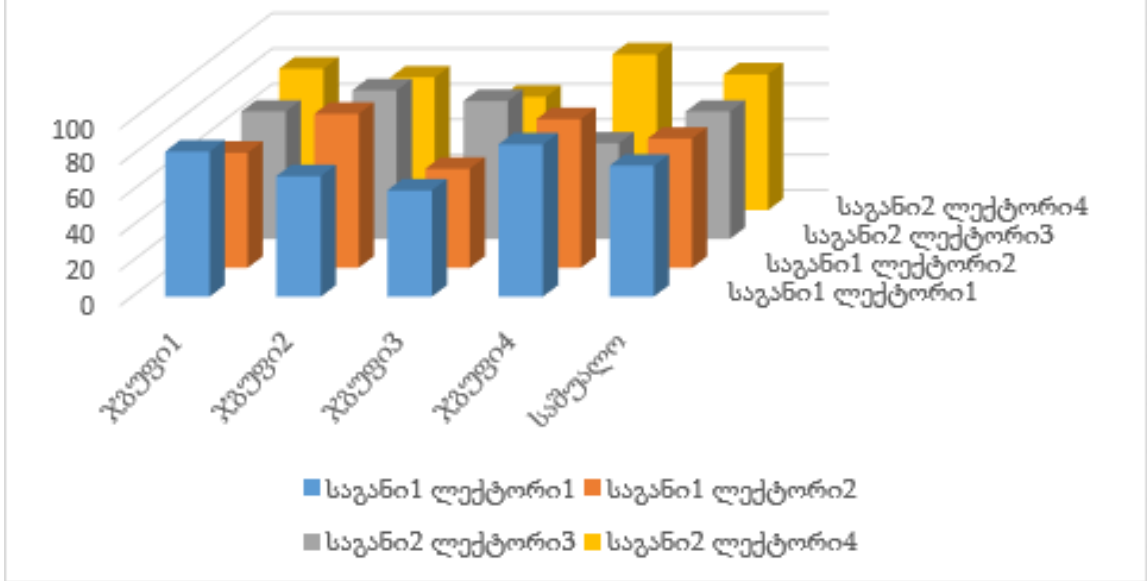
ცხრ. 3.7.1 ჯგუფების შეფასებები საგნების მიხედვით



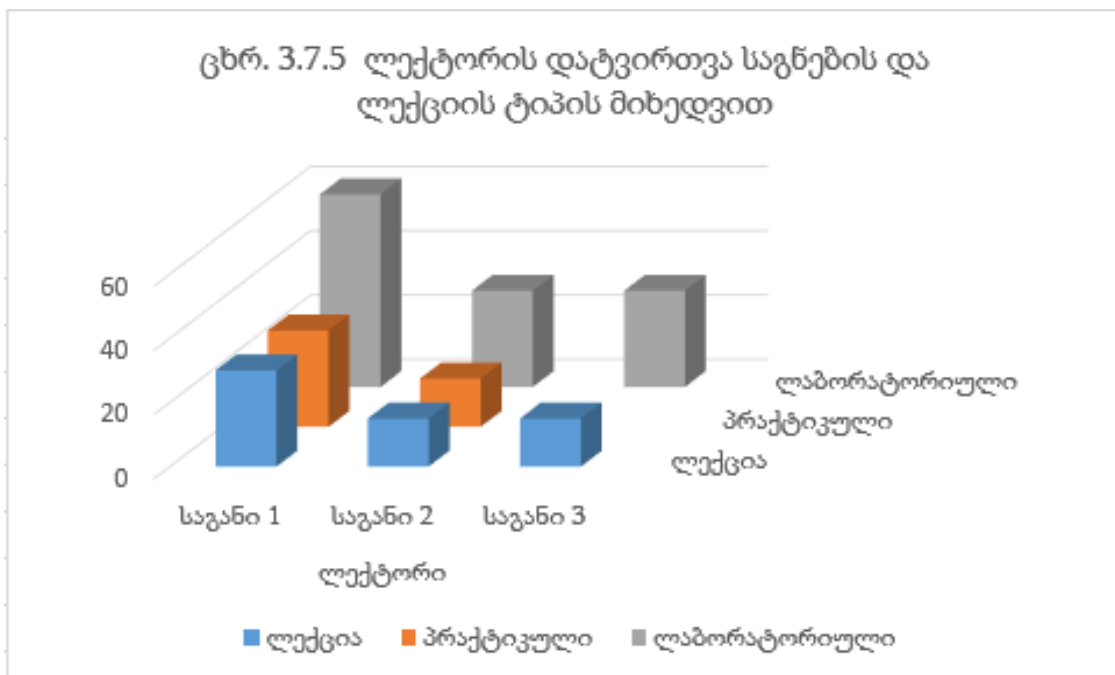
ცხრ. 3.7.2 ჯგუფების საშუალო შეფასებები



ცხრ. 3.7.3 საგანში ლექტორების საშუალო შეფასებები

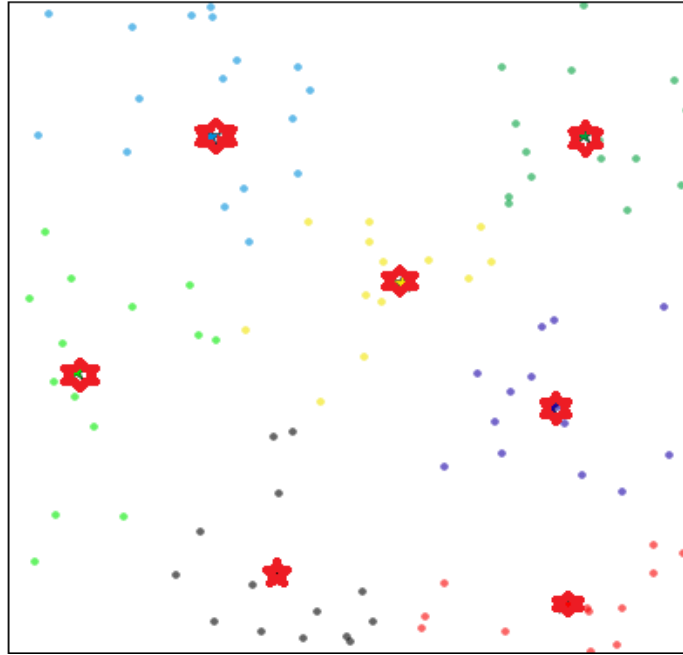


ცხრ. 3.7.5 ლექტორის დატვირთვა საგნების და ლექციის ტიპის მიხედვით



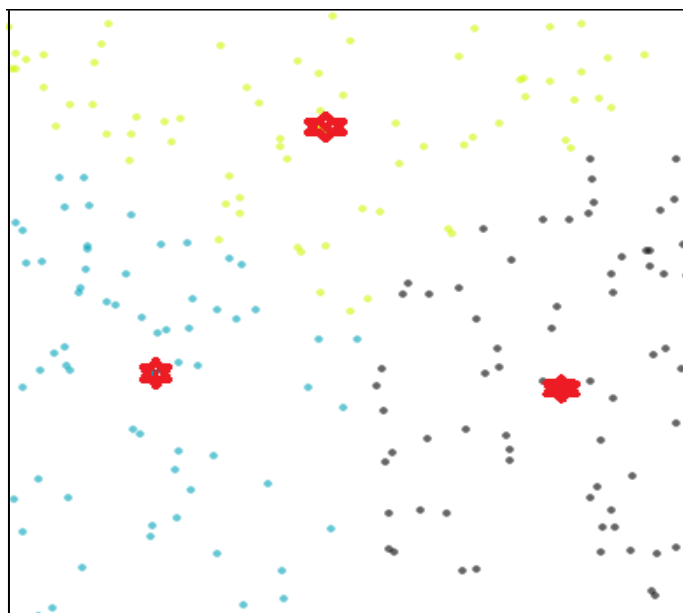
## დანართი №2. კლასტერიზაციის ალგორითმის შედეგები

კლასტერიზაციის ალგორითმის რეალიზებისთვის ავიღეთ 100 წერტილი, კოორდინატა სიბრტყეზე და გამოვყავით 7 კლასტერი. ალგორითმის მუშაობა დასრულდა 7 იტერაციაში:

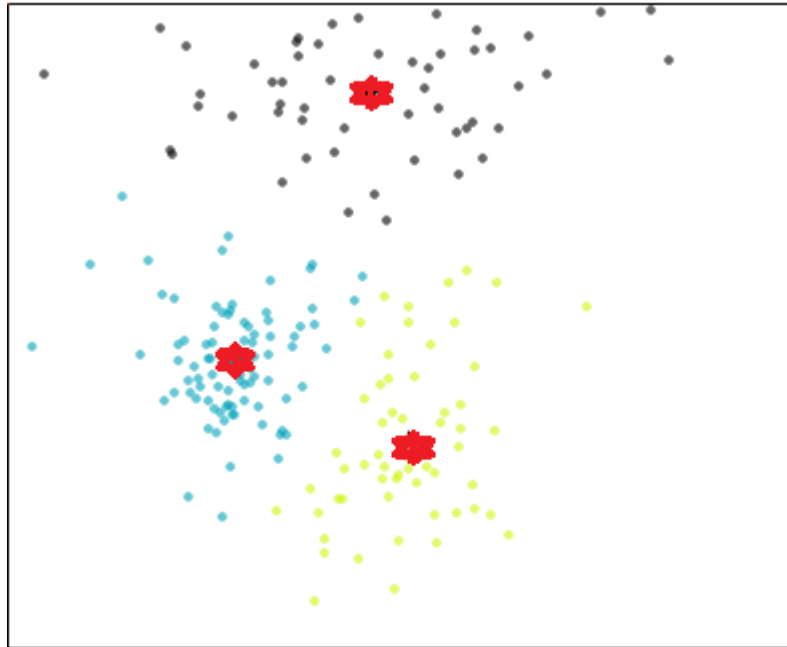


საუკეთესო შედეგი მიღებული იქნა 7 იტერაციაში

შემდეგ ავიღეთ წერტილების ორჯერ მეტი რაოდენობა ანუ 200 წერტილი და შევამცირეთ კლასტერების რაოდენობა, გამოვყავით 3 კლასტერი, ალგორითმის დასრულებას დასჭირდა 21 იტერაცია.



ჰიბრიდული ალგორითმის გამოყენებით იმავე მონაცემებზე, ანუ წერტილების რაოდენობაზე - 200 და 3 კლასტერის გამოყოფაზე საჭირო გახდა 7 იტერაციის შესრულება.



ხოლო 100 წერტილის შემთხვევაში და 7 კლასტერის გამოყოფისთვის, საკმარისია 2 იტერაციის შესრულება, რაც ადასტურებს ალგორითმის ეფექტურობას:

