

ირინა მილნიკოვა

სასწავლო პროცესებში ხარისხის კონტროლის  
სტატისტიკური მოდელების შემუშავება.

წარმოდგენილია სადოქტორო აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
თბილისი, 0175, საქართველო  
ივნისი, 2012

საავტორო უფლება © 2012 მილნიკოვა ირინა

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით მილნიკოვა ირინას მიერ შესრულებულ სადოქტორო ნაშრომს დასახელებით: სასწავლო პროცესებში ხარისხის კონტროლის სტატისტიკური მოდელების შემუშავება.

და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის საგამოცდო კომისიაში მის განხილვას სადოქტორო აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

ივნისი, 2012

ხელმძღვანელი: ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,  
სრული პროფესორი, აკადემიკოსი,  
არჩილ ფრანგიშვილი

---

რეცენზენტი: 1. პედაგოგიურ მეცნიერებათა  
დოქტორი, სრული პროფესორი  
ნათელა დოდონაძე;  
2. აკადემიური დოქტორი,  
ასოცირებული პროფესორი,  
გიორგი ზადათურია

---

ხარისხის უზრუნველყოფის აკადემიური დოქტორი, სრული  
სამსახურის უფროსი: პროფესორი  
ზურაბ ბაიაშვილი

---

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2012

ავტორი: მილნიკოვა ირინა

დასახელება: სასწავლო პროცესებში ხარისხის კონტროლის  
სტატისტიკური მოდელების შემუშავება.

ფაკულტეტი : ”ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების”

ხარისხი: სადოქტორო

სხდომა ჩატარდა: 27.06.2012

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

---

ავტორის ხელმოწერა

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

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

სადისერტაციო ნაშრომს სიყვარულით და პატივისცემით ვუძღვნი ჩემს  
სამშობლოს, საქართველოს, და ჩემს ოჯახს

## რეზიუმე

### ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

ადამიანის შემოქმედების პრაქტიკულად ყველა დარგში ხარისხის უზრუნველყოფის საკითხებს ეთმობა უდიდესი ყურადღება. ამის მიზეზი ცხადია – ზრდადი კონკურენციაა, რის გამოც შეუძლებელია იყო მეტნაკლებად წარმატებული, თუ არ არის უზრუნველყოფილი საბოლოო პროდიქციის მაღალი ხარისხი. მნიშვნელოვან წილად ეს ეხება განათლების სისტემასაც.

ხარისხის უზრუნველყოფა განათლების სისტემაში არის ისეთი სახის აქტიობა, რომელიც მიზნად ისახავს ხარისხის სტაბილურობას და გაუმჯობესებას, რაც მოიცავს შესაბამის კვლევას, ანალიზს, სტანდარტების შეფასებას. ხარისხის უზრუნველყოფის მიზანია განათლების სისტემაში არსებული ხარისხისა და სტანდარტების გაუმჯობესების გარანტირება სტუდენტთა, დამსაქმებელთა და დამფინანსებელთა მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად.

### თემის აქტუალობა.

განათლების პროცესის ხარისხის უზრუნველსაყოფად ხარისხის კონტროლი წარმოადგენს ერთერთ უმნიშვნელოვანეს კომპონენტს. თავის მხრივ ხარისხის კონტროლის განხორციელების ღონისძიებათა სისტემაში სტუდენტთა შეფასებას უჭირავს ერთერთი უმნიშვნელოვანესი ადგილი. შეფასების შედეგებს დიდი გავლენა აქვთ სტუდენტთა სამომავლო კარიერაზე. მნიშვნელოვანია, რომ შეფასება ჩატარდეს ობიექტურად და მაღალ დონეზე. აგრეთვე ძალზე მნიშვნელოვანია აკადემიური პერსონალის ცოდნის და მუშაობის ეფექტურობის შეფასება.

აღნიშნულის წარმატებით დანერგვა და რეალიზაცია შესაძლებელია ჩამოთვლილი მაჩვენებლების რიცხობრივი შეფასებების მეშვეობით, რაც ხარისხის კონტროლს და მთლიანად ხარისხის უზრუნველყოფას შესძენს

აუცილებელ მაღალ ობიექტურობას. ცხადია, რომ ამგვარი ანალიზის საფუძველზე, მიღებული გადაწყვეტილებები გამოირჩევიან კორექტულობით და ეფექტურობით. ნათქვამი განსაზღვრავს წარმოდგენილი ნაშრომის სამეცნიერო და პრაქტიკულ აქტუალობას.

#### **კვლევის ამოცანები და მიზნები.**

ნაშრომში განისაზღვრა კვლევის შემდეგი ამოცანები და მიზნები:

1. სხვადასხვა დისციპლინების შეფასებისათვის ერთიანი სკალის შემუშავება.
2. სხვადასხვა დისციპლინების შეფასებების ერთიან სკალაზე გარდასახვის მეთოდის შემუშავება;
3. სტანდარტების დადგენის და მათი საკონტროლო ზღვრების განსაზღვრის მეთოდის შემუშავება;
4. სტანდარტების და არსებული შედეგების შესაბამისობის განსაზღვრის მეთოდის შემუშავება (რამდენად კმაყოფილდება სტანდარტები).
5. საგანმანათლებლო პროცესის ფარგლებში ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის პროცედურების, ალგორითმებისა და შესაბამისი საპროგრამო უზრუნველყოფის შემუშავება.
6. სწავლების ინდივიდუალური და შედარებითი ეფექტურობის კონტროლის მეთოდის შემუშავება.

**კვლევის მეთოდები.** გამოყენებულია მათემატიკური სტატისტიკის თანამედროვე მეთოდები: განაწილებების პარამეტრების შეფასების და გათანაბრების, შემთხვევითი პროცესების, ფაქტორული ცხრილებისა და დისპერსიული ანალიზის მეთოდები.

**სამეცნიერო სიახლე.** ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს შემდეგში:

1. შეიქმნა განათლების პროცესების სტატისტიკური ხარისხის კონტროლის ზოგადი პრინციპები და მიდგომები;

2. შემუშავებულია მოსწავლეების შეფასებების (ნიშნების) ერთიან სკალაზე დაყვანის ახალი მეთოდი – ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდი;
3. შემუშავებულია მოსწავლეთა ჯგუფის შეფასებების (ნიშნების) სანიმუშო განაწილების განსაზღვრის ზოგადი მეთოდი;
4. განათლების პროცესების სტატისტიკური ხარისხის კონტროლის ამოცანებისათვის მოდიფიცირებულია ფაქტორული ცხრილების სტატისტიკური მეთოდოლოგია;
5. შემუშავებულია მოსწავლეთა შეფასებების რიცხოვრივი სტანდარტების და მათი დასაშვები ინტერვალების შეფასების მეთოდიკა;
6. შემუშავებულია სწავლების ეფექტურობის შეფასების მეთოდიკა, როგორც ცალკეული მასწავლებლების ასევე მათი შედარებითი ეფექტურობის შეფასებისთვის;
7. შემუშავებულია შესაბამისი საპროგრამო უზრუნველყოფა (MaLab-ის საპროგრამო ენაზე).

**ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა.** მდგომარეობს იმაში, რომ ზემოთ ჩამოთვლილი მიღებული სამეცნიერო შედეგები საშუალებას იძლევა განხორციელდეს მიმდინარე სასწავლო პროცესის ხარისხის ზუსტი და ობიექტური შეფასება, რაც უმთავრესია სასწავლო ორგანიზაციების წარმატებული მენეჯმენტის პროცესში.

**ნაშრომის აპრობაცია.** ნაშრომის ძირითადი შედეგები განხილული იყო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო სემინარებზე, ამერიკანისტიკის საერთაშორისო კონფერენციაზე.

**გამოქვეყნებული შრომები.** სამუშაოს თემაზე გამოქვეყნებულია 8 ნაშრომი.

**სამუშაოს სტრუქტურა და მოცულობა.** სამუშაო მოიცავს 146 ნაბეჭდ გვერდს, შეიცავს 4 თავს, ლიტერატურის ჩამონათვალს, დანართებს, 26 ცხრილს და 9 ნახაზს.

# Abstract

## **General Information on the Thesis**

Recently efficient using of quality control (QC) methods in various fields of human activity is beyond questions. The advantages of using of QC in educations are summarized as follows: Clarity of Organizational Purpose and Direction, Higher Student Performance and Lower Dropout Rates, Roadmap to Achieve the National Education Strategy, Enhanced Product and Service, Higher Faculty and Staff Well-Being, Satisfaction, Motivation, and Retention.

Quality Control being a part of general Quality Assurance is one of the most important component of Management of Education Process. Efficiency and Successfulness of any Educational Institution are directly defined by correctness of policy and procedures of Quality Control and timeliness of its undertaken actions. Assessment of students and quality assurance of teaching staff belong to such activities. They constitute the biggest part and play the most important role in Quality Control and, thereby in the entire process of Management of Education Process.

## **Topicality of the Research**

Quality Control being one of the most important parts of Education Management has several dimensions. One of them is organizational issue, efficient implementation of which requires quantitative measurement and assessment of quality. The latter implies necessity of usage of Quantitative evaluation Methods - Statistical Quality Control (SQC), which makes the whole process of quality management more objective, unbiased and measurable. By its nature SQC can provide quantitative estimation of above most important characteristics of educational process: 1. interrelation between education level index and quality; 2. quantitative measurement and assessment of quality. Also SQC provides evaluating of assessment standards, provides comparing procedure of them to current outcomes (tests, exams grades) and decide to what extent the standards are met. The latter is core activity of Education Management process.

## **Objectives of the Research**

The following Objectives were define:



1. elaboration of unique scale for different sets of grades of various disciplines;
2. elaboration of method of mapping of different grades of various disciplines to the unique scale;
3. elaboration of the method of determining of standards and their control limits;
4. elaboration of measuring of to what extent the standards and current results are close (to what extent the standards are met).
5. elaboration of the comprehensive procedures, algorithms and Software for Statistical Quality Control in educational Processes.
6. Elaboration of methods of teaching review, both for individual teachers assessment and for their comparison efficiency evaluation.

### **Methods of research**

The modern methods of mathematical statistics were used: estimations of parameters of distributions, equating, contingency tables and ANOVA.

**Scientific Novelty** of the present research **is** as follows:

8. general principles of educational processes Statistical Quality Control were elaborated;
9. a new equiscore equating method of students grades has been elaborated; the method permits to compare exam results of different subjects and different years to pattern distributions
10. a new method of determination of pattern distributions of scores of exams of students groups has been elaborated;
11. a new method of modified Contingency Tables methodology for educational processes statistical control has been elaborated;
12. a methodology of determination of students grades standards and their acceptance intervals has been elaborated;
13. a new method of quantitative evaluation of teaching processes is elaborated. The method permits to evaluate efficiency of teaching within one group of students and comparative teaching efficiency in two or more groups.
14. a new computer program (written in MatLab programming language) to realize statistical method has been elaborated.

**Practical Value** of the present work lies in the fact that all obtained results permit to implement precise and unbiased control of current studying process which is the importance action of education management.

**Presentations of the research.**

The main results of the work were presented at too scientific seminars in Georgian Technical University and at the International Conference on Americans Studies.

**Publications.** 8 articles on the present work were published.

**Structure of the Thesis.** The Thesis consists of 146 pages, comprises 4 Chapters, References, 2 Appendices, 26 Tables and 9 Figures.

## სარჩევი

შესავალი.

თავი პირველი. საკითხის განსაზღვრა და კვლევის მიზანი.

1.1 ზოგადი განსაზღვრებები.

1.2 ხარისხის უზრუნველყოფა და მისი არსი განათლების სისტემაში.

1.3 ხარისხის კონტროლი.

1.3.1 საგანმანათლებლო ინსტიტუციების ხარისხის უზრუნველყოფის ევროპული სტანდარტები.

1.3.2 სტანდარტების ძირითადი პრინციპები .

1.3.3 გარეგანი ხარისხის უზრუნველყოფის სტანდარტები.

1.3.4 საგანმანათლებლო დაწესებულებათა შიდა ხარისხის უზრუნველყოფის სტანდარტები.

1.3.5 დასკვნები საგანმანათლებლო პროცესის ხარისხის კონტროლთან დაკავშირებით.

1.4 ხარისხის კონტროლის სტატისტიკური საფუძვლები .

1.4.1 ზოგადი ცნებები.

1.4.2 საკონტროლო რუკების სტატისტიკური საფუძველი.

1.4.3 P-რუკები.

1.4.4  $\bar{X}$  და R-რუკები.

1.4.5  $\bar{X}$  და S-რუკები.

1.5 საგანმანათლებლო პროცესის ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის გამოყენების მდგომარეობა.

1.6 დასკვნა და კვლევის მიზნები.

1.6.1 დასკვნები.

1.6.2 კვლევის მიზნები.

თავი მეორე. გათანაბრება (Equating) .

2.1 ტერმინოლოგია.

2.2 მაშტაბირება.

2.3 გათანაბრების თეორიული საფუძვლები.

- 2.3.1 გათანაბრების ტიპები.
- 2.3.2 იგივეური გათანაბრება (Identity equating).
- 2.3.3 წრფივი გათანაბრება (linear equating).
- 2.3.4 გათანაბრება საშუალოს მიმართ (Mean equating).
- 2.3.5 წრეწირ-რკალური გათანაბრება (Circle-arc equating).
- 2.3.6 ექვიპროცენტილური გათანაბრება (Equipercentile equating) .

2.4 ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდი

(Equiscore Equating method).

- 2.4.1 ექვინიშნიანი გათანაბრების არსი.
- 2.4.2 სანიმუშო განაწილების შემუშავება.
- 2.4.3 ექვინიშნიანი ფუნქცია.
  - 2.4.3.1 პროცენტელების და პროცენტული რანგების პირდაპირი შეფასება.
  - 2.4.3.2 შერჩევითი განაწილების პარამეტრების შეფასება (გაგლუვება).
  - 2.4.3.3 ექვინიშნიანი ფუნქციის ანალიტიკური გამოსახულება.
- 2.4.4 რიცხობრივი მაგალითი.

2.5 დასკვნა.

თავი მესამე. სტანდარტების შემუშავება.

- 3.1 ფაქტორული ცხრილების (Contingency Tables)
  - (2×2 ცხრილების) სტატისტიკური ანალიზის საფუძვლები.
    - 3.1.1 დაკვირვების და ლოდინის სიხშირეები
    - 3.1.2 დამოუკიდებლობის შემოწმება.
- 3.2 ფაქტორული ცხრილების მოდელის მოდიფიკაცია
  - გამოცდების შედეგების სტანდარტების შემუშავებისათვის.
- 3.3 ხარისხის სტანდარტები და დასაშვები ინტერვალები.
  - 3.3.1 პროცენტული რანგების წლიური მნიშვნელობების სტაციონალური ხასიათი.

3.3.2 სტანდარტები და სარწმუნოების (მისაღები)  
ინტერვალები.

3.4 რიცხოზრივი მაგალითი.

3.5 მთლიანი სასწავლო დაწესებულების დონეზე სასწავლო პროცესების ხარისხის კონტროლის მეთოდის ალგორითმი და პროგრამული უზრუნველყოფა.

3.5.1 სასწავლო პროცესების ხარისხის კონტროლის  
მეთოდის ალგორითმი.

3.5.2 სასწავლო პროცესების ხარისხის კონტროლის მეთოდის  
პროგრამული უზრუნველყოფა.

თავი მეოთხე. ხარისხის სტატისტიკური კონტროლი  
დაბალ იერარქიულ დონეზე: ერთი ჯგუფიში  
სწავლების შეფასების მეთოდისა.

4.1 ერთი ჯგუფის სასწავლო პროცესის შეფასების მეთოდის  
შემუშავება.

4.2 ერთი ჯგუფის სასწავლო პროცესის შეფასების ინდექსები.

4.3 განსხვავებულ ჯგუფებში სასწავლო პროცესების  
შედარებითი ინდექსები.

4.4 რიცხოზრივი მაგალითი ;

ა. ერთი ჯგუფის შეფასება ;

ბ. ორი ჯგუფის შედარება;

4.5 დასკვნა.

კვლევის შედეგები.

გამოყენებული ლიტერატურა.

დამატება 1. სასწავლო პროცესების ხარისხის

კონტროლის პროგრამული უზრუნველყოფის ტექსტი ;

დამატება 2. 5 წლის და 6 დისციპლინის

გამოცდების სტატისტიკური ანალიზის შედეგები.

## ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. ნიშნები	44
ცხრილი 2. ნიშნების მომზადება შერჩევითი განაწილების პარამეტრების შეფასებისათვის	70
ცხრილი 3. ტრანსფორმირებული მონაცემების რეგრესიული ანალიზის შედეგები	72
ცხრილი 4. რეგრესიული განტოლების დისპერსიული ანალიზი	72
ცხრილი 5. ნიშნების შერჩევითი განაწილება	76
ცხრილი 6. შერჩევის კუმულატიური სიხშირეების შეფასება	76
ცხრილი 7. ტრანსფორმირებული კუმულატიური სიხშირეების რეგრესიული ანალიზი	78
ცხრილი 8. რეგრესიული განტოლების დისპერსიული ანალიზი	78
ცხრილი 9 ფაქტორული მატრიცა	82
ცხრილი 10 $2 \times 3$ ფაქტორული მატრიცა	85
ცხრილი 11. ლოდინის სიდიდეები	85
ცხრილი 12. $X^2$ კრიტერიუმის მნიშვნელობები	86
ცხრილი 13 $Y^2$ კრიტერიუმის მნიშვნელობები	86
ცხრილი 14. ექვინიშნიანი ფუნქციით გათანაბრებული საშუალო ნიშნების ფაქტორული ცხრილის ზოგადი ფორმატი	88
ცხრილი 15. მონაცემები $X^2$ კრიტერიუმისათვის	90
ცხრილი 16. $X^2$ – მნიშვნელობების განაწილება	91
ცხრილი 17 საშუალო ნიშნის შერჩევითი პროცენტული რანგები.	97
ცხრილი 18 საშუალოების მოსალოდნელი პროცენტული რანგები	97
ცხრილი 19 $\chi^2$ -კრიტერიუმის მნიშვნელობები	98
ცხრილი 20. საშუალოების მოსალოდნელი პროცენტული რანგების ქვედა საკონტროლო საზღვრები	98
ცხრილი 21. საშუალოების მოსალოდნელი პროცენტული რანგების ზედა საკონტროლო საზღვრები	98
ცხრილი 22. სტუდენტების ერთსემესტრიანი მოსწრება	113

ცხრილი 23. სტაბილურობის ინდექსი	114
ცხრილი 24. პირველი ჯგუფის ნიშნები	115
ცხრილი 25. მეორე ჯგუფის ნიშნები	116
ცხრილი 26. შედარების ინდექსები	116

## ნახაზების ნუსხა

ნახ.1 საკონტროლო რუკა	38
ნახ.2 p-რუკა გამსვლელი 6 (E) ქულისა ზუსტად განსაზღვრული ლიმიტის კონტროლით.	45
ნახ.3 p-სქემა გამსვლელი 6 (E) ქულისა (დაუზუსტებელი კოეფიციენტით)	46
ნახ.4 ექვიპროცენტილური გათანაბრების გრაფიკული ილუსტრაცია.	63
ნახ.5 ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდის გრაფიკული ილუსტრაცია	64
ნახ.6 შეფარდებითი კუმულატიური სიხშირეების შერჩევითი განაწილება	71
ნახ.7 ტრანსფორმირებული კუმულატიური მნიშვნელობები	72
ნახ.8 შერჩევის სიმკვრივის (PDF) და კუმულატიური (PCF) განაწილებები: სვეტები – PDF; მრუდი-PCF	77
ნახ.9 ტრანსფორმირებული კუმულატიური სიხშირეები	78



## მადლიერება

უპირველეს ყოვლისა მადლობას ვუხდი ჩემს სამეცნიერო ხელმძღვანელს, პროფესორ, აკადემიკოს ბატონ არჩილ ფრანგიშვილს, რომლის უაღრესად კვალიფიციური ხელმძღვანელობის და ღრმა მეცნიერული მითითებების გარეშე ეს ნაშრომი ვერ დასრულდებოდა. ის გვერდში მედგა როგორც პროფესიული, ასევე მორალური თვალსაზრისით.

მადლობას ვუხდი ჩემს "Alma Mater"-ს, საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტს, მის დეკანს პროფ. ზ. წვერაიძეს და საბჭოს სწავლულ მდივანს, პროფ. თ. კაიშაურს.

## შესავალი

ხარისხის კონტროლი წარმოადგენს ერთერთ უმნიშვნელოვანეს კომპონენტს განათლების პროცესის ხარისხის უზრუნველსაყოფად.

სასწავლო დაწესებულებებს უნდა გააჩნდეთ ხარისხის უზრუნველყოფის გარკვეული პოლიტიკა და პროცედურები თავიანთი პროგრამების სტანდარტების დადგენისთვის. მათ აგრეთვე უნდა ჩამოაყალიბონ და განავითარონ შიდა ორგანიზაციული კულტურა, რაც ხელს შეუწყობს მათ ხარისხის გაზრდაში, მის უზრუნველყოფაში და ზოგადად აკადემიური საქმიანობის ორგანიზებაში. აღნიშნულის მისაღწევად სასწავლო დაწესებულებებმა უნდა განავითარონ და დანერგონ სტრატეგიები ხარისხის მუდმივი გაუმჯობესების მხრივ. სტრატეგიები, პოლიტიკა და პროცედურები უნდა იყოს ფორმალური ხასიათის და უნდა იყოს საჯაროდ ხელმისაწვდომი. ძალზე მნიშვნელოვანია ხარისხის სტანდარტების დაცვა, რაც მკაფიოდ არის ჩამოყალიბებული საერთო ევროპულ განათლების სისტემაში. ხარისხის უზრუნველყოფის ევროპული სტანდარტებს მიეკუთვნება შემდეგი.

**სტუდენტთა შეფასება:** სტუდენტები უნდა შეფასდნენ ოფიციალურად გამოქვეყნებული კრიტერიუმების მიხედვით, აღნიშნული რეგულაციები და პროცედურები დანერგილ და გამოყენებულ უნდა იქნას თანმიმდევრულად.

**აკადემიური პერსონალის ხარისხის დამოწმება-შეფასება:** სასწავლო დაწესებულებებს უნდა გააჩნდეთ სტრატეგიები აკადემიური პერსონალის მაქსიმალური ჩართულობის უზრუნველყოფის მეშვეობით სტუდენტთა მაღალკვალიფიციური ცოდნით მომარაგებისა და მათი კომპეტენტურობის ამაღლების მხრივ.

**სწავლის რესურსები და სტუდენტთა მხარდაჭერა:** სასწავლო დაწესებულებებმა უნდა უზრუნველყონ არსებულ რესურსთა ისეთი გადანაწილება, რაც ხელს შეუწყობს სტუდენტების მხრივ

მაქსიმალურად ადეკვატური და შესაფერისი დონის ცოდნის მიღებას თითოეული შეთავაზებული პროგრამის ფარგლებში.

**საინფორმაციო სისტემები:** სასწავლო დაწესებულებებმა უნდა უზრუნველყონ შესაბამისი ინფორმაციის მოპოვება, ანალიზი და გამოყენება საკუთარი პროგრამების და სხვა საქმიანობების ეფექტური მართვის მიზნით.

**საჯარო ინფორმაცია:** დაწესებულებებმა რეგულარულად უნდა გამოაქვეყნონ განახლებული, მიუკერძოებელი და ობიექტური ინფორმაცია როგორც ხარისხობრივი, ასევე რაოდენობრივი ხასიათისა რომელიც უნდა ასახავდეს მათ პროგრამებსა და შეთავაზებებს.

სტანდარტების დაცვა მოითხოვს საგანმანათლებლო დაწესებულების საქმიანობის ხარისხის უწყვეტ მართვას და კონტროლს.

განათლების ხარისხის მართვა განსაზღვრავს იმას, არის თუ არა მართვის პროცესი ეფექტური (მიღწევადია თუ არა მიზნები). სხვა სიტყვებით, ხარისხის მართვა იმას ამოწმებს, შეესაბამებიან თუ არა ორგანიზაციის შიდა სისტემები და სტრუქტურები ინსტრუქციის მიზნებს. განათლების სფეროს ხარისხის მართვის ზოგად მიზნებს შეადგენს:

- რა ძირითადი შედეგები მიიღო საგანმანათლებლო დაწესებულებამ?
- რამდენად მაღალ დონეზე ხდება სასწავლო პროცესის განხორციელება?
- რამდენად კარგია განათლების პროცესის მართვა?
- რამდენად მაღალკვალიფიციურია პროცესში ჩართული მენეჯმენტი?
- როგორია გაუმჯობესების შესაძლებლობა?

თითოეულ ამ მნიშვნელოვან კითხვას შეიძლება პასუხი გაეცეს 3 ძირითადი მოქმედების მეშვეობით: 1. ხარისხის განსაზღვრებით; 2. შეფასების სტანდარტების დეფინიციით; 3. ამ უკანასკნელის შედარებით

რეალურ შედეგებთან და იმის გადაწყვეტით, თუ რამდენად შეესაბამება სტანდარტებს ფაქტობრივი ვითარება. შესაბამისად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ხარისხის მართვა არის ისეთი სისტემა, რომელიც ამოწმებს იმას, არის თუ არა ნაწარმოები პროდუქტი ან შეთავაზებული მომსახურება მათდამი წაყენებული მოთხოვნების შესაბამისი. აღნიშნული მიდგომა ითვალისწინებს სამ წინასწარ გარემოებას: ხარისხი განსაზღვრებადია, განათლების დონის ინდექსი და ხარისხი ურთიერთდაკავშირებულია და მისი რაოდენობრივი შეფასება და გამოთვლა შესაძლებელია. ეს უკანასკნელი კი მეტად მნიშვნელოვანია მოცემული ნაშრომისთვის.

ხარისხის შეფასება უნდა აკმაყოფილებდეს იმ ინდივიდების მოთხოვნებს, რომლებიც სარგებლობენ განათლების სისტემით ზოგადად და რომ შეფასების ერთერთი მიზანი უნდა იყოს საგანმანათლებლო დაწესებულების საქმიანობის გაუმჯობესება. განათლების სისტემაში ხარისხის მართვის გამოყენების უპირატესობები შეიძლება შემდეგნაირად იქნას შეჯამებული:

- ორგანიზაციის ამოცანებისა და პრიორიტეტების სიცხადე;
- სტუდენტთა მაღალი აკადემიური მოსწრება და გარიცხვების დაბალი დონე;
- ეროვნული განათლების სტრატეგიის მოთხოვნებისადმი შესაბამისობის პერსპექტივა;
- სწავლისთან დაკავშირებული ხარჯების ინდექსის უკეთესი მნიშვნელობა;
- უკეთესი საბოლოო პროდუქცია და მომსახურება;
- კლიენტთა კმაყოფილების მაღალი ინდექსი;
- პერსონალის კეთილდღეობის, კმაყოფილების, მოტივაციისა და შენარჩუნების მაღალი ხარისხი;

საგანმანათლებლო ორგანიზაციების ხარისხის მართვის უზრუნველყოფა შესაძლებელია მხოლოდ შესაბამისი ხარისხის

კონტროლის საფუძველზე. ამ უკანაკნელის ერთერთ უმნიშვნელოვანეს მეთოდს წარმოადგენს ხარისხის სტატისტიკური კონტროლი. კონტროლის ობიექტი, სტუდენტთა ჯგუფი, წარმოადგენს ინდივიდების ერთიანობას. შესაბამისად, ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის არსებული მეთოდები, რომლებიც განკუთნილია სამრეწველო პროდუქციის ხარისხის შესამოწმებლად, არ შეიძლება წარმატებით იქნას გამოყენებული ინდივიდთა სწავლითი შესაძლებლობების შეფასებისთვის. უფრო ჰუმანური, უფრო ინდივიდზე ორიენტირებული მიდგომა უნდა იქნას შემუშავებული. მეტიც, საგანმანათლებლო პროცესთან მიმართებაში არ არის ზუსტად განსაზღვრული, თუ როგორი უნდა იყოს სტანდარტები ზოგადად და როგორ უნდა იქნას შედარებული მიმდინარე პროცესი წინასწარ დადგენილ სტანდარტებთან. აქ ჩდება მკვეთრი განსხვავება სასწავლო და წარმოების პროცესებს შორის, როდესაც სტანდარტები და დაშვებული გადახრები (2 ან 3 სიგმები) განისაზღვრება ტექნოლოგიური და ეკონომიკური მოთხოვნების მეშვეობით. წარმოდგენილი ნაშრომი განკუთნილია აღნიშნული პრობლემების გადაწყვეტისათვის და სასწავლო დაწესებულებების ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის ახალი პროცედურების და ალგორითმების შექმნისათვის.

## **თავი პირველი. საკითხის განსაზღვრა და კვლევის მიზანი.**

უპირველეს ყოვლისა, აუცილებელია განისაზღვროს ის უმთავრესი ცნებები, რომლებიც გამოიყენება ზოგადად საგანმანათლებლო პროცესის ხარისხის კვლევის ფარგლებში [1÷10].

### **1.1. ზოგადი განსაზღვრებები**

**ხარისხი** აღნიშნავს ისეთი სახის “მიზნობრივ შესაბამისობას“, რომელიც პასუხობს სასწავლო დაწესებულებების, მათი ხარისხის უზრუნველყოფის დეპარტამენტებისა და აკადემიური თუ პროფესიული

საბჭოების მიერ ზოგადად განსაზღვრულ სტანდარტებს. განათლების მრავალფეროვან სივრცეში მიზნობრივი შესაბამისობა მნიშვნელოვნად განსხვავდება კონკრეტული სფეროებისა და პროგრამების მიხედვით. საგანმანათლებლო დაწესებულებებში ხარისხის დონეზე გავლენა აქვთ ისეთ განსხვავებულ ფაქტორებს როგორცაა მათი ხედვა და მიზნები, აკადემიური პერსონალის ნიჭი და კვალიფიკაციის დონე, მიღებისა და შეფასების სტანდარტები, სწავლებისა და სწავლის გარემო, ბიბლიოთეკებისა და ლაბორატორიების ხარისხი, მენეჯმენტის ეფექტურობა, მმართველობა და ლიდერობა [1,2,11].

**ხარისხის მართვა** არის ამა თუ იმ ინსტიტუციისა თუ პროგრამის გეგმიური და სისტემატური შემოწმება-გადახედვის პროცესი, რომლის მეშვეობითაც განისაზღვრება და ნარჩუნდება სასურველ დონეზე მთლიანი სასწავლო პროცესის განმსაზღვრელი სტანდარტები. საგანმანათლებლო დაწესებულების აკადემიური დონე განისაზღვრება აკადემიური პერსონალის კვალიფიკაციით - ისინი წარმოადგენენ ამა თუ იმ სასწავლო დაწესებულების ბირთვს, რომლებიც უზრუნველყოფენ კურსდამთავრებულთა მაღალი ხარისხის განათლების დონეს.

**აკრედიტაცია** წარმოადგენს თვით-სწავლისა და ზოგადი ხარისხის შემოწმება-გადახედვის პროცესს, რომელიც გამოიყენება და რომლის მიზანია ამა თუ იმ სასწავლო დაწესებულების და/ან მათი პროგრამების დაწვრილებით და კრიტიკულად განხილვა იმისთვის, რომ დადგენილ იქნას ხარისხის სტანდარტები და მოხდეს სწავლების ხარისხის გაუმჯობესება.

არსებობს ხარისხის კონტროლის რამოდენიმე ძირითადი მეთოდი.

**აუდიტი** წარმოადგენს დაწესებულებისა თუ პროგრამის შემოწმების პროცესს რომლის შედეგადაც დგინდება ის, თუ რამდენად პასუხობს მათი სასწავლო გეგმა, აკადემიური პერსონალი და ინფრასტრუქტურა განსაზღვრულ მიზნებს. ეს არის დაწესებულებისა თუ მისი პროგრამის შეფასება მისივე მისიის, მიზნებისა და დადგენილი სტანდარტების

მხრივ. შემფასებლები ძირითადად ყურადღებას აქცევენ დაწესებულების წარმატების დონეს, მის მიერვე დადგენილი მიზნების მიღწევას. აუდიტის პროცესი ფოკუსირებას ახდენს დაწესებულებათა და პროგრამათა კვალიფიციურობის ხარიხზე, რომელიც როგორც წესი მოიცავს თვით-სწავლასა და განვითარებას, კოლეგათა შეფასებებსა და ვებ-გვერდების პოპულარობის სტატისტიკურ მონაცემებს. აღნიშნული სახის შეფასება შეიძლება იყოს თვით-რეგულირებადი სახის, ან ჩატარებულ იქნას სხვა ორგანიზაციის მიერ [4,11,13].

**აკადემიური შემოწმება** წარმოადგენს თვით-შეფასებას და სწავლების, სწავლის, კვლევის, მომსახურებისა და შედეგების შეფასებას, რომელიც ემყარება სასწავლო გეგმის, სტრუქტურისა და პროგრამის ეფექტურობის დეტალურ განხილვას. აკადემიური შემოწმება/მიმოხილვა გამიზნულია იმისთვის, რომ წარუდგინოს ამა თუ იმ სასწავლო დაწესებულებას მისივე აკადემიური პროგრამების შეფასებები, რაც ემყარება თვით-შეფასებას განყოფილებათა მიხედვით, ისევე როგორც კოლეგათა დახასიათებებს სხვა დაწესებულებებიდან.

**ლიცენზირება** არის პროცესი რომელიც ითვალისწინებს ახალი დაწესებულებისა თუ პროგრამის სუბსიდირებას მათ მიერ აკადემიური საქმიანობის დაწყების მიზნით. ლიცენზირება ეტაპობრივი პროცესია, რომლის ფარგლებშიც დაწესებულება გადის გარკვეულ საფეხურებს, სანამ იგი მიიღებს სრულ ლიცენზიას [14,15].

### **ხარისხის ძირითადი ცნებები**

ხარისხი წარმოადგენს ისეთ ცნებას, რომელსაც არ გააჩნია ზოგადი დეფინიცია, რომლის მორგებაც შესაძლებელი იქნებოდა ყველა სფეროსა თუ საგნის მიმართ. ძირითადი პრინციპი ისაა, რომ რაც უფრო კომპლექსური, მრავალმხრივი და ზოგადია ხარისხის შეფასების საგანი, მით უფრო რთულია დამაკმაყოფილებელი განსაზღვრების ჩამოყალიბება. ამიტომაც მიჩნეულია, რომ რადგანაც უმაღლესი განათლება ითვლება სწორედ ასეთ კომპლექსურ და მრავალმხრივ

სფეროდ, შესაბამისად მისი ხარისხის მხოლოდ ერთი ფორმით განსაზღვრაც შეუძლებელია.

სხვადასხვა მკვლევარებზე დაყრდნობით ჩვენ შეგვიძლია დავყოთ ხარისხის განსაზღვრებები შემდეგ კატეგორიებად: ხარისხი როგორც განსაკუთრებული და უნიკალური სრულყოფა, მიზნებთან შესაბამისობა, ფასსა და ხარისხთან შესაბამისი როგორც ცვლადი და განახლებადი ფენომენი.

**ხარისხი როგორც განსაკუთრებულობა, სრულყოფილება.** მოცემული დეფინიცია ეხება ძირითადად ელიტარულ სასწავლო დაწესებულებებს [11,16].

**ხარისხი, როგორც ნულოვანი ცდომილება.** აღნიშნული მიდგომა განსაზღვრავს ხარისხს როგორც თანმიმდევრულ, უნაკლო შედეგებს, ან სრულყოფას. ეს დეფინიცია გარკვეულწილად ახდენს ხარისხის ცნების “დემოკრატიზაციას“ რადგანაც, თუკი აღნიშნული თანმიმდევრობა მიღწევადია, მაშინ ნებისმიერს შეუძლია მიაღწიოს მაღალი ხარისხის სტანდარტებს.

ზემოთ მოყვანილი განსაზღვრება თავისუფლად შეიძლება მოერგოს ინდუსტრიულ სექტორს, რადგანაც მასში არსებობს დეტალური სტანდარტული მოთხოვნები ნედლეულისა თუ მზა პროდუქციის მხრივ, თუმცა, როდესაც საქმე ეხება სასწავლო ორგანიზაციის კურსდამთავრებულებს, ასეთ შემთხვევაში შეუძლებელი იქნება იმის დადგენა, თუ რას ნიშნავს იდეალური და უნაკლო კურსდამთავრებული და ის, თუ როგორი უნდა იყოს იგი, მით უმეტეს, რომ უნივერსიტეტის მიზანი არ არის და არ უნდა იყოს ერთმანეთის იდენტური კურსდამთავრებულების აღზრდა. მიუხედავად იმისა, რომ მოცემული მიდგომა შეიძლება ჩაითვალოს ზედმეტად მექანიკურად განათლების სფეროსათვის, იგი მაინც ხელს უწყობს სასწავლო სივრცის განვითარებას, მისი ხარისხის გაზრდის მიზნით [12,17,18].



**ხარისხი, როგორც მიზანთან შესაბამისობა.** აღნიშნული განსაზღვრება ყველაზე ხშირად გამოიყენება განათლების სფეროსთან მიმართებაში.

აღნიშნული ცნების მიხედვით ჩვენ უნდა გადავწყვიტოთ, თუ რა დონეზე შეესაბამება ესა თუ ის მომსახურება ან/და პროდუქტი დასახულ მიზანთა ერთობლიობას. ასეთი სახის დეფინიციები ეხმარება სხვადასხვა დაწესებულებებს განსაზღვრონ თავიანთი ამოცანები დასახული მიზნების ფარგლებში, სადაც ყურადღება ექცევა ინსტიტუციათა შორის არსებულ განსხვავებებს, ნაცვლად იმისა, რომ ხელოვნურად მოხდეს მათი მიმსგავსება [19,20].

**შემდეგი დეფინიცია** არსებითად ზემოთ მოცემულის იდენტურია - “ხარისხი განისაზღვრება იმის მიხედვით, თუ რამდენად იქნა მიღწეული დადგენილი მიზნები ამა თუ იმ ორგანიზაციის მიერ“. ორივე დეფინიციის მიხედვით უმაღლესი განათლების უმთავრესი მიზნები და შესაბამისი ცნებები თავიდანვე უნდა იქნას განსაზღვრული. როდესაც უპირველეს ყოვლისა უმაღლესი განათლების კონტექსტში უმთავრეს ასპექტებად მოიაზრება მოსწავლეთა მორალური და ინტელექტუალური განვითარება, მათი თვით-რეალიზაციის შესაძლებლობები და ა.შ. შემდგომ ეტაპზე უნდა მოხდეს მუდმივი ფოკუსირება ძირითადად სწავლების პროცესის ხარისხის შეფასებაზე.

**ხარისხი როგორც ტრანსფორმაცია, გარდაქმნა.** აღნიშნული მიდგომის მიხედვით განათლების ხარისხის მთავარი მომხმარებელი არის სტუდენტი რომლის აღქმა, დამოკიდებულებები და მიზნები იცვლება და სწავლის პროცესის პარალელურად წარმოიქმნება ახლები. იმის შესაბამისად, თუ რა დონით გამოიყენა კურსდამთავრებულმა სასწავლებელში შეძენილი ცოდნა, გამოცდილება და უნარ-ჩვევები საკუთარი კარიერის მოწყობისთვის, სწორედ ამ კრიტერიუმით ისაზღვრება ისიც, თუ რაოდენ სრულყოფილად შეასრულა უნივერსიტეტმა დასახული მიზნები და ამოცანები. ტრანსფორმაციის პროცესი ფიგურალურად აღწერა [11]. უნდა ითქვას, რომ ხარისხის

ასეთი სახის შეფასებაში ჩართულია მრავალი სუბიექტური ელემენტებიც. თუკი შეუძლებელია მისი გაზომვა/შეფასება (ხარისხის), ასეთ შემთხვევაში შეუძლებელი იქნება მისი გაუმჯობესებაც. [19,20] მიხედვით რთული და პრობლემატურია ინტელექტუალური კაპიტალის გაზომვა და შეფასება რომელიც წარმოადგენს განათლების მთავარ შედეგსა და საბოლოოდ პროდუქტს. სტუდენტები წარმოადგენენ ყურადღების ობიექტს - რაც უფრო კარგია სასწავლებელი, მით უფრო წარმატებით ასრულებს ის საკუთარ ამოცანას, რაც გამოიხატება სტუდენტთა აღჭურვილობით სპეციალური უნარ-ჩვევებით და ცოდნით, რაც მათ ეხმარება წარმატებით გაიკვილონ თავიანთი გზა ცოდნაზე ორიენტირებულ საზოგადოებაში [18] .

**ხარისხი, როგორც ზღურბლი.** განისაზღვრება სპეციფიკური სტანდარტებით და ნორმებით; ზღურბლი არის იმ მოთხოვნათა ერთობლიობა, რომელიც საგანმანათლებლო დაწესებულებამ უნდა დაუკავშიროს ხარისხის სტანდარტების ინსტრუქციებს, შესაბამისობის დამტკიცების მიზნით. სტანდარტები გვეხმარებიან ხარისხის განსაზღვრების რაციონალიზაციაში, მის უფრო ობიექტურ ასახვაში [20].

**ხარისხი, როგორც გაუმჯობესება.** აღნიშნული მოსაზრება ფოკუსირდება უწყვეტ განვითარებაზე და ხარისხის ზრდაზე, რაც წარმოადგენს აკადემიური პერსონალის უპირველეს ამოცანას. მოცემული ცნება ხაზს უსვამს უნივერსიტეტის აკადემიურ დამოუკიდებლობას.

**ხარისხი, როგორც ფულადი ღირებულების მატარებელი.** არსებობს პოპულისტური მიდგომა, რომელიც ერთმანეთთან ათანაბრებს ხარისხსა და ღირებულებას, განსაკუთრებით კი, ფულის ღირებულებას [11÷13].

## 1.2. ხარისხის უზრუნველყოფა და მისი არსი განათლების სისტემაში

Wahlen-ის მიხედვით [19] ხარისხის უზრუნველყოფა განათლების სისტემაში არის ისეთი სახის აქტიობა, რაც მიზნად ისახავს ხარისხის შენარჩუნებასა და ამაღლებას ზოგადად, რაც მოიცავს

კვლევას, ანალიზს, დასაშვებობის დონის შეფასებას, მოთხოვნებს, სხვადასხვა თანამდებობებზე დანიშნვის პროცედურებს და ასევე სხვადასხვა მექანიზმებსა და სისტემებს. ხარისხის უზრუნველყოფის მიზანია განათლების სისტემაში არსებული ხარისხისა და სტანდარტების გაუმჯობესების გარანტირება, სტუდენტთა, დამსაქმებელთა და დამფინანსებელთა მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად [14].

ხარისხის უზრუნველყოფა შეიძლება დაიყოს შინაგან და გარეგან ხარისხის უზრუნველყოფად განათლების მიღების მსურველთა (კლიენტი-სტუდენტი) და მათ შესაძლებლობათა შესაბამისად.

**გარეგანი ხარისხის უზრუნველყოფა [20÷25].** გარეგანი ხარისხის უზრუნველყოფა არის ფართო ცნება, რომელიც შეიცავს ხარისხის შეფასების რამოდენიმე მეთოდს, რომლებიც გამოიყენება სხვადასხვა ორგანოების ან ინდივიდების მიერ ამა თუ იმ საგანმანათლებლო დაწესებულების გარეთ. მიზანი არის ანგარიშვალდებულებისა და პასუხისმგებლობის მიღწევა. სახელმწიფო ინსტიტუციები, როგორც წესი, გადაწყვეტილებებს იღებენ საგანმანათლებლო დაწესებულებათა ხარისხის უზრუნველყოფის გარეგანი სისტემების მიხედვით [4]. გარეგანი ხარისხის უზრუნველყოფა აუცილებელია იმისათვის, რომ საზოგადოებას დაუმტკიცონ ის, რომ საგანმანათლებლო დაწესებულების მიერ დასახული მიზნები მიღწეულ იქნება.

საგანმანათლებლო ინსტიტუციებს გააჩნიათ პასუხისმგებლობა იმისა, რომ დაარწმუნონ საკუთარი ხელშემწყობები, სახელმწიფო და საზოგადოება ზოგადად იმაში, რომ ისინი მოქმედებენ თავიანთი მისიისა და მიზნების შესაბამისად, მოიხმარენ რესურსებს კეთილსინდისიერად და გააჩნიათ პასუხისმგებლობის მაღალი დონე და შესაბამისად, ისინი აკმაყოფილებენ ყველა სახის სამართლებრივ მოთხოვნებს [23].

**შინაგანი ან ინსტიტუციონალური ხარისხის უზრუნველყოფა [24,25].**  
შინაგანი ხარისხის უზრუნველყოფა მიზნად ისახავს ინსტიტუციონალურ განვითარებასა და შინაგანი პასუხისმგებლობის დონის შეფასებას. ინსტიტუციონალური ხარისხის უზრუნველყოფა საკუთარ თავში მოიცავს ნებისმიერ ინსტიტუციონალურ აქტიობას. შინაგანი ხარისხის უზრუნველყოფა ძირითადად კონცენტრაციას ახდენს აკადემიური სახის საკითხებზე და დაწესებულების მისიაზე.

ხარისხის უზრუნველყოფის სისტემები კლასიფიცირდება მიზნების მიხედვით და ამ კონტექსტში შეგვიძლია ვისაუბროთ სპეციფიკურ ტერმინებზე, ეგრეთწოდებულ “As of quality” და “Es of quality” [15,26,27].

მოცემულ სპეციფიკურ ტერმინთაგან პირველი (“As of quality”) მოიცავს და აღნიშნავს გარანტირებას, პასუხისმგებლობა-ანგარიშვალდებულებას, აუდიტსა და შეფასებას. იგი მჭიდროდაა დაკავშირებული კონტროლთან. ხარისხის უზრუნველყოფის მექანიზმები ინერგება უნივერსიტეტის ადმინისტრაციის ან სახელმწიფოს მიერ და მათ მიზანს შეადგენს ინსტრუქციების შესრულება და სასწავლო კურსების შესაბამისი უზრუნველყოფა.

მეორე სპეციფიკური ტერმინი (“Es of quality”) მოიცავს აკადემიური პერსონალის აქტუალიზირებას, ენთუზიაზმს, ექსპერტიზასა და სრულყოფას. ჩამოთვლილი ასპექტები უმნიშვნელოვანესია ამა თუ იმ საგანმანათლებლო დაწესებულების ხარისხის ასამაღლებლად [15].

### **1.3. ხარისხის კონტროლი**

ხარისხის კონტროლი წარმოადგენს ერთერთ უმნიშვნელოვანეს კომპონენტს განათლების პროცესის ხარისხის უზრუნველყოფად. ქვემოთ მოცემულია ზოგადად ხარისხის კონტროლის ცნებები, და კონკრეტულად კი ხარისხის კონტროლის სტატისტიკური პრინციპები.

ხარისხის კონტროლის ნებისმიერი ფორმა ემყარება შესაბამის სტანდარტებსა და პროცედურებს. ქვემოთ მოყვანილია მათი ევროპული ნორმები. [28,29]

### 1.3.1. საგანმანათლებლო ინსტიტუციების ხარისხის უზრუნველყოფის ევროპული სტანდარტები [28÷30]

სტანდარტები წარმოადგენენ ხარისხის უზრუნველყოფის ფარგლებში გამოყენებული პოლიტიკისა და პროცედურების შედეგებს.

სასწავლო დაწებულებებს უნდა გააჩნდეთ ხარისხის უზრუნველყოფის გარკვეული პოლიტიკა და პროცედურები თავიანთი პროგრამების სტანდარტების დადგენისთვის. მათ აგრეთვე უნდა ჩამოაყალიბონ და განავითარონ შიდა ორგანიზაციული კულტურა, რაც ხელს შეუწყობს მათ ხარისხის გაზრდაში, მის უზრუნველყოფაში და ზოგადად აკადემიური საქმიანობის ორგანიზებაში. აღნიშნულის მისაღწევად სასწავლო დაწესებულებებმა უნდა განავითარონ და დანერგონ სტრატეგიები ხარისხის მუდმივი გაუმჯობესების მხრივ. სტრატეგიები, პოლიტიკა და პროცედურები უნდა იყოს ფორმალური ხასიათის და უნდა იყოს საჯაროდ ხელმისაწვდომი.

ხარისხის უზრუნველყოფის ევროპული სტანდარტებს მიეკუთვნება შემდეგი.

დამტკიცება/აღიარება, მონიტორინგი და პროგრამებისა და წახალისებების პერიოდული მიმოხილვა: სასწავლო დაწებულებებს უნდა გააჩნდეთ საკუთარი პროგრამებისა და წახალისებების, პერიოდული მიმოხილვისა და მონიტორინგის ფორმალური მექანიზმები.

სტუდენტთა შეფასება: სტუდენტები უნდა შეფასდნენ ოფიციალურად გამოქვეყნებული კრიტერიუმების მიხედვით, აღნიშნული რეგულაციები და პროცედურები დანერგილ და გამოყენებულ უნდა იქნას თანმიმდევრულად.

აკადემიური პერსონალის ხარისხის დამოწმება-შეფასება: სასწავლო დაწესებულებებს უნდა გააჩნდეთ სტრატეგიები აკადემიური პერსონალის მაქსიმალური ჩართულობის უზრუნველყოფის მეშვეობით სტუდენტთა მაღალკვალიფიციური ცოდნით მომარაგებისა და მათი კომპეტენტურობის ამაღლების მხრივ.

სწავლის რესურსები და სტუდენტთა მხარდაჭერა: სასწავლო დაწესებულებებმა უნდა უზრუნველყონ არსებულ რესურსთა ისეთი გადანაწილება, რაც ხელს შეუწყობს სტუდენტების მხრივ მაქსიმალურად ადეკვატური და შესაფერისი დონის ცოდნის მიღებას თითოეული შეთავაზებული პროგრამის ფარგლებში.

საინფორმაციო სისტემები: სასწავლო დაწესებულებებმა უნდა უზრუნველყონ შესაბამისი ინფორმაციის მოპოვება, ანალიზი და გამოყენება საკუთარი პროგრამების და სხვა საქმიანობებების ეფექტური მართვის მიზნით.

საჯარო ინფორმაცია: დაწესებულებებმა რეგულარულად უნდა გამოაქვეყნონ განახლებული, მიუკერძოებელი და ობიექტური ინფორმაცია როგორც ხარისხობრივი, ასევე რაოდენობრივი ხასიათისა რომელიც უნდა ასახავდეს მათ პროგრამებსა და შეთავაზებებს.

### **1.3.2. სტანდარტების ძირითადი პრინციპები**

სტანდარტები და დირექტივები ემყარება რიგ ძირითად პრინციპებს, რაც დაკავშირებულია ხარისხის უზრუნველყოფასთან როგორც შინაგან, ასევე გარეგან ასპექტებთან მიმართებაში. ესენია:

- საგანმანათლებლო მომსახურების უზრუნველყოფელთ გააჩნიათ უმთავრესი პასუხისმგებლობა განათლების პროცესის ხარისხისა და მისი გაკონტროლების მხრივ.

- საზოგადოების ინტერესები განათლების ხარისხისა და სტანდარტების მხრივ უნდა იყოს დაცული.

- აკადემიური პროგრამების ხარისხი უნდა განვითარდეს და გაუმჯობესდეს სტუდენტებისთვის და სხვა სუბიექტებისთვის, რომლებიც სარგებლობენ აკადემიური მომსახურებით European Higher Education Area-s (EHEA) ფარგლებში [31].

- უნდა არსებობდეს ეფექტური ორგანიზაციული სტრუქტურები რომელთა ფარგლებშიც წარმოდგენილი აკადემიური პროგრამები განვითარდება და ხელი შეეწყობათ.

- გამჭვირვალობა და გარე ექსპერტიზის გამოყენება ხარისხის უზრუნველყოფის მხრივ მნიშვნელოვანია.

- საგანმანათლებლო დაწესებულებებში ხელი უნდა შეეწყოს ხარისხის კულტურის ცნებას

- უნდა განვითარდეს ისეთი პროცესები რომელთა მეშვეობითაც საგანმანათლებლო დაწესებულებები შესძლებენ თავიანთი ანგარიშვალდებულების დემონსტრირებას საჯარო და კერძო ინვესტიციებისადმი ანგარიშვალდებულების ჩათვლით.

- ხარისხის უზრუნველყოფა ანგარიშვალდებულების პროცესთან მიმართებაში სრულიად შესაფერისია ხარისხის შეფასების გაუმჯობესების მიზნებთან მიმართებაში.

- დაწესებულებებს უნდა შეეძლოთ თავიანთი ხარისხის დემონსტრირება როგორც ლოკალური ასევე საერთაშორისო მასშტაბებით.

- არსებულმა პროცესებმა არ უნდა დააბრკოლოს ინოვაცია და არ უნდა ეწინააღმდეგებოდეს მრავალფეროვნების პრინციპს.

### **დირექტივებისა და სტანდარტების დანიშნულებები.**

დირექტივებისა და სტანდარტების დანიშნულებებია:

- საგანმანათლებლო დაწესებულებებში სტუდენტებისათვის ხელმისაწვდომი სასწავლო პროცესის გაუმჯობესება;

- საგანმანათლებლო დაწესებულებებისათვის ხელის შეწყობა თავიანთი ხარისხის მართვის და გაუმჯობესებისათვის და,

შესაბამისად, ხელი შეუწყოს მათ თავიანთი ინსტიტუციონალური ავტონომიის შენარჩუნებას;

- ხარისხის შეფასების სააგენტოებისთვის მათ საქმიანობაში ხელისშეწყობა;

- ხარისხის შეფასების უფრო გამჭვირვალობა და გამარტივება რათა პროცესში ჩართულმა ყველა სუბიექტმა ადვილად აღიქვას იგი.

სტანდარტებისა და დირექტივების ამოცანებია:

- იმ საგანმანათლებლო დაწესებულებების საქმიანობის წახალისება, რომლებიც ხელს უწყობენ მიღწევებს ინტელექტუალურ და საგანმანათლებლო სფეროში;

- საგანმანათლებლო დაწესებულებების, სტუდენტების, დამსაქმებლებისა და სხვა სუბიექტების ინფორმირება და მათი მოლოდინის გაზრდა;

- EHEA-ს ფარგლებში ზოგადად განათლებისა და ხარისხის პროცესის უზრუნველყოფა [31];

### 1.3.3. გარეგანი ხარისხის უზრუნველყოფის სტანდარტები [29,30]

მიუხედავად იმისა, რომ მოცემული ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს განათლების ხარისხის კონტროლის სტატისტიკური პროცედურებისა და ალგორითმების განხილვა რაც ყველაზე ეფექტურად გამოიყენება შიდა ხარისხის უზრუნველყოფის ფარგლებში, ჩვენ მოკლედ მიმოვიხილავთ გარეგანი ხარისხის უზრუნველყოფის სტანდარტებსა და დირექტივებს.

მათი ფორმები განსხვავდება სისტემათა მიხედვით და შეიძლება მოიცავდეს განსხვავებული სახის ინსტიტუციონალურ შეფასებებს, საგნების ან პროგრამების შეფასებებს, სპეციალობის აკრედიტაციას, საპროგრამო და ინსტიტუციონალურ დონეებს ან ყველა ზემოთ ჩამოთვლილის კომბინაციას. ხარისხის უზრუნველყოფა შეიძლება



განხორციელდეს გარე სააგენტოების მიერ სხვადასხვა მიზნით, რაც შეიცავს:

- განათლების ეროვნული აკადემიური სტანდარტების დაცვას;
- მომხმარებელთა ინტერესების დაცვას;
- ინფორმაციით საჯარო უზრუნველყოფას;
- ხარისხის გაუმჯობესებას.

საკრედიტაციო სააგენტოების მიერ ჩატარებული პროცესები დაეყრდნობა კონკრეტულ მიზნებსა და იმ შედეგებს, რაც დასახულ იქნება წინასწარ. ისეთი სააგენტოების მიერ განხორციელებული პროცედურები, რომელთა უმთავრეს მიზანს წარმოადგენს ხარისხის გაუმჯობესება შეიძლება მკვეთრად განსხვავდებოდეს იმ სააგენტოთა საქმიანობისგან, რომლებიც ცდილობენ უზრუნველყონ ძლიერი “მომხმარებლის ინტერესების დაცვა”. ქვემოთ მოცემული სტანდარტები ასახავს ევროპაში გარეგანი ხარისხის უზრუნველყოფის წარმატებულ პრაქტიკას თუმცა, ეს არ წარმოადგენს დეტალურ დირექტივებს იმისა, თუ როგორ უნდა იქნეს ოპტიმალურად ჩატარებული ხარისხის უზრუნველყოფის პროცედურები. აღნიშნული საკითხები წარმოადგენს ადგილობრივ-ეროვნულ პეროგატივებს თუმცა, სააგენტოებსა და უფლებამოსილებს შორის ინფორმაციის გაცვლა-გამოცვლა ხდება კონვერგენტული ელემენტების ჩამოყალიბების მიზეზი.

#### **1.3.4. საგანმანათლებლო დაწესებულებათა შიდა ხარისხის უზრუნველყოფის სტანდარტები [29,30]**

დაწესებულებებს უნდა გააჩნდეთ ზოგადი პოლიტიკა და შესაბამისი პროცედურები ხარისხის, მათი პროგრამებისა თუ წახალისებების სტანდარტების უზრუნველყოფის მხრივ. ისინი უნდა ცდილობდნენ განავითარონ ორგანიზაციის შიდა კულტურა, რაც ხელს შეუწყობს განათლების ხარისხის მნიშვნელობის უფრო ღრმად გათავისებას ორგანიზაციის ყველა დონეზე. აღნიშნულის მისაღწევად

დაწესებულებებმა უნდა განავითარონ და დანერგონ სტრატეგიები ხარისხის უწყვეტი გაუმჯობესების მიზნით[29].

სტრატეგიას, ზოგად პოლიტიკასა და პროცედურებს უნდა ჰქონდეთ ფორმალური სტატუსი და იყვნენ საჯაროდ ხელმისაწვდომნი.

ფორმალური პოლიტიკა და პროცედურები უზრუნველგვყოფენ ზოგადი ჩარჩოთი რომლის ფარგლებშიც საგანმანათლებლო ინსტიტუციებს შეუძლიათ განავითარონ და მონიტორინგი გაუწიონ ხარისხის უზრუნველყოფის სისტემების ეფექტურობას. მათ აგრეთვე შეუძლიათ განავითარონ საჯარო ნდობის ხარისხი ინსტიტუციონალურ ავტონომიასთან მიმართებაში. ზოგადი პოლიტიკა მოიცავს მისიებთან და ძირითად საშუალებებთან დაკავშირებულ დებულებებს რომელთა მეშვეობითაც დასახული ამოცანები უნდა იქნას მიღწეული. პროცედურულმა დირექტივებმა შეიძლება მოგვცენ უფრო დეტალური ინფორმაცია იმის შესახებ, თუ როგორ ინერგება ზოგადი პოლიტიკა და უზრუნველყოფს სასარგებლო რჩევებით მათ, ვისაც სურს წარმოდგენა იქონიოს ჩატარებული პროცედურების ცალკეულ ასპექტებზე.

ზოგადი პოლიტიკის დებულება უნდა შეიცავდეს [30]:

- ურთიერთმიმართება სწავლებასა და კვლევას შორის საგანმანათლებლო დაწესებულების ფარგლებში

- დაწესებულების “სტრატეგია ხარისხისა და სტანდარტებისთვის”

- ხარისხის უზრუნველყოფის სისტემის ორგანიზება

- განყოფილებათა, სკოლების, ფაკულტეტებისა და სხვა ორგანიზაციული ერთეულების მოვალეობა-ფუნქციები ხარისხის უზრუნველყოფის მხრივ

- სტუდენტთა ჩართვა ხარისხის უზრუნველყოფის პროცესში

**სტუდენტთა შეფასება**

სტუდენტთა შეფასება არის განათლების ერთერთი უმნიშვნელოვანესი ელემენტი. შეფასების შედეგებს დიდი გავლენა აქვთ სტუდენტთა სამომავლო კარიერაზე. შესაბამისად, მნიშვნელოვანია ისიც,

რომ შეფასება ჩატარდეს მაღალკვალიფიციურ დონეზე ნებისმიერ დროს და ამასთანავე მნიშვნელობას იძენს ფართო ცოდნა რაც მიიღება ტესტებიდან და საგამოცდო პროცესებიდან.

სტუდენტთა შეფასების პროცედურები უნდა პასუხობდნენ შემდეგ მოთხოვნებს:

- უნდა არსებობდეს შესაბამისი სკალები სწავლის შედეგების გასაზომად;

- უნდა გააჩნდეთ ადვილად გასაგები და საჯაროდ გაცხადებული შეფასების (ნიშნების) სისტემა;

- სასურველია საბოლოო შეფასება არ იყოს დამოკიდებული მხოლოდ ერთი გამომცდელის მოსაზრებაზე;

- უნდა არსებობდეს მარტივი პროცედურები სტუდენტთა დასწრების, ავადმყოფობის და სხვა ხელშემშლელ ფაქტორების აღრიცხვა-კონტროლისათვის;

შეფასება უნდა ტარდებოდეს პროცედურის შესაბამისად;

- შეფასების პროცესი უნდა ექვემდებარებოდეს ადმინისტრაციულ შემოწმებებს, რათა გარანტირებულ იქნას პროცედურების შესრულების სიზუსტე.

ამასთანავე, სტუდენტები უნდა იყვნენ ზუსტად ინფორმირებულნი შეფასების სტრატეგიასთან დაკავშირებით, რაც გამოიყენება მათი პროგრამის ფარგლებში, რა საგამოცდო თუ სხვა შეფასების მეთოდები იქნება მათ მიმართ გამოყენებული, რას მოელიან მათგან და ის კრიტერიუმები, რაც გამოყენებულ იქნება მათი პერფორმანსის შესაფასებლად.

მეორე სახის აქტიობაა აკადემიური პერსონალის ხარისხის შეფასება [12,13].

საგანმანათლებლო დაწესებულებებს უნდა გააჩნდეთ შესაფერისი აკადემიური პერსონალის დასაქმების შესაძლებლობა, რომლიც კვალიფიციურ ცოდნას გადასცემენ სტუდენტებს. მათ უნდა შეეძლოთ

შესაბამისი ინფორმაციის მიმოხილვა და მათი გატარება ოფიციალურ მოხსენებებში.

პროფესორ-მასწავლებლები არიან ყველაზე მნიშვნელოვანი და სანდო სუბიექტები სტუდენტებისთვის ცოდნის გადაცემისა და შეძენის მხრივ. აუცილებელია რომ, მათ, ვინც ასწავლის ამა თუ იმ საგანს, ჰქონდეს ამ საგნის სრული და ამომწურავი გაგება, გააჩნდეთ აუცილებელი უნარ-ჩვევები და გამოცდილება რათა ეფექტურად გადასცენ თვითნაირი ცოდნა სტუდენტებს შეთავაზებული მასალის კონტექსტის შესაბამისად, უნდა შეეძლოს უკუკავშირისა და რეზულტატის შეფასება საკუთარი პერფორმანსის ბაზაზე. საგანმანათლებლო დაწესებულებები უნდა უზრუნველყოფდნენ იმას, რომ ახალი აკადემიური პერსონალის აყვანისა და დასაქმებისას ესა თუ ის კონკრეტული აკადემიური პერსონალი ფლობდეს სწავლებისთვის აუცილებელ მინიმუმ კომპეტენციას. აკადემიურ პერსონალს უნდა მიეცეს საშუალება განავითარონ და განავრცონ თავიანთი სწავლითი შესაძლებლობები და მათ ხელი უნდა შეეწყოს საკუთარი უნარ-ჩვევების დაფასების მხრივ.

### **1.3.5. დასკვნები საგანმანათლებლო პროცესის ხარისხის კონტროლთან დაკავშირებით**

ზემოთ მოყვანილ დაკვირვებებზე დაყრდნობით შეგვიძლია დავინახოთ, რომ ხარისხის კონტროლი წარმოადგენს ზოგადად ხარისხის უზრუნველყოფის შემადგენელ ნაწილს რომელიც, თავის მხრივ არის ერთერთი უმნიშვნელოვანესი კომპონენტი საგანმანათლებლო პროცესის მართვისა. ეფექტურობა და წარმატებულობა ნებისმიერი საგანმანათლებლო დაწესებულებისა პირდაპირ კავშირშია ხარისხის კონტროლის ზოგადი პოლიტიკისა და პროცედურების კორექტულობასთან.

სტუდენტთა შეფასება და აკადემიური პერსონალის ხარისხის უზრუნველყოფა მიეკუთვნება ასეთი სახის აქტივობებს. ისინი შეადგენენ უდიდეს ნაწილს და თამაშობენ უმნიშვნელოვანეს როლს ხარისხის კონტროლის ფარგლებში და შესაბამისად, საგანმანათლებლო პროცესის მართვაში ზოგადად.

ამ უკანასკნელთან მიმართებაში ისმის კითხვა: როგორ უნდა შეფასდნენ როგორც სტუდენტები, ასევე პროფესორ-მასწავლებლებიც? სტუდენტებისა და აკადემიური პერსონალის შეფასების ზემოთ ჩამოთვლილი მოთხოვნების გათვალისწინებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ამისთვის საუკეთესო საშუალებაა სტატისტიკური მიდგომა ზოგადად. აღნიშნული მოსაზრება შეიძლება აიხსნას შემდეგი პუნქტების მეშვეობით:

1. სტატისტიკური მეთოდები საგანმანათლებლო დაწესებულებების სტუდენტთა ნიშნების რიცხოვრივი შეფასების და შესაბამისი გამოთვლის საშუალებას იძლევა;
2. მონაცემთა სტატისტიკური ანალიზი სასწავლო დაწესებულების აკადემიური საქმიანობის (სტუდენტთა აკადემიური დონის და პროფესორ-მასწავლებელთა სამუშაოს ეფერქტივობის) გაზომვის საშუალებას იძლევა;
3. სტატისტიკური მეთოდები, რომლებიც თავიანთი არსით მათემატიკურია, უზრუნველყოფს ობიექტურ დასკვნებს;
4. სტატისტიკური მიდგომები უნივერსალური ხასიათისაა, რადგანაც ისინი შეიძლება გამოყენებულ იქნან ცალკეული ერთეულების დონეზე ნებისმიერი ტიპის საგანმანათლებლო დაწესებულების ფაგლებში: საშუალო სკოლები, კოლეჯები და უნივერსიტეტები (ეს უკანასკნელი მოიცავს ყველა შესაძლებელ დონეს: საბაკალავრო, სამაგისტრო, და სადოქტოროს).

#### 14. ხარისხის კონტროლის სტატისტიკური საფუძვლები

#### 14.1. ზოგადი ცნებები [32÷34]

ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნას ნებისმიერი პროცესის ხარისხის შეფასების და შენარჩუნებისათვის. ის მოიცავს შვიდ ძირითად საშუალებას:

პარეტოს დიაგრამებს (Pareto chart);

მიზეზ-შედეგობრივ დიაგრამებს (Cause-effect diagrams);

დეფექტების კონცენტრაციის დიაგრამებს (Defect concentration diagram);

გაჰნევის დიაგრამებს (Scatter diagram);

საკონტროლო ბარათებს (Control Charts).

ჩამოთვლილი საშუალებები სხვანაირად იწოდება როგორც “შესანიშნავი შვიდეული” რომლებიც წარმოადგენენ სტატისტიკური მეთოდის მნიშვნელოვან ნაწილს და ისინი შეადგენენ ამ მეთოდის მხოლოდ ტექნიკურ ასპექტს. აღნიშნული მეთოდი წარმოადგენს ერთგვარ პრინციპს - ხარისხის უწყვეტი გაუმჯობესების მიღწევის სურვილს. ეს პრინციპი საუკეთესო ფორმით ვლინდება მაშინ, როდესაც მენეჯმენტი მთლიანად ერთვება მიმდინარე ხარისხის გაუმჯობესების პროცესში. როდესაც ეს პრინციპი და მიდგომა ხდება ჩვეულებრივი სტილი საქმიანობისა ორგანიზაციაში, ასეთ შემთხვევაში დასახული მიზნები ხარისხის გაუმჯობესების მხრივ ურფო ადვილი მისაღწევია.

#### ხარისხის ვარიაბელურობის მიზეზები [35÷39]

ნებისმიერ წარმოების პროცესში ყოველთვის არსებობს გარკვეული ცვალებადობის შესაძლებლობა, რაც წარმოადგენს მრავალი მცირე, არსებითად გარდაუვალი მიზეზების კუმულატიურ ეფექტს. როდესაც ასეთი სახის მცირე ვარიაციები ამა, თუ იმ პროცესში შედარებით უმნიშვნელოა, როგორც წესი ისინი განიხილება როგორც პროცესის ბუნებრივი ცდომილების დასაშვები დონე. საწარმოო პროცესი, რომლის ფარგლებშიც არსებობს მხოლოდ სტანდარტებიდან სტატისტიკურად უმნიშვნელო გადახრები (ცდომილებები), მიჩნეულია როგორც პროცესი,

რომელიც ექვემდებარება სტატისტიკურ კონტროლს. სხვა სიტყვებით, ცდომილების შესაძლებლობა არის პროცესის შემადგენელი ნაწილი.

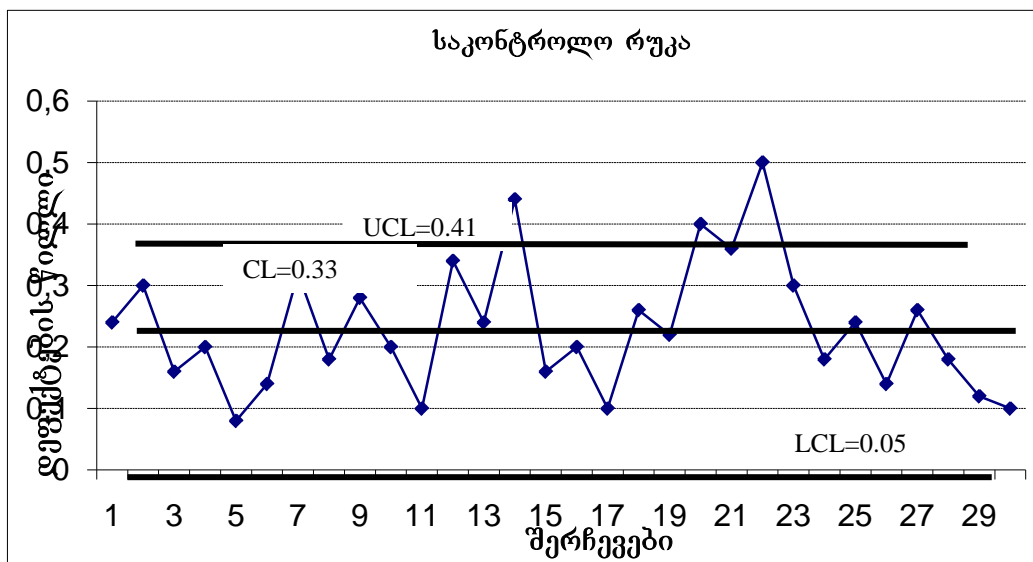
სხვა სახის ვარიაციები შეიძლება წარმოიქმნას წარმოების საბოლოო ფაზაში. ეს ვარიაციები ძირითად ხარისხობრივ მახასიათებლების დონეზე წარმოიქმნება, როგორც წესი, შემდეგი სამი მიზეზით: არასწორად გამართული საწარმო-მექანიკური ხაზი, ოპერატორის შეცდომები ან უხარისხო ნედლეული. სტანდარტებიდან ასეთი სახის გადახრები არის მიუღებელი და ამ შემთხვევაში პროცესი განიხილება, როგორც არაკონტროლირებადი.

ხშირად წარმოების პროცესი ექვემდებარება სტატისტიკურ კონტროლს შედარებით ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში, მაგრამ შესაძლებელია გაჩნდეს სტანდარტებიდან შემთხვევითი გადახრები, რაც იწვევს “გადასვლას” პროცესის წანაცვლებას არაკონტროლირებად რეჟიმში. აქედან გამომდინარე, პროცესის სტატისტიკური კონტროლის ძირითადი ამოცანაა ასეთი ტიპის ცდომილებების სწრაფი დადგენა, რაც საშუალებას მოგვცემს გავატაროთ შესაბამისი ზომები.

საკონტროლო რუკების მეთოდი წარმოადგენს პროცესის კონტროლის ონ-ლაინ ტექნიკის ერთერთ სახეობას, რომელიც ფართოდ გამოიყენება. საკონტროლო რუკები ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას წარმოების პროცესის პარამეტრების გამოსათვლელად და ამ ინფორმაციის მეშვეობით დადგინდეს პროცესის მწარმოებლობის სიდიდე. საკონტროლო რუკები ასევე გვაწვდიან ინფორმაციას პროცესის გაუმჯობესებასთან დაკავშირებით. პროცესის კონტროლის სტატისტიკური ანალიზის საბოლოო მიზანს წარმოადგენს შესაძლო ცდომილებათა (ვარიაციათა) თავიდან აცილება. მიუხედავად იმისა, რომ შესაძლო ვარიაციები შეიძლება ვერ იქნან აღმოფხვრილნი მთლიანად, საკონტროლო რუკების მეთოდი საშუალებას იძლევა დავიყვანოთ ცდომილების სისიდიდე მინიმუმადე.

#### 1.4.2. საკონტროლო რუკების სტატისტიკური საფუძველი

ქვემოთ მოცემულ ნახაზზე (ნახ.1.) მოყვანილია ტიპიური საკონტროლო რუკა, რომელიც წარმოადგენს ხარისხობრივი მახასიათებლების გრაფიკულ გამოსახულებას, რომელიც იზომება და გამოითვლება დროში გაკეთებულ შერჩევების საფუძველზე. სქემა შეიცავს ცენტრალურ ხაზს ( $CL=0.33$ ) რომელიც წარმოადგენს ხარისხობრივი მახასიათებლების საშუალო სიდიდეს, რაც შეესაბამება კონტროლს დაქვემდებარებულ პროცესებს. დანარჩენი ორი ჰორიზონტალური ხაზი, რომლებიც განისაზღვრება როგორც ზედა საკონტროლო (UCL- upper control limit) და ქვედა საკონტროლო (LCL- lower control limit) ზღვრები. თუ პროცესი ექვემდებარება კონტროლს (კონტროლირებადია) ყველა შერჩევის მაჩვენებლები მოექცევა მათ შორის. იქამდე, სანამ მაჩვენებლები მერყეობენ ამ ორი საკონტროლო საზღვრებს შორის, ითვლება, რომ პროცესი კონტროლირებადია და არ არის აუცილებელი რაიმე სახის ქმედება. მაჩვენებლები, რომლებიც განლაგებულია საკონტროლო საზღვრებს გარეთ, ადასტურებს, რომ პროცესი კონტროლს არ ექვემდებარება. ამ შემთხვევაში აუცილებელია გამოკვლევა და მიღებულ უნდა იქნას შესაბამისი ზომები იმ მიზეზების დასადგენად და აღმოსაფხვრელად, რამაც გამოიწვია ასეთი სახის გადახრა [37÷39].





## ნახ. 1 საკონტროლო რუკა [32,36]

იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც ყველა მაჩვენებლები მოქცეულია საკონტროლო საზღვრების ფარგლებში, მაგრამ მათ შორის შეინიშნება გარკვეული ტენდენციები (ტრენდები), ეს აღიქმება იმის ინდიკატორად, რომ პროცესი კონტროლს აღარ ექვემდებარება. მაგალითად, ბოლო 20 მაჩვენებლიდან 18 მაჩვენებელი მდებარეობს ცენტრალური ხაზის ზემოთ, მაგრამ ამასთანავე, ზედა კონტროლის ლიმიტის ხაზის ქვემოთ, ჩვენ სერიოზულად გვმართებს დაფიქრება იმასთან დაკავშირებით, რომ რაღაც არასწორად წარიმართა.

წესები სახელწოდებით "the Western Electric Rules" წარმოადგენენ კრიტერიუმების კრებულს, რომლების გამოიყენება საწარმოო პროცესის კონტროლირებადობის დიაგნოსტიკისათვის. კერძოდ [32]:

1. შერჩევების არარსებობა ცენტრალური ხაზის ახლოს;
2. ნიმუშების არსებობა საკონტროლო საზღვრებს ახლოს;
3. ნიმუშთა არსებობა საკონტროლო საზღვრებს გარეთ;
4. სხვა არაბუნებრივი ტენდენციები;

არსებობს მჭიდრო კავშირი კონტროლის სქემებსა და ჰიპოთეზების შემოწმებას შორის. არსებითად საკონტროლო რუკა წარმოადგენს ჰიპოთეზების შემოწმებას იმის დასადასტურებლად, რომ პროცესი ექვემდებარება სტატისტიკურ კონტროლს. საკონტროლო საზღვრებს შიდა მაჩვენებელთა გრაფიკული გამოსახულება სტატისტიკური კონტროლის ჰიპოთეზის უარყოფის შეუძლებლობის ეკვივალენტურია, ხოლო კონტროლის ლიმიტის ხაზის გარეთა მაჩვენებლები სტატისტიკური კონტროლის ჰიპოთეზის უარყოფის ეკვივალენტურია. აქ ჰიპოთეზების შემოწმების თეორიასთან დაკავშირებით, შეიძლება ნავარაუდები იქნას I ან II ტიპის შეცდომები. რეკომენდირებულია დროგამოშვებით ოპერაციული მახასიათებლების გამოყენება, იმისთვის, რომ ნაჩვენები იქნას II ტიპის შეცდომების შესაძლებლობა [40,41].

ქვემოთ განხილულია კონტროლის სქემების ძირითადი სახეობები და აგრეთვე ის, შეიძლება თუ არა მათი მეთოდოლოგია გამოყენებულ იქნას განათლების პროცესის ხარისხის კონტროლისათვის.

### 14.3. P-რუკები [32,36]

P-რუკები გამოიყენება დეფექტების პროპორციების მთლიან მოცულობასთან შეფარდების დასადგენად.

კონტროლის ზედა (UCL) და ქვედა (LCL) ლიმიტები P-რუკებისათვის იქნება:

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}, \quad (1)$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2)$$

და ცენტრალური ხაზისთვის (CL):

$$CL = \bar{p}, \quad (3)$$

სადაც  $\bar{p}$  - არის პროცესის ლოდინი;

$n$  - შერჩევის მოცულობა.

$\bar{p}$  -საკონტროლო რუკების გამოყენების ტექნოლოგია ითვალისწინებს დეფექტების შეფარდებითი სიდიდეების დატანას სასაზღვრო ხაზების (1), (2) გასწვრივ, და იმ შემთხვევაში, როცა ეს სიდიდეები აღმოჩნდება საკონტროლო ხაზების გარეთ, ან მათ ახლოს, პროცესი განისაზღვრება როგორც არაკონტროლირებადი.

### 14.4. $\bar{X}$ და R-რუკები [32,36].

რუკების ეს სახეობები ეფექტურია, როდესაც ვცდილობთ გადახრის სიდიდის განსაზღვრას საბოლოო პროდუქციის სასურველი სტანდარტებიდან. სქემათა კონსტრუირება ემყარება შემდეგ მოსაზრებებს: აღნიშნული გადახრა არის ნორმალურად განაწილებული შემთხვევითი სიდიდე, რომლის საშუალო უდრის პროცესის სასურველ სტანდარტს, ხოლო სტანდარტული გადახრა – განსაზღვრავს ზედა და ქვედა საკონტროლო საზღვრების სიდიდეს.

ასეთი სახის ზედა და ქვედა საკონტროლო საზღვრები გამოითვლება შემდეგი ფორმით:

უპირველეს ყოვლისა უნდა გამოვითვალოთ შერჩევის დიაპაზონი

$$R_i = x_{i \max} - x_{i \min} , \quad (4)$$

შემდეგ

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} - \text{ნიმუშების დიაპაზონების საშუალო არითმეტიკული} \quad (5)$$

ეს უკანასკნელი საშუალებას იძლევა გამოვთვალოთ კონტროლის ზედა და ქვედა საზღვრები საკონტროლო რუკების ორივე სახეობისთვის.

R-სქემებისთვის:

$$UCL = D_4 \bar{R} , \quad (6)$$

$$LCL = D_3 \bar{R} \quad (7)$$

და ცენტრალური ხაზი (CL)

$$CL = \bar{R} , \quad (8)$$

$\bar{X}$  - რუკებისათვის

$$UCL = \bar{x} + A_2 \bar{R} , \quad (9)$$

$$LCL = \bar{x} - A_2 \bar{R} \quad (10)$$

და ცენტრალური ხაზი (ჩ )

$$CL = \bar{x} , \quad (11)$$

სადაც  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$  - შერჩევის საშუალოა;

n- ნიმუშის მოცულობა;

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}}{mn} - \text{შერჩევების საშუალოების საშუალოა};$$

m-შერჩევების რაოდენობა;

$D_3$ ,  $D_4$  და  $A_2$  უნდა განისაზღვროს შესაბამის ცხრილებიდან შერჩევის მოცულობის მიხედვით.

14.5.  $\bar{X}$  და S-რუკები [32,36].

დავუშვათ, რომ გვაქვს  $m$  რაოდენობის შერჩევები, თითოეული  $n$  მოცულობის და,  $i$ -რი შერჩევის საშუალო სტანდარტული გადახრა არის

$$s_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}. \quad (12)$$

ასეთ შემთხვევაში  $m$  შერჩევების საშუალო სტანდარტული გადახრა იქნება:

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^m s_i}{m}, \quad (13)$$

მაშინ  $\frac{\bar{s}}{c_4}$  სტატისტიკა იქნება დისპერსიის არაწანაცბლებადი

შეფასება, სადაც  $c_4$  განისაზღვრება ცხრილებიდან. შესაბამისად, S რუკების პარამეტრები იქნება:

$$UCL = \bar{s} + 3 \frac{\bar{s}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2}; \quad (14)$$

$$UCL = \bar{s} - 3 \frac{\bar{s}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2}; \quad (15)$$

და ცენტრალური ხაზი:

$$CL = \bar{s}. \quad (16)$$

ამის მსგავსად  $\bar{X}$ - რუკებისათვის გვექნება:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + 3 \frac{\bar{s}}{c_4 \sqrt{n}}; \quad (17)$$

$$UCL = \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\bar{s}}{c_4 \sqrt{n}}; \quad (18)$$

და ცენტრალური ხაზი:

$$CL = \bar{\bar{x}}. \quad (19)$$

არსებობს კონტროლის სქემების რამოდენიმე სახეობა რომლებიც გამოიყენება ხარისხის სტატისტიკური კონტროლისათვის: np – რუკები,

ც-რუკები, ექსპონენციალურად შეწონილი მცოცავი საშუალოების (EWMA -Exponential Weighed Moving Averages) საკონტროლო რუკები და სხვა. ისინი განსხვავდებიან ზემოდ მოყვანილი რუკების ტიპებიდან მხოლოდ ტექნიკური დეტალების მხრივ და ინარჩუნებენ მთავარ თავისებურებას, რომელიც საერთოა ყველა სახის რუკების და მიდგომებისთვის, რომლებიც გამოიყენება ხარისხის სტატისტიკური კონტროლისათვის. ჩვენ უნდა განვსაზღვროთ ეს ძირითადი პრინციპი (ზემოთ მოყვანილი მოკლე კვლევიდან კარგად ჩანს კონტროლის სქემების ყველაზე გავრცელებული ტიპები), ემყარება შემდეგ დაშვებებს:

1. საბოლოო პროდუქტის სტანდარტული (სასურველი) მნიშვნელობა წინასწარ განსაზღვრულია;
2. კონტროლირებადი ობიექტები შეიძლება წარმოდგენილ იქნან რაოდენობრივი მახასიათებლების მეშვეობით;
3. კონტროლირებადი ობიექტები არიან სრულიად იდენტურნი თავიანთი მახასიათებლების მხრივ;
4. მოცემული ობიექტის მახასიათებლებსა და სტანდარტის (სასურველ) სიდიდეებს შორის არსებული სხვაობა წარმოადგენს შემთხვევით სიდიდეს, აქედან გამომდინარეობს ამ სიდიდეების განაწილების კანონები: ნომინალური, ბინომინალური, პუასონის და სხვა.
5. სხვაობის გამოთვლა შეიძლება შერჩევის მეშვეობით, ხოლო შერჩევის მოცულობა და მათი რაოდენობა თეორიულად არ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებულნი (მხოლოდ ეკონომიკური და ტექნიკური შესაძლებლობების მიხედვით).

ჩამოთვლილი დაშვებები მეტყველებენ საგანმანათლებლო პროცესების ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის ახალი მიდგომების შემუშავების აუცილებლობაზე.

## 1.5. საგანმანათლებლო პროცესის ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის გამოყენების მდგომარეობა

საგანმანათლებლო პროცესებში ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის გამოყენების შესახებ აქამდე ერთეული კვლევები თუ ჩატარებულა.

მიუხედავად იმისა, რომ ზოგადად ხარისხის კონტროლი და კერძოდ ხარისხის სტატისტიკური კონტროლი საგანმანათლებლო პროცესებში წარმოადგენენ ამ პროცესების მართვის უმნიშვნელოვანეს ეტაპებს (იხილეთ 1.3.5), ამასთან დაკავშირებული მხოლოდ სამი კვლევის მოპოვება შეეძლებოდა.

საკითხთან დაკავშირებით უპირველეს ყოვლისა უნდა ავგლიშნოთ შემდეგი უახლესი კვლევა: ეს არის მ. სავინის ნაშრომი “*p*-Charts in the Quality Control of the Grading Process in the High Education”[43]. ნაშრომის ძირითად დებულებას წარმოადგენს ქვემოთ მოცემული ცხრილი 1. [43], რომელშიც მოცემულია ცხრა საგამოცდო პერიოდის ყველა ნიშანი (შეფასება) 2004 წლის ფარგლებში.

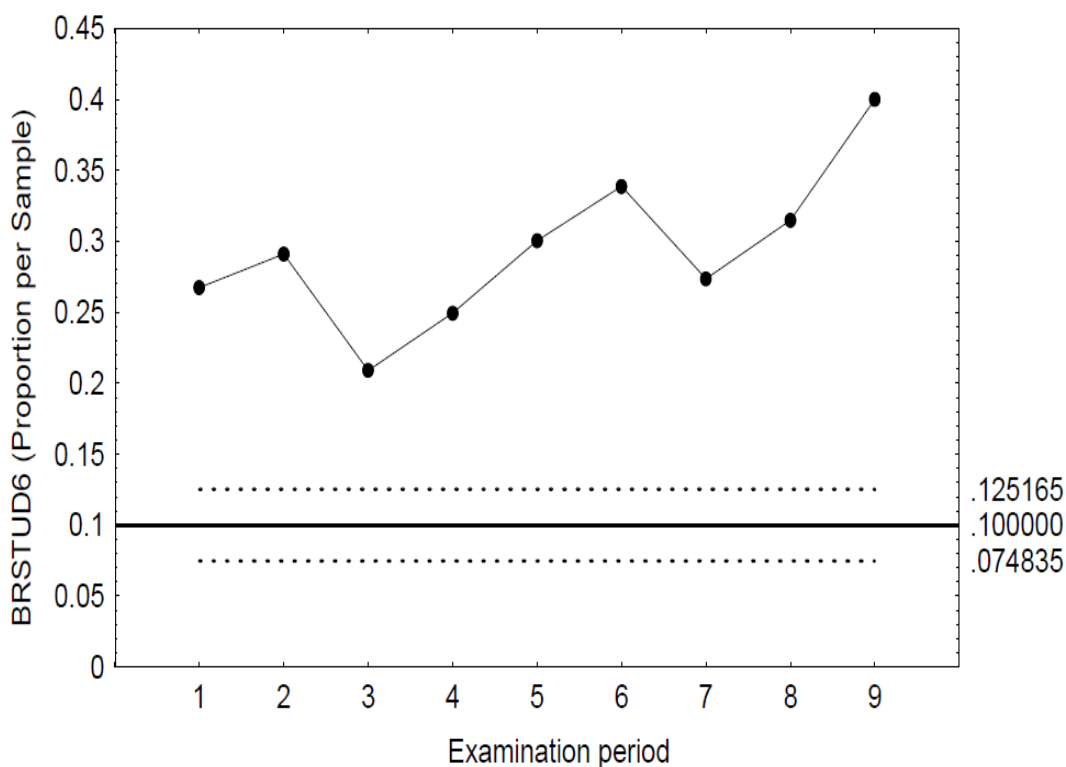
ცხრილი 1.

Examination period	Grades					Grand Total
	6 (E)	7 (D)	8 (C)	9 (B)	10 (A)	
1	2	3	4	5	6	7
1	104	126	101	45	13	389
2	105	107	94	44	11	361
3	947	1034	1200	810	541	4532
4	94	140	102	33	8	377
5	826	673	645	360	245	2749
6	64	59	48	15	3	189
7	781	710	701	431	233	2856
8	17	16	10	7	4	54
9	2	1	1	1		5
Grand Total	2940	2866	2902	1746	1058	11512

მოყვანილ მონაცემთა გაანალიზების მიზნით ავტორი იყენებს *p*-რუკების მეთოდოლოგიას. მაგალითად, 6 ქულიან შეფასებისათვის, ECTS (კრედიტების) სისტემაში "E" პირობით ნიშნისათვის იყო დაგეგმარებული *p*-რუკა.

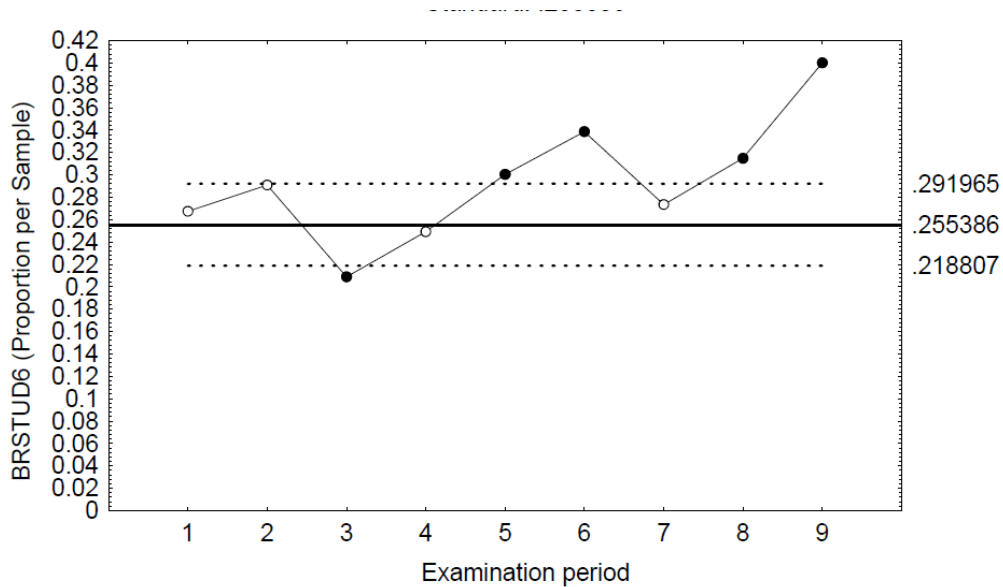
*p* სიდიდე განისაზღვრება  $p = 10\%$  ან  $0.1$  დონეზე. აღნიშნული წარმოადგენს რეკომენდირებულ სტანდარტულ მნიშვნელობას გარეგანი

სტანდარტების მიხედვით. კონტროლის ზედა და ქვედა ლიმიტები წარმოადგენს ზუსტად განსაზღვრულ მნიშვნელობებს, რაც ნიშნავს იმას, რომ ისინი არ არიან გამოთვლილნი მონაცემთა სტანდარტული გადახრის შეფასების საფუძველზე, მაგრამ ასევე წარმოადგენენ გარეგანი რეკომენდაციების შედეგს.



ნახ. 2. p-რუკა გამსვლელი 6 (E) ქულისათვის წინასწარ განსაზღვრული საკონტროლო საზღვრებით. ზედა კონტროლის საზღვარი UC (ზედა პუნქტირი) უდრის 12,5% (0,125165) და ქვედა კონტროლის საზღვარი CL (ქვედა პუნქტირი) - 7,5% (0,074835), აგრეთვე ნაჩვენებია ცენტრალური ხაზი CL, რომელიც წარმოადგენს 10% -კოეფიციენტს [43].

რადგანაც მიღებულ შედეგში არ ჩანს ფაქტიური ვითარების ობიექტური ასახვა (ყველა განხილული მნიშვნელობა მეტად შორსაა საკონტროლო საზღვრებიდან), ავტორმა გამოიყენა სხვა სახის p-სქემა, ამჯერად წინასწარ დაუზუსტებელი ლიმიტებით რომლებიც, გამოითვალა ემპირიული მონაცემების საფუძველზე (ნახ. 3.)



ნახ. 3. p-რუკა გამსვლელი 6 (E) ქულისათვის (წინასწარ დაუზუსტებელი კოეფიციენტი) [43]

პროფესორი მ. სავიჩი შემდეგ დასკვნამდე მიდის “შეფასების პროცესი კონტროლის ლიმიტებს არ ექვემდებარება იმ შემთხვევაშიც, როდესაც ემპირიული საზღვრები გამოთვლილია ემპირიული მონაცემების საფუძველზე. ამის მიზეზი ისაა, რომ ხუთი პუნქტი დადგენილი ლიმიტების ფარგლებს გარეთ ხვდება. თუკი ჩვენ გამოვრიცხავთ განაწილებად მიზეზებს ანალიზიდან, მივიღებთ შეფასების კონტროლირებად პროცესს თუმცა იგი მაინც მეტად შორს იქნება ზუსტად განსაზღვრული კრედიტების (ECTS) ლიმიტებისაგან”

ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის გამოყენების წარმოდგენილი მცდელობა იმსახურებს დადებით შეფასებას, ვინაიდან ის პრაქტიკულად პირველია ამ მიმართულებით. თუმცა, აქ ისმება გარკვეული კითხვები. უპირველეს ყოვლისა, მისაღებია თუ არა სხვადასხვა წლების საგამოცდო შედეგების შედარება (ერთიდაიგივე საგნისა ც კი), მათი გაერთიანებულ სკალამდე დაყვანის გარეშე? სტუდენტთა შესაძლებლობები, სწავლითი მეთოდები, ზოგადი გარემო და სხვა ფაქტორები შეიძლება ერთმანეთისგან მკვეთრად განსხვავდებოდეს მოცემულ მრავალწლიან პერიოდში. მეორე, მნიშვნელოვანია ის რომ, იძლევა თუ არა კონკრეტული მეთოდი მთლიანი საგანმანათლებლო დაწესებულების სასწავლო პროცესის



შეფასების შესაძლებლობას. ნათელია, რომ ასეთ მეთოდიკას არ შეუძლია სწავლების პროცესის ყოვლისმომცველი შეფასების მოცემა, რადგანაც მისი საშუალებით ფასდება მხოლოდ ერთი კონკრეტული საგანი და ეს საგანიც კი არ ფასდება სრულად, არამედ მისი ცალკეული ქულების ფენები. მესამეც, გაუგებარია როგორ უნდა შეფასდეს სიტუაცია, როდესაც ქულების ერთი ფენა, მაგალითად "B" ხვდება საკონტროლო საზღვრებში, ხოლო დანარჩენები – არა. მეოთხე, იძლევა თუ არა ეს მეთოდი პროფესორ-მასწავლებლის მუშაობის ეფექტურობის შეფასების საშუალებას, რაც უნდა გამოიხატებოდეს სწავლითი პროცესის მიმოხილვაში. პასუხი უარყოფითია, რადგანაც, დაკვირვების პერიოდის განმავლობაში ბევრი პროფესორ-მასწავლებელი შეიძლება შეიცვალოს.

საკითხთან დაკავშირებული მეორე პუბლიკაცია, რომელიც ჩვენ განვიხილეთ, არის ნაშრომი [44] რომელიც გამოქვეყნებულია გამომცემლობა ERIC-ის მიერ (Education Resource Information Center, <http://www.eric.ed.gov/>). აღნიშნული ნაშრომი შეიცავს ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის ძირითადი ცნებების ახსნას, მაგრამ ამასთანავე ნაშრომში არაფერია ნათქვამი იმის თაობაზე, თუ როგორ უნდა იქნას ეს გამოყენებული კონკრეტული პრობლემების გადასაჭრელად სასწავლო პროცესის ფარგლებში.

მესამე წყარო, რომელიც უნდა დაურთოთ ჩვენს მოკლე მიმოხილვას, არის ინტერნეტ დოკუმენტების კრებული [45], რომელიც ეკუთვნის შემდეგ ავტორებს: ბ. ჯ. ბრენდა და ჯ. ვ. ვორმერი. აღნიშნული წყარო მოიცავს უმნიშვნელოდ მცირე ინფორმაციას სასწავლო პროცესის ფარგლებში ხარისხის კონტროლის სტატისტიკური მეთოდის გამოყენების შესახებ და შესაბამისად, ჩვენ არ განვიხილავთ მას.

მოცემული, მეტად მცირე მიმოხილვა საკითხთან დაკავშირებული არსებული კვლევებისა, მათში განხილული მეთოდოლოგიის სასწავლო პროცესში დანერგვის მიზნით აჩვენებს, რომ ხარისხის კონტროლისა და ხარისხის კონტროლის სტატისტიკური მეთოდიკის უდიდესი მნიშვნელობის მიუხედავად, უკანასკნელი იმყოფება მისი განვითარების დასაწყისში.

## 1.6. დასკვნა და კვლევის მიზნები

### 1.6.1. დასკვნები

განათლების ხარისხის მართვა განსაზღვრავს იმას, არის თუ არა მართვის პროცესი ეფექტური (მიღწევადია თუ არა მიზნები). სხვა სიტყვებით, ხარისხის მართვა იმას ამოწმებს, შეესაბამებიან თუ არა ორგანიზაციის შიდა სისტემები და სტრუქტურები ინსტრუქციის მიზნებს [12]. განათლების სფეროს ხარისხის მართვის ზოგადი მიზნები ასე შეიძლება ჩამოყალიბდეს [45]:

- რა ძირითადი შედეგები მიიღო საგანმანათლებლო დაწესებულებამ?
- რამდენად მაღალ დონეზე ხდება სასწავლო პროცესის განხორციელება?
- რამდენად კარგია განათლების პროცესის მართვა?
- რამდენად მაღალკვალიფიციურია პროცესში ჩართული მენეჯმენტი?
- როგორია გაუმჯობესების შესაძლებლობა?

Hharvey-ის მიხედვით [12] თითოეულ ამ მნიშვნელოვან კითხვას შეიძლება პასუხი გაეცეს 3 ძირითადი მოქმედების მეშვეობით: 1. ხარისხის განსაზღვრებით; 2. შეფასების სტანდარტების დეფინიციით; 3. ამ უკანასკნელის შედარებით რეალურ შედეგებთან და იმის გადაწყვეტით, თუ რამდენად შეესაბამება სტანდარტებს ფაქტობრივი ვითარება. შესაბამისად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ხარისხის მართვა არის ისეთი სისტემა, რომელიც ამოწმებს იმას, არის თუ არა ნაწარმოები პროდუქტი ან შეთავაზებული მომსახურება მათდამი წაყენებული მოთხოვნების შესაბამისი. აღნიშნული მიდგომა ითვალისწინებს სამ წინასწარ გარემოებას: ხარისხი განსაზღვრებადია, განათლების დონის ინდექსი და ხარისხი ურთიერთდაკავშირებულია და მისი რაოდენობრივი შეფასება და გამოთვლა შესაძლებელია. ეს უკანასკნელი კი მეტად მნიშვნელოვანია მოცემული ნაშრომისთვის.

ამასთანავე, Hernon [13] აღნიშნავს, რომ ხარისხის შეფასება უნდა აკმაყოფილებდეს იმ ინდივიდების მოთხოვნებს, რომლებიც სარგებლობენ განათლების სისტემით ზოგადად და რომ შეფასების

ერთერთი მიზანი უნდა იყოს საგანმანათლებლო დაწესებულების საქმიანობის გაუმჯობესება. განათლების სისტემაში ხარისხის მართვის გამოყენების უპირატესობები შეიძლება შემდეგნაირად იქნას შეჯამებული [45]:

- ორგანიზაციის ამოცანებისა და პრიორიტეტების სიცხადე;
- სტუდენტთა მაღალი აკადემიური მოსწრება და გარიცხვების დაბალი დონე;
- ეროვნული განათლების სტრატეგიის მოთხოვნებისადმი შესაბამისობის პერსპექტივა;
- სწავლასთან დაკავშირებული ხარჯების ინდექსის უკეთესი მნიშვნელობა;
- უკეთესი საბოლოო პროდუქცია და მომსახურებები;
- კლიენტთა კმაყოფილების მაღალი ინდექსი;
- პერსონალის კეთილდღეობის, კმაყოფილების, მოტივაციისა და შენარჩუნების მაღალი ხარისხი;

### 1.6.2. კვლევის მიზნები.

როგორც უკვე ავღნიშნეთ, ხარისხის მართვას გააჩნია რამოდენიმე განზომილება. ერთერთი მათგანია ორგანიზაციული ღონისძიებების ჩატარება, მათი ეფექტური დანერგვა, რაც მოითხოვს ხარისხის რაოდენობრივ გაზომვასა და შეფასებას. ეს უკანასკნელი გულისხმობს ხარისხის კონტროლის სტატისტიკური მეთოდის გამოყენებას (SQC - Statistical Quality Control), რაც ობიექტურს, მიუკერძოებელსა და გაზომვადს ხდის ხარისხის მართვის პროცესს. თავისი არსით ხარისხის კონტროლის სტატისტიკური მეთოდი უზრუნველყოფს საგანმანათლებლო პროცესის ზემოთ მოყვანილი მახასიათებლების რაოდენობრივ გამოთვლებს.

ხარისხის კონტროლის სტატისტიკური მეთოდის არსებული სახეები ემყარება საკონტროლო რუკების (იხილეთ 1.4) მეთოდოლოგიას. ეჭვგარეშეა ის, რომ საკონტროლო რუკები მეტად ეფექტურია საბოლოო პროდუქტის შეფასების მხრივ (ეს დამტკიცდა მათი ხანგრძლივი გამოყენების შედეგად), სადაც და როდესაც საბოლოო

პროდუქცია არის (ყოველ შემთხვევაში უნდა იყოს) აბსოლუტურად იდენტური.

შესაბამისად, საბოლოოდ პროდუქციის ფარგლებში განსხვავებები შეიძლება იყოს მხოლოდ შემთხვევითი ხასიათისა (უმეტეს შემთხვევებში, როგორც ზემოთ აღინიშნა, შემთხვევითობა მოსდევს ნორმალური განაწილებას) და ისინი შეიძლება გამოთვლილ იქნან ტრადიციული სტატისტიკური მეთოდებით, რასაც საბოლოოდ მიყვართ კონტროლის სქემების მეთოდის გამოყენებასთან.

ცხადია, რომ გამოკვლევის ობიექტი, სტუდენტთა ჯგუფი, წარმოადგენს ინდივიდების ერთიანობას. შესაბამისად, საკონტროლო რუკების მეთოდის არ შეიძლება წარმატებით იქნას გამოყენებული ინდივიდთა სწავლითი შესაძლებლობების შეფასებისთვის: უფრო ჰუმანური, უფრო ინდივიდზე ორიენტირებული მიდგომა უნდა იქნას შემუშავებული. მეტიც, საგანმანათლებლო პროცესთან მიმართებაში არ არის ზუსტად განსაზღვრული, თუ როგორი უნდა იყოს სტანდარტები ზოგადად და როგორ უნდა იქნას შედარებული მიმდინარე პროცესი წინასწარ დადგენილ სტანდარტებთან. აქ ჩდება მკვეთრი განსხვავება სასწავლო და წარმოების პროცესებს შორის, როდესაც სტანდარტები და დაშვებული გადახრები (2 ან 3 სიგმები) განისაზღვრება ტექნოლოგიური და ეკონომიკური მოთხოვნების მეშვეობით. აქედან გამომდინარე, ჩვენ არ მიგვაჩნია ეფექტურ მიდგომად საკონტროლო რუკების ტექნოლოგიის პირდაპირი გამოყენება.

ნათელია ის, რომ ხარისხის კონტროლის სტატისტიკურმა მეთოდმა უნდა შეაფასოს განათლების პროცესის რაოდენობრივი მახასიათებლები როგორცაა სტუდენტთა ნიშნები. ეს ნიშნავს, რომ აღნიშნულმა მეთოდმა უნდა განსაზღვროს შეფასების სტანდარტები, საშუალება მოგვცეს შემუშავებულ იქნას მიმდინარე აქტივობებთან მათი შედარების პროცედურები და დაადგინოს თუ რამდენად სრულდება სტანდარტები.

ჩვენ აგრეთვე უნდა აღნიშნოთ ის, რომ ხარისხის კონტროლის სტატისტიკური მეთოდის გამოყენება შეიძლება განხორციელდეს ორ დონეზე:

1. მთლიანი საგანმანათლებლო დაწესებულების დონეზე, როდესაც კონტროლის კორიზონტი მოიცავს ყველა სახის ფაკულტეტებს, განყოფილებებსა და სასწავლო წლებს. ასეთი სახის კონტროლის შედეგს წარმოადგენს მთლიანი სასწავლო დაწესებულების განათლების დონის შეფასება. 2. სტუდენტთა ცალკეული ჯგუფების დონეზე, როდესაც კონტროლის კომპეტენცია დაყვანილია მხოლოდ ერთ ჯგუფსა ან საგანზე. ეს დონე აგრეთვე ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგანაც იგი საშუალებას იძლევა ხარისხის კონტროლის ერთერთი უმნიშვნელოვანესი ასპექტის განსაზღვრისას: სწავლების პროცესის შემოწმება. ეს უკანასკნელი ცალკეული პროფესორ-მასწავლებლების სწავლების ეფექტურობისა და აგრეთვე მათი შედარებითი ეფექტურობის შეფასების საშუალებას უნდა იძლეოდეს.

ამრიგად, ჩვენ განვსაზღვრეთ მოცემული კვლევის შემდეგი ამოცანები [46]:

1. სხვადასხვა დისციპლინების შეფასებისათვის ერთიანი სკალის შემუშავება.
2. სხვადასხვა დისციპლინების შეფასებების ერთიან სკალაზე გარდასახვის მეთოდის შემუშავება;
3. სტანდარტების დადგენის და მათი საკონტროლო ზღვრების განსაზღვრის მეთოდის შემუშავება;
4. სტანდარტების და არსებული შედეგების შესაბამისობის განსაზღვრის მეთოდის შემუშავება (რამდენად კმაყოფილდება სტანდარტები).
5. საგანმანათლებლო პროცესის ფარგლებში ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის პროცედურებისა, ალგორითმების და შესაბამისი საპროგრამო უზრუნველყოფის შემუშავება.
6. სწავლების ინდივიდუალური და შედარებითი ეფექტურობის კონტროლის მეთოდის შემუშავება.
7. სასწავლო პროცესების ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის შემუშავებული მეთოდების რეალიზაციისათვის შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნა.

თითოეული ამ პრობლემის გადაჭრა მოითხოვს სპეციალურ მეთოდებსა და მიდგომებს. ეს მეთოდებია: გათანაბრება, ფაქტორული ცხრილები, დისპერსიული ანალიზის სპეციალური სისტემები. მომდევნო თავები ეთმობა აღნიშნული საკითხების განხილვასა და მიღებული შედეგების შეფასებას [46,47].

## თავი მეორე. გათანაბრება (Equating)

### 2.1. ტერმინოლოგია

ქვემოთ მოყვანილია ნაშრომში გამოყენებული ძირითადი ტერმინების განმარტებები [48÷57].

**პირველადი ნიშნები (Raw scores):** არა კორექტირებული ნიშნები: სწორი შედეგების რაოდენობა, რეიტინგების ჯამი, მაქსიმალურად შესაძლო ნიშნის პროცენტი, ფორმულით გათვლილი ნიშნები და ასე შემდეგ.

**ტრანსფორმირებული ნიშნები (Scaled scores):** ნიშნები, რომლებიც გამოთვლილია პირველადი ნიშნებიდან; ისინი როგორც წესი შეიცავენ სირთულით გამოწვეულ შესწორებებს და გომოსახებიან განსხვავებულ სკალაზე, რათა არ მოხდეს მათი აღრევა პირველად ნიშნებთან.

**მიზნობრივი ერთობლიობა (Target population):** გამოსაცდელი სტუდენტების ჯგუფი, რომელთათვის ხორციელდება გათანაბრება.

**შეკვეცა (Truncation):** ისეთნაირი ნიშნების სისტემის შემუშავება, რომელიც არ ახდენს დისკრიმინაციას ძალიან მაღალ და ძალიან დაბალ ნიშნებს შორის.

**გათანაბრების შემუშავება (Equating design):** გათანაბრებისათვის მონაცემების შეგროვების გეგმა.

ჩვენ შემოვიტანეთ ახალი კონცეფციები და შესაბამისი ტერმინოლოგია, რომელიც დაკავშირებულია განათლების პროცესების ხარისხის კონტროლის თავისებურებებთან.

ქვემოთ ჩამოთვლილი სამი ტერმინი პირველად შემოტანილია ჩვენს სადისერტაციო ნაშრომში [59,60].

**სანიმუშო განაწილება (Pattern Distribution):** სასურველი ჰიპოთეტიკური გამოცდის ნიშნების ნორმალური ან ლოგისტიკური განაწილებები.

**ნიმუშის დეტერმინანტები (Pattern Determinants).** ოთხი მნიშვნელობა, რომლებიც მოლიანად განსაზღვრავენ სანიმუშო განაწილებას: 1. წარუმატებელი სტუდენტების ნიშნების ზედა ზღვარი; 2. წარჩინებული სტუდენტების ნიშნების ქვედა ზღვარი; 3. წარუმატებელი სტუდენტების პერცენტილური რანგი; 4. წარჩინებული სტუდენტების პერცენტილური რანგი;

**ემპირიული განაწილება (Sample Distribution).** კონკრეტული გამოცდის ნიშნების განაწილება.

როგორც აღინიშნა პირველ თავში, განათლების პროცესების ხარისხის კონტროლის ერთერთი მეთოდი წარმოადგენს გამოცდების ნიშნების სტანდარტიზაციას. სტანდარტიზირებული შედეგები საშუალებას იძლევა შეფასდეს სტუდენტების ცოდნის მიმდინარე დონე არსებულ სტანდარტებთან შედარებით. იმ შემთხვევაში, თუ სტუდენტების რომელიმე ჯგუფის შედეგები არ შეესაბამება აღნიშნულ სტანდარტებს, უნდა ჩატარდეს გარკვეული ღონისძიებები, რომლებიც მიმართული იქნებიან ამ მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად.

## 2.2. მაშტაბირება.

სტანდარტიზაცია იწვევს მაშტაბირების პრობლემას. საქმე იმაშია, რომ როგორც წესი გასანალიზებელი მონაცემები წარმოდგენილი არიან არაეთგვაროვანი ინფორმაციული მასივების სახით. ეს უკანასკნელი განაპირობებს მათი შესაძლო წარმოდგენების განსხვავებულ ფორმებს, ანუ სხვადასხვა მაშტაბირებას ან სკალირებას.

ტრადიციულად მონაცემთა ტიპები იყოფა 4 ჯგუფად, რასაც შესაბამისად მიუყვართ 4 ტიპის სკალაზე [48,49]:

### **ნომინალური მონაცემები (Nominal Data):**

საკლასიფიკაციო მონაცემები, მაგალითად მდედრობითი/მამრობითი;

არ არის მოწესრიგებული, ესე იგი აზრი არა აქვს შემდგენაირ მტკიცებულებებს: მდედრობითი>მამრობითი და ასე შემდეგ;

აღნიშვნების არჩევანი ნებისმიერია, ესე იგი ექვივალენტურია: მდედრობითი/მამრობითი, 0/1, და ასე შემდეგ.

**მოწესრიგებადი მონაცემები (Ordinal Data):**

არის მოწესრიგებული, მაგრამ მნიშვნელობა არა აქვს სხვაობებს;

მაგალითად:

პოლიტიკური პარტიების მოწესრიგება პოლიტიკური სპექტრის მიხედვით: მარცხნიდან მარჯვნივ – 0,1,2,...;

ეგრეთ წოდებული ლაიკერტის სკალა, რომელზეც ხდება დაკმაყოფილების სკალირებაა 1-დან 5 ბალამდე;

რესტორნების რეიტინგი.

**ინტერვალური მონაცემები (Interval Ddata):**

არიან მოწესრიგებულნი, გააჩნიათ მუდმივი სკალა, მაგრამ არა აქვთ ნატურალური ნული:

აზრი აქვს სხვაობებს, მაგრამ არა შეფარდებებს ( $30^{\circ}-20^{\circ}=20^{\circ}-10^{\circ}$ , მაგრამ  $20/10$  არ ნიშნავს, რომ ორჯერ უფრო თბილა);

მაგალითად: ტემპერატურა (C,F), თარიღები.

**შეფარდებითი მონაცემები (Ratio Data):**

არის მოწესრიგებული, ფიქსირებული სკალა, გააჩნიათ ბუნებრივი ნული;

მაგალითად: წონა, სიმაღლე, ასაკი.

მხოლოდ გარკვეული მოქმედებები დასაშვებია ამა თუ იმ მონაცემების ტიპებზე. შემდეგი ჩამონათვალი გვიჩვენებს თუ რა მოქმედებებია დასაშვები ზემოდ ჩამოთვლილ მონაცემების ტიპებისათვის.

**ნომინალური სკალა.** სკალის ეს ტიპი საშუალებას იძლევა დავადგინოთ თუ მოცემული მონაცემი უდრის გარკვეულ მნიშვნელობას, ან დავითვალოთ ფიქსირებული მნიშვნელობის რაოდენობა შერჩევაში. მაგალითად სქესი არის ნომინალური ტიპის მონაცემი და ამ შემთხვევაში შეგვიძლია შევამოწმოთ კონკრეტული პიროვნების სქესის



კუთნილება, ან დავითვალთ მდედრობითი სქესის წარმომადგენელთა რაოდენობა შერჩევაში.

**მოწესრიგებადი სკალა.** ამ ტიპის სკალებზე შესაძლებელია დავადგინოთ მეტობის ან ნაკლებობის შეფარდებები. მაშასადამე, ჩვენ შეგვიძლია მოვახდინოთ მონაცემების მოწესრიგება, მაგრამ არ შეგვიძლია გამოთვალოთ სხვაგვარად მონაცემებს შორის. მაგალითად, შესაძლებელია შეფასდეს, რომ კონკრეტული პოლიტიკური პარტია უფრო მეტარცხენია ვიდრე მეორე, მაგრამ ვერ შეფასდება (ამ სკალის ტიპის ფარგლებში) მათი სხვაობა (მანძილი მათ შორის).

**ინტერვალური სკალა.** ამ შემთხვევაში შესაძლებელია დავითვალოდ სხვაობები, მაგრამ არ არსებობს ბუნებრივი ნული. მაგალითად, ტემპერატურა 25°C 5°C მეტია 20°C, და ამ სხვაობას აქვს გარკვეული ფიზიკური შინაარსი, მაგრამ 0°C არის ადებული ნებისმიერად, რის გამოც შეუძლებელია ვთქვათ, რომ 20°C ორჯერ უფრო თბილია ვიდრე 10°C.

**შეფარდებითი სკალა.** სკალის ეს ტიპი საშუალებას იძლევა დავითვალოთ შეფარდებები მონაცემებს შორის. ბევრი ფიზიკური სიდიდის გაზომვები წარმოადგენენ შებამის მაგალითებს: აზრი აქვს ვთქვათ, რომ 10 მეტრი ორჯერ უფრო მეტია ვიდრე 5 მეტრი. ავლნიშნოთ, რომ ეს შეფარდება ინვარიანტულია გაზომვის ერთეულების შეცვლის მიმართ: იგივე შეფარდების სიდიდეს მივიღებდით, რომ გამოგვეყენებინა მეტრების მაგივრად იარდები. ეს უკანასკნელი შესაძლებელია ბუნებრივი ნულის არსებობის გამო.

სკალირების ტიპების ეს მოკლე მიმოხილვა საშუალებას გვაძლევს დავადგინოთ, რომ გამოცდების შედეგების ნიშნები მიეკუთნება ინტერვალური ტიპის სკალას. ცხადია, აქ არ არსებობს ბუნებრივი ნული, ვინაიდან მოსწავლის ცოდნის სრული არ არსებობის შემთხვევას შეიძლება მივაკუთნოდ ნებისმიერი რიცხვი (ნულის მიკუთნება აუცილებელი არ არის). აქედან გამომდინარე შეფარდებებს არა აქვს აზრი: შეუძლებელია ითქვას, რომ სდუდენტის ცოდნა, რომელსაც აქვს მიღებული ნიშანი 80, ორჯერ მეტია ვიდრე იმ სტუდენტის ცოდნა, რომელსაც აქვს მიღებული 40 ქულა.

ეს დასკვნა მნიშვნელოვანია, ვინაიდან ის გვზღუდავს გამოვიყენოთ სხვა და სხვა ტიპის მათემატიკური ოპერაციები ამ ტიპის მონაცემებზე: დასაშვებია მხოლოდ ადიტიური (შეკრება და გამოკლება) ოპერაციები.

### 2.3. გათანაბრების თეორიული საფუძვლები

გათანაბრება წამოადგენს სტატისტიკურ პროცედურას, რომელიც გამოიყენება სატესტო პროგრამებში, როცა, არსებობს საშიროება იმისა, რომ, მრავალი გამოსაცდელი ჯგუფების (მომზადებული სხვადასხვა მასწავლებლების მიერ) და განსხვავებული ტესტების პირობებში, დაირღვევა ტესტების შეფასების საიმედოობა და ობიექტურობა. უკანასკნელის მისაღწევად ხშირად გამოიყენება ტესტების ალტერნატიული ფორმები, მაგრამ ამ მეთოდს, დადებით თვისებებთან ერთად, გააჩნია უარყოფითი მხარეებიც: მრავალ ფორმებს მოყვევართ ერთი და იგივე გამოცდის (ტესტის) ნიშანთა მრავალი სკალებისაკენ. აღნიშნული ფორმები ხშირად ხასიათდებიან განსხვავებული სირთულით. ამ შემთხვევაში ვერ ხერხდება გამოსაცდელის განსხვავებული შესაძლებლობების დადგენა: განსხვავებული სირთულეები ამახინჯებენ რეალ სურათს [48,49].

გათანაბრების მეთოდი სწორეთაც გამოიყენება აღნიშნული პრობლემების დასაძლევად. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა: 1. გაავითვალისწინოთ განსხვავებული სირთულეების გავლენა გამოსაცდელის შედეგებზე და 2. შევქმნად ნიშანთა შესადარებელი სკალები. ამას მიყვევართ გამოსაცდელის შესაძლებლობების უფრო ზუსტ დადგენისაკენ [48,49].

გათანაბრების მეთოდოლოგია შეიძლება გამოყენებულ იქნას მრავალი კონკრეტული ამოცანების გადასაჭრელად, სხვა და სხვა ტიპის ტესტების შემთხვევებში. ამით იხსნება გათანაბრების მრავალი მეთოდის არსებობა [48÷57].

უნდა აღინიშნოს რომ გათანაბრების მეთოდები კლასიფიცირდებიან იმის მიხედვით, თუ რა ტიპის გამოსაცდელის ჯგუფებისათვის არის განკუთნილნი. განიხილება ამგვარი ჯგუფების ორი ძირითადი ტიპი: ექვივალენტური და არაექვივალენტური ჯგუფები.

### **ექვივალენტური ჯგუფები (Equivalent Groups)**

ჯგუფები ითვლებიან ექვივალენტურად თუ: 1. ეს არის სინანდილეში ერთი ჯგუფი, რომელიც გამოიცდება ტესტების ორი ფორმით ან 2. შემთხვევითად შერჩეული ორი ჯგუფი ერთგვაროვანი გენერალური ერთობლიობიდან. ორივე შემთხვევაში ითვლება, რომ ჯგუფები ხასიათდებიან ერთი და იგივე შესაძლებლობებით, რის გამოც ნებისმიერი განსხვავება გამოცდების შედეგებში შეიძლება აიხსნას მხოლოდ გამოცდის ფორმის სირთულით. თუ გამოცდის ორი ფორმა გამოიყენება ერთდროულად ჯგუფისათვის, ჩნდება დადლის ეფექტის საშიშროება, ამიტომ ცალკეული ჯგუფების ტესტირება იშვიათად გამოიყენება პრაქტიკაში.

მთლიანობაში ითვლება, რომ ექვივალენტური ჯგუფების მეთოდოლოგია ეფექტურია იმ შემთხვევაში, როცა საჭიროა გამოსაცდელების შესაძლებლობების პირდაპირი დადგენა და კონტროლი.

### **არაექვივალენტური ჯგუფები (Nonequivalent Groups)**

არაექვივალენტური ჯგუფების შემთხვევაში ჩნდება ორი სპეციფიკური ამოცანა: მიზნობრივი პოპულაციის შერჩევა უნდა ხდებოდეს გამოსაცდელების ორი განსხვავებული პოპულაციებიდან და ამ ორი განსხვავებული ჯგუფების შესაძლებლობები უნდა იყოს კონტროლის ქვეშ. აღნიშნული ამოცანების გადაწყვეტა შესაძლებელია ეგრეთ წოდებული ფესვური (anchor) ტესტების გამოყენებით; ყველა გამოსაცდელმა პირმა (ორივე ჯგუფიდან) უდა გაიაროს საერთო ტესტები, რომლებიც შეტანილია ორივე ტესტ-ფორმაში. ითვლება, რომ ყველა შესაძლო არა ექვივალენტურობა ამგვარად იქნება გამორიცხული.

ცხადია, რომ ხარისხის კონტროლის თავისებურებებისა და დასმული ამოცანებიდან გამომდინარე არა ექვივალენტური ჯგუფების მეთოდოლოგიის გამოყენება ჩვენს მიერ დასმულ კვლევაში საჭიროებას არ წარმოადგენს. ხარისხის კონტროლის ამოცანები ითხოვენ მხოლოდ ექვივალენტური ჯგუფების მიდგომის გამოყენებას, როგორც ცალკეული გამოსაცდელების ცალკეული ჯგუფების დონეზე (სწავლების კონტროლი), ასევე მთლიან სასწავლებლის დონეზე (მრავალი

ჯგუფების და საგნების შედარებითი ანალიზი), რაც განმარტებულია 1.6.2. –ში.

აქედან გამომდინარე ქვევით მოყვანილია მხოლოდ არაექვივალენტური ჯგუფების გათანაბრების მეთოდების მიმოხილვა.

### 2.3.1. გათანაბრების ტიპები

ჩვენ განვიხილავდ გათანაბრების ძირითად ტიპებს. ექვივალენტური ჯგუფების გათანაბრებს ტიპები შეიძლება დავეოთ ორ ჯგუფად: წრფივი და არაწრფივი (ექვიპროცენტული გათანაბრება, *equivipercentile equating*) [48÷57].

ჩვენ ვუშვებთ შემდეგ მოდელს. გვაქვს ერთი ჯგუფი და მათი ნიშნები განსხვავებულ საგნებში. ნიშნები განიხილება როგორც შემთხვევითი სიდიდე  $X$  (პირველი ჯგუფი) და  $Y$  (მეორე ჯგუფი). მათ გააჩნიათ განაწილების კუმულატიური ფუნქციები  $F(X)$  და  $G(Y)$ . შესაბამისად,  $x_i$  და  $y_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ), სადაც  $n$ -დაკვირვებათა რაოდენობაა (სტუდენტების რაოდენობა), ამ ცვლადების კონკრეტული (შერჩევის) მნიშვნელობებია. გათანაბრების ფუნქცია არის ამ შემთხვევაში ცალსახა გარდასახვა  $F(X)$ -სა  $G(Y)$ -ში. ამ ფუნქცია აქვს სხვადასხვა აღნიშვნა გათანაბრების სხვადასხვა მეთოდის შემთხვევაში.

### 2.3.2. იგივეური გათანაბრება (*Identity equating*)

იგივეური გათანაბრების ფუნქცია  $id(x)$  უბრალოდ იმეორებს პირველად (არატრანსფორმირებულ) ნიშნებს, ეს იგი ტოვებს პირველად ნიშანს უცვლელად

$$id_y(x_i) = x_i . \tag{20}$$

(20) ეყრდონობა დაშვებას, რომ ორივე საგნის ნიშნები ერთმანეთის ტოლფასია. გათანაბრების ეს მეთოდი უფრო მეტად რეკომენდირებულია, ვიდრე სხვა მეთოდები [48,49]. შესაძლებელია მოვახდინოთ იგივეური ფუნქციის კომბინირება სხვა გათანაბრების ფუნქციებთან, რომლებიც ქვემოთ არის აღწერილი [50,51]:

$$s_y(x_i) = (w-1)g_y(x_i) + wid_y(x_i), \tag{21}$$

სადაც  $s_y(x_i)$  გათანაბრების კონკრეტული  $g_y(x_i)$  ფუნქციის და იგივეური გათანაბრების ფუნქციის შეწონილი კომბინაციაა;  
 $w$  –წონაა ( $0 \leq w \leq 1$ ).

**2.3.3. წრფივი გათანაბრება (linear equating) [48÷57].**

წრფივი გათანაბრება განსაზღვრავს წრფივ დამოკიდებულებას X და Y ნიშნებს შორის. ეს დამოკიდებულება განისაზღვრება ორივე სიდიდის განაწილებების საშუალო და სტანდარტულ სიდიდეების მეშვეობით. უფრო ზუსტად, ხდება ორივე შემთხვევითი სიდიდის სტანდარტიზირებული მნიშვნელობების (z-მნიშვნელობების):

$$\frac{x_i - \hat{\mu}(X)}{\hat{\sigma}(X)} = \frac{y_i - \hat{\mu}(Y)}{\hat{\sigma}(Y)}, \tag{22}$$

სადაც  $\hat{\mu}(X)$ ,  $\hat{\mu}(Y)$  - ლოდინის სიდიდეებია, ხოლო  $\hat{\sigma}(X)$ ,  $\hat{\sigma}(Y)$  -  $F_1(X)$  და  $F_2(Y)$  განაწილებების სტანდარტული გადახრებია.

თუ (22) ამოვხსნით  $y_i$  სიდიდის მიმართ, განაწილების ფუნქცია  $l_y(x_i)$  ჩაიწერება წრფის განტოლების ფორმით

$$l_y(x_i) = \frac{\hat{\sigma}(Y)}{\hat{\sigma}(X)} x_i - \frac{\hat{\sigma}(Y)}{\hat{\sigma}(X)} \hat{\mu}(X) + \hat{\mu}(Y). \tag{23}$$

**2.3.4. გათანაბრება საშუალოს მიმართ (Mean equating) [48÷57].**

გათანაბრების ეს ტიპი წარმოადგენს წრფივი გათანაბრების გამარტივებულ შემთხვევას, სადაც კუთხური კოეფიციენტი უდრის ერთს, ანუ გაკეთებულია დაშვება, რომ სტანდარტული გადახრების შეფარდება უდრის ერთს და ამიტომ არ ხდება ამ სიდიდის შეფასება:

$$x_i - \hat{\mu}(X) = y_i - \hat{\mu}(Y),$$

რის შედეგადაც საბოლოო განტოლება, რომელიც გარდასახავს X ნიშნებს Y ნიშნებში დებულობს სახეს

$$m_y(x_i) = x_i - \hat{\mu}(X) + \hat{\mu}(Y). \tag{24}$$

**2.3.5. წრეწირ-რკალური გათანაბრება (Circle-arc equating) [48÷57].**

წრეწირ-რკალური გათანაბრება განსაზღვრავს არაწრფივ დამოკიდებულებას გამოცდების შედეგების სკალებს შორის. ის იყენებს

სამ საყრდენ წერტილს: მოსალოდნელ უმცირეს ნიშნებს ( $x_1; y_1$ ), შუა წერტილს ( $x_2; y_2$ ), რომელიც წარმოადგენს ორივე განაწილების ცენტრებს (ეს იგი - საშუალოებს) და მესამე წერტილს, რომელიც წარმოადგენს მაქსიმალურ შესაძლო ნიშანს ( $x_3; y_3$ ). მხოლოდ შუა წერტილი საჭიროებს შეფასებას, ხოლო დაბლი და მაღალი ნიშნების წყვილები განსაზღვრავენ წრეწირ-რკალური გათანაბრების ფუნქციის წრფივ კომპონენტს

$$\text{lin}_y(x_i) = y_1 + \frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1}(x_i - x_1). \quad (25)$$

ეს წრფივი ფუნქცია ემატება არაწრფივ კომპონენტს, რომელიც წარმოადგენს წრეწირის რკალს

$$\text{arc}_y(x_i) = y_c \pm \sqrt{r^2 - (x_i - x_c)^2}, \quad (26)$$

სადაც ( $x_c; y_c$ ) - წრეწირის ცენტრია;

$r$  - რადიუსი.

ნიშანი (24) -ში დამოკიდებულია წერტილ ( $x_2; y_2$ ) მდებარეობაზე: თუ ის მდებარეობს (25) წრფის ზევით, მაშინ ნიშანი დადებითია, ხოლო თუ ქვევით - უარყოფითია.

გათანაბრების ფუნქცია  $c_Y(x_i)$  წარმოიდგინება როგორც ამ ორი ფუნქციის ჯამი:

$$c_Y(x_i) = \text{lin}_y(x_i) + \text{arc}_y(x_i) \quad (27)$$

ამ პროცესის დეტალური აღწერა წარმოდგენილია [48, 55] ნაშრომებში.

### 2.3.6. ეკვიპროცენტილური გათანაბრება (Equipercntile equating)

[48÷57].

დავუშვათ, რომ  $e_Y(x)$  არის სიმეტრიული გამათანაბრებელი ფუნქცია, რომელიც გარდასახავს  $X$  საგნების ნიშნებს ( $X$  შემთხვევითი სიდიდის მნიშვნელობებს)  $Y$  საგნის ( $Y$  შემთხვევითი სიდიდის მნიშვნელობებს) ნიშნებში და  $G^*$  არის  $e_Y(x)$  ფუნქციის კუმულატიური განაწილება. ფუნქცია  $e_Y(x)$  არის ეკვიპროცენტილური გამათანაბრებელი ფუნქცია ანუ e.q.f., თუ

$$G^* = G. \quad (28)$$

სხვაგვარად, ფუნქცია  $e_Y(x)$  არის e.q.f., თუ  $X$  ნიშნების კუმულატივი განაწილება ისეთნაირად გარდაიქმნება  $e_Y(x)$  ფუნქციის მეშვეობით  $Y$  ნიშნებში, რომ ის გახდება ტოლი  $Y$  ნიშნების განაწილებისა.

e.q.f. შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით

$$e_Y(x) = G^{-1}(F(x)), \quad (29)$$

სადაც  $G^{-1}$  არის  $G$  განაწილების შებრუნებული ფუნქცია.

სიმეტრიულობის თვისებიდან გამომდინარე

$$e_X(y) = F^{-1}(G(y)). \quad (29')$$

ჩვენ განვიხილეთ გათანაბრების პროცედურის ექვსი ტიპი. მათ შორის ყველაზე ფართოდ გამოიყენება ექვიპროცენტული გათანაბრება, არსებითად მისი არაწრფივი ხასიათის გამო.

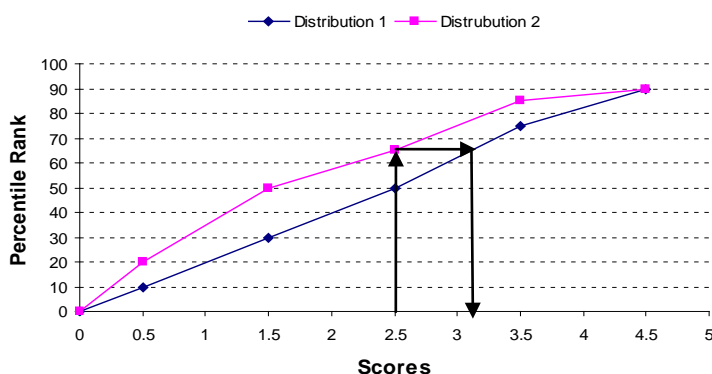
#### 2.4. ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდი (Equiscore Equating method)

##### 2.4.1. ექვინიშნიანი გათანაბრების არსი

პირველი თავის ბოლოში ჩვენ ჩამოვაცალიბეთ სასწავლო პროცესების რიცხოვრივი შეფასების ახალი მიდგომა [59,60]. გავიმეორებთ, რომ ეს მიდგომა ითვალისწინებს ორ მთავარ ეტაპს: 1. სტუდენტთა ნიშნებისათვის ერთიანი სკალის შემუშავებას და 2. ხარისხის სტანდარტების შემუშავებას. მოცემულ თავში ჩვენ განვიხილავთ პირველ ეტაპს. ცხადია, რომ მისი რეალიზაციისათვის აუცილებელია გათანაბრების მეთოდოლოგიის გამოყენება. უკანასკნელი ითხოვს ნიშნების სანიმუშო განაწილების შემუშავებას, რომელიც წარმოადგენს ხარისხის სტანდარტს, და შემდეგ კონკრეტული გამოცდების (ტესტების) სისშირული მაჩვენებლების შედარებას სანიმუშო განაწილების შესაბამის მაჩვენებლებთან. უკანასკნელი ნიშნავს, რომ უნდა მოხდეს კონკრეტული გამოცდის შედეგების გარდასახვა სანიმუშოში. სანიმუშო განაწილების შემუშავების ამოცანას ჩვენ განვიხილავთ შემდეგ პარაგრაფში, ხოლო ეხლა განვიხილავთ ახალ ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდს [59,60].

ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდის შემოღების აუცილებლობა აიხსნება იმით, რომ, დასმული ამოცანისათვის (ემპირიული განაწილებების გარდასახვა სანიმუშოში) არსებული გათანაბრების მეთოდების, კერძოდ ექვიპროცენტული მეთოდის, გამოყენება არის შეუძლებელი. ამ მიზეზის გამოსარკვევად განვიხილოთ ექვიპროცენტული მეთოდის ტექნიკა.

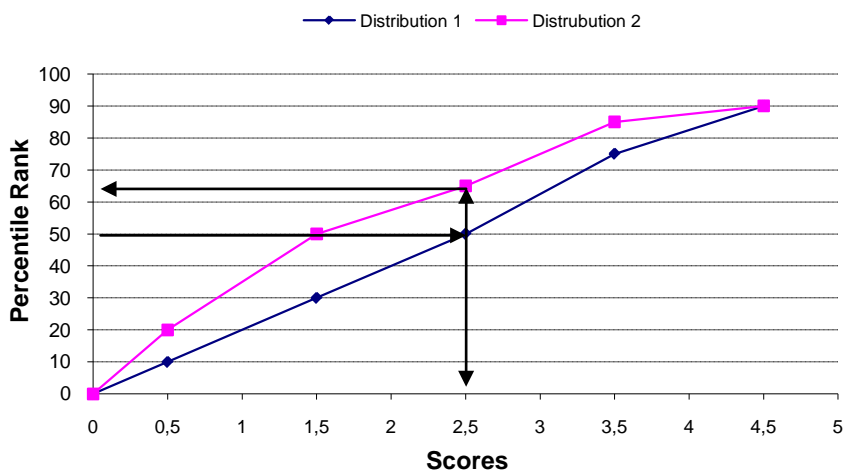
მეთოდის არსი წარმოდგენილია ნახ. 4-ზე.



ნახ.4 ექვიპროცენტილური გათანაბრების გრაფიკული ილუსტრაცია[48].

ნახ.4-დან სჩანს, რომ ექვიპროცენტილური მეთოდი განსაზღვრავს ნიშანთა (პროცენტილებს) სხვაობებს სხვადასხვა განაწილებებში ფიქსირებული პროცენტილური რანგისათვის (ემპირიული განაწილების სისშირისათვის). მაგალითად, პირველი განაწილების პროცენტილური რანგი 66 შეესაბამება 3.1 პროცენტულს, ხოლო მეორე განაწილებაში – 2.5. ეს ნიშნავს იმას, რომ გამოცდა, რომელიც განისაზღვრება პირველი განაწილებით, უფრო ადვილია, ვიდრე მეორე განაწილების შესაბამისი გამოცდა.

გათანაბრების მეთოდოლოგიის გამოყენება სხვადასხვა ტესტების ემპირიული აღბათობების (სისშირული მაჩვენებლების) სანიმუშო განაწილების მაჩვენებლებთან შედარებისათვის ითხოვს, გარკვეული თვალსაზრისით, შებრუნებულ მიდგომას. ჩვენ დავარქვით ამ მიდგომას ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდი, რომლის არსი ნაჩვენებია ნახ. 5. პირველი განაწილების 50% პროცენტილური რანგი გარდაისახება მეორე განაწილების 65% პროცენტილურ რანგში 2.5-ს ტოლი ნიშნის მეშვეობით. ავლნიშნოთ, რომ ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდი არის ხარისხის კონტროლის ამოცანების ბუნებრივი შედეგი[59,60].





ნახ. 5 ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდის გრაფიკული  
ილუსტრაცია [59]

შემდგომში ჩვენ ვიყენებთ შემდეგ აღნიშვნებს.  $G_p$  აღნიშნავს სანიმუშო შემთხვევით სიდიდეს,  $g_p$  – მის კონკრეტულ მნიშვნელობას,  $F_p(G_p)$  – სანიმუშო კუმულატიურ განაწილებას,  $G_s$  – კონკრეტული საგნის ნიშნების შემთხვევით სიდიდეს,  $g_s$  – მის კონკრეტულ მნიშვნელობას,  $F_s(G_s)$  –  $G_s$ -ს კუმულატიური განაწილება და  $e_s^{F_p(x)}(g)$ - ექვინიშნიანი ფუნქციაა, რომელიც გარდასახავს  $F_s(G_s)$  განაწილების  $F_s(g_s)$  პროცენტულ რანგს  $F_p(G_p)$  განაწილების  $F_p(g_p)$  პროცენტულ რანგში. ანალიტიკურად ეს ფუნქცია შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგნაირად

$$e_s^{F_p(x)}(g_s) = F_p(F_s(g_s)). \quad (30)$$

#### 2.4.2. სანიმუშო განაწილების შემუშავება

ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდის გამოყენება ითხოვს სანიმუშო განაწილების შემუშავებას. ამ მიზნით ჩვენ მივიღეთ ტრადიციული დაშვება, რომ გამოცდების ნიშნების შემთხვევითი სიდიდე ექვემდებარება ნორმალურ განაწილებას [48,49]. რადგანაც კუმულატიური ნორმალური განაწილება არ შეიძლება წარმოდგენილ იქნას ანალიტიკური სახით, ჩვენ გამოვიყენეთ ლოგოსტური კუმულატიური განაწილება, როგორც ნორმალური განაწილების საუკეთესო მიახლოება [61,62]

$$F(g, \mu, \beta) = \frac{1}{1 + e^{-\gamma(g-\mu)/\beta}}, \quad (31)$$

სადაც  $\mu$  არის საშუალო,  $\beta$  სტანდარტული გადახრის პროპორციული პარამეტრია  $\beta^2 = 3\sigma^2 / \pi^2$ , სადაც  $\sigma$ - სტანდარტული გადახრაა;

$\gamma$  – აპროქსიმაციის პარამეტრია<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> ცნობილია, რომ  $\gamma=1.701$  მნიშვნელობა უზრუნველყოფს ნორმალური განაწილების ლოგოსტური განაწილებით საუკეთესო აპროქსიმაციას [61,63].

ადვილად მიიღება (31)-ს შებრუნებული ფუნქცია

$$g = F^{-1}(g, \mu, \beta) = \mu - \frac{\beta}{\gamma} \ln\left(\frac{1-F}{F}\right). \quad (32)$$

იმისათვის, რომ მთლიანად განისაზღვროს სანიმუშო განაწილება (ამ შემთხვევაში ლოგისტიკური) საკმარისია დავაფიქსიროთ ნებისმიერი ორი პროცენტული და მათი რანგები. დავარქვათ ამ სიდიდეებს საკონტროლო პარამეტრები. პედაგოგიური თვალსაზრისით უპრიანი იქნებოდა, რომ საკონტროლო პარამეტრების როლში აგველო წარუმატებელი და წარჩინებული მოსწავლეების პროპორციები. ეს ნიშნავს, რომ საგამოცდო ნიშნების მთელი დიაპაზონი იყოფა სამ ნაწილად: 1. "ცუდი" სტუდენტების ნაწილი, რომლებმაც მიიღეს გამსვლელ ქულაზე ნაკლები; 2. "საშუალო" სტუდენტების ნაწილი, რომელთა ნიშნები მეტია გამსვლელ და ნაკლებია ფრიად ნიშნებზე; 3. "კარგი" სტუდენტები, რომელთა ნიშნები მოთავსებულია ფრიად დიაპაზონში. უნდა აღინიშნოს, რომ დაშვება, რომ გამოცდის შედეგების ამსახველი ნიშნების შემთხვევითი სიდიდე ექვემდებარება ნორმალურ განაწილებას, არაცხადად ეფუძნება მსგავს დაყოფას, ვინაიდან ნორმალური განაწილება ხასიათდება ასეთნაირი ინტერვალების არსებობით: მარჯვენა და მარცხენა "კუდები" შედარებით დაბალი სიხშირეებით და მაღალი სიხშირეების მრავალრიცხოვანი შუა ინტერვალი. პედაგოგიური პრაქტიკა უჩვენებს, რომ ასეთი დაყოფა კორექტულად ასახავს მოსწავლეების შესაძლებლობების განაწილებას. ამასთან დაკავშირებით, ბუნებრივად ჩნდება კითხვა, თუ როგორ განვსაზღვროთ საკონტროლო პარამეტრები, სამწუხაროდ ცალსახა პასუხი არ არსებობს: ყველა შემთხვევაში საკონტროლო პარამეტრების კონკრეტული სიდიდეები უნდა შეირჩეს კონკრეტული სასწავლო დაწესებულებების თავისებურებიდან გამომდინარე.

ავღნიშნოთ მარცხენა "კუდის" ზედა ზღვარი  $g_p^l$  და მარჯვენა "კუდის" ქვედა ზღვარი  $g_p^u$ . მათი პროცენტული რანგები აღინიშნება შესაბამისად  $F_p^l(g_p^l)$  და  $F_p^u(g_p^u)$ . კიდევ ერთხელ ავღნიშნავთ, რომ ეს სიდიდეები განისაზღვრება სასწავლო დაწესებულების ხარისხის მართვის სამსახურით, ან სხვა ადმინისტრაციული დანაყოფით. ეს ოთხი სიდიდე

და ლოგისტიკური განაწილების შებრუნებული ფუნქცია (32) უმაღლეს გვაძლევს საშუალებას განვსაზღვროთ ორი წრფივი განტოლება სანიმუშო განაწილების პარამეტრების  $\mu_p$  და  $\beta_p$  მიმართ

$$g_p^u = \mu_p - \frac{\beta_p}{\gamma} \ln \left( \frac{1 - F_p^u(g_p^u)}{F_p^u(g_p^u)} \right) \quad (33)$$

$$g_p^l = \mu_p - \frac{\beta_p}{\gamma} \ln \left( \frac{1 - F_p^l(g_p^l)}{F_p^l(g_p^l)} \right), \quad (33')$$

რომლებიც ადვილად იხსნება

$$\beta_p = \gamma \frac{(g_p^u - g_p^l)}{\ln \left( \frac{F_p^u(g_p^u) (1 - F_p^l(g_p^l))}{F_p^l(g_p^l) (1 - F_p^u(g_p^u))} \right)} \quad (34)$$

$$\mu_p = g_p^u + \frac{\beta_p}{\gamma} \ln \left( \frac{1 - F_p^u(g_p^u)}{F_p^u(g_p^u)} \right). \quad (35)$$

(34) და (35) მთლიანად განსაზღვრავენ ლოგისტიკურ განაწილებას და ამიტომ საშუალებას იძლევიან ადვილად განისაზღვროს სასურველი სანიმუშო განაწილება: ამისათვის საკმარისია, როგორც უკვე ავღნიშნეთ, წინასწარ განვსაზღვროთ საკონტროლო პარამეტრები  $g_p^l$ ,  $F_p^l(g_p^l)$ ,  $g_p^u$  და  $F_p^u(g_p^u)$ , და შემდეგ გამოვიყენოთ (34) და (35).

### 2.4.3. ექვინიშნიანი ფუნქცია [59]

სანიმუშო განაწილებას, რომელიც განვიხილეთ წინა პარაგრაფში, აქვს თეორიული ხასიათი. ამისაგან განსხვავებით, კონკრეტული გამოცდის ნიშნების განაწილებას გააჩნია ემპირიული ხასიათი, რადგანაც ის წარმოადგენს დაკვირვებებიდან მიღებული სისშირეების სასრულ სიმრავლეს. (30)-დან ჩანს, რომ იმისათვის, რომ გამოვიყენოთ ექვინიშნიანი ფუნქციის ანალიტიკური ფორმა, საჭიროა ყოველი  $g_s$  ნიშნისათვის (ყოველი პროცენტისათვის) გამოვითვალოდ შესაბამისი პროცენტული რანგი  $F_s(g_s)$ . ეს შეიძლება გაკეთდეს ორი გზით: 1. ექსპერიმენტალური მონაცემებიდან პირდაპირი შეფასებით და 2. ექსპერიმენტალური მონაცემების საფუძველზე ლოგისტიკური

განაწილების პარამეტრების შეფასებით. ქვემოთ ჩვენ განვიხილავთ ორივე მიდგომას.

### 2.4.3.1. პროცენტილების და პროცენტილური რანგების პირდაპირი შეფასება [63]

ამ პარაგრაფში ჩვენ მოკლედ ვაჩვენებთ, თუ როგორ უნდა გამოითვალოს პროცენტილები და პროცენტილური რანგები პირდაპირ ემპირიული (შერჩევითი) განაწილებიდან, როცა არა გვაქვს განაწილების ცხადი სახე (ნორმალური, ლოგისტიკური და ასე შემდეგ). ქვემოთ მოყვანილი მოსაზრებები ეფუძნება ტრადიციულ სტატისტიკურ მეთოდოლოგიას: შერჩევითი მონაცემები წარმოდგენილია დაჯგუფებულ სისშირულ ინტერვალებად.

**პროცენტილი** არის მოცემული შემთხვევითი სიდიდის ის მნიშვნელობა, რომლის ქვევით გვხდება მთელი მონაცემების  $p$  პროცენტი (პროცენტილური რანგი). ის შეიძლება გამოითვალოს შემდეგ ნაირად

$$g = L + \left[ \frac{(P - cf)}{f} (U - L) \right], \quad (36)$$

სადა  $g$  - პროცენტილია (ნიშანი);

$n$  - მონაცემების (ნიშნების, ანუ გამოსაცდელების) რაოდენობა შერჩევაში;

$P = (p / 100) (n)$  - პროცენტილური რანგი, გამოსატული როგორც პოზიცია შერჩევის  $n$  მნიშვნელობებს შორის;

$p$  - პროცენტილური რანგი, გამოსატული პროცენტების მეშვეობით;

$L_n$  - კრიტიკული ინტერვალის ნომინალური ქვედა ზღვარი;

$U_n$  - კრიტიკული ინტერვალის ნომინალური ზედა ზღვარი;

$cf$  - კრიტიკული ინტერვალის ქვევით მყოფი ყველა სისშირის კუმულატიური სისშირე;

$f$  - კრიტიკული ინტერვალის სისშირე.

$(L_n; U_n)$  ინტერვალს ეწოდება კრიტიკული, რადგან მასში ხვდება გამოსათვლელი პროცენტილი. პროცენტილი არის ის მნიშვნელობა, რომელიც ემთხვევა კრიტიკული ინტერვალის ზედა, ან ქვედა

ბოლოებს, ან თავსდება მათ შორის. აქტუალური კრიტიკული ინტერვალი არის ის ინტერვალი, სადაც ხვდება P პროცენტილი. აქტუალური ინტერვალის ზედა და ქვედა ბოლოები უნდა ავოლოთ  $L=L_n - 0.5$  და  $U=U_n+0.5$  ტოლი, ესეგი აქტუალური ინტერვალის სიგრძე იზრდება 1 ერთეულით. L და U ეს მნიშვნელობები უნდა იქნას გამოყენებული (36) -ში.

ნიშნის პროცენტილური რანგი არის იმ ნიშანთა პროცენტი შერჩევით განაწილებაში, რომლებისც ტოლია ან ნაკლებია ამ სიდიდეზე.

ცხადია, რომ პროცენტილური რანგის გამოთვლა არის პროცენტილის გამოთვლის შებრუნებული ამოცანა. ზევით მოყვანილი განტოლებიდან შეიძლება პირდაპირ გამოისახოს P (პროცენტილური რანგი სიხშირის ერთეულებში) როგორც ფუნქცია g (პროცენტილის)

$$P = cf + \frac{(g - L)}{(U - L)} f \quad (37)$$

ან პროცენტებში

$$p = n \left[ cf + \frac{(g - L)}{(U - L)} f \right] / 100. \quad (37')$$

და ბოლოს შევნიშნოთ, რომ ჩვენს აღნიშვნებში  $p=F_s(g_s)$ , სადაც  $g_s$ - კონკრეტული ნიშანია, ანუ პროცენტილი. (36) საშუალო სიდიდე შეიძლება გამოითვალოს როგორც 50% პროცენტილი. აგრეთვე სტანდარტული გადახრა შეიძლება შეფასდეს როგორც

$$\sigma = R/3,$$

$$\text{სადაც } R = g_{\max} - g_{\min}.$$

უკანსკნელი საშუალებას გვაძლევს ჩავწეროთ ბეტა პარამეტრი შემდეგი სახით<sup>2</sup>

$$\beta = \frac{R}{\pi\sqrt{3}}. \quad (38)$$

---

<sup>2</sup>ლოგისტიკური განაწილების სტანდარტული გადახრა  $\sigma$  უკავშირდება პარამეტრ  $\beta$  შემდეგი გამოსახულებით  $\sigma = \beta\pi / (\sqrt{3})$ , აპროკსიმაციის პარამეტრის გათვალისწინებით  $\sigma = \beta\pi / (\sqrt{3}\gamma)$ .

### 2.4.3.2. შერჩევითი განაწილების პარამეტრების შეფასება (გაგლუვება)

პროცენტების და პროცენტული რანგების შეფასების მეორე გზა მდგომარეობს იმაში, რომ შერჩევითი მონაცემების ბაზაზე უნდა მოხდეს ლოგისტიკური განაწილების პარამეტრების იდენტიფიკაცია. ამგვარად, ეხლა განვიხილავთ ლოგისტიკური განაწილების იდენტიფიკაციის ამოცანას [64÷67].

არსებობს აღნიშნული ამოცანის ამოხსნის რამოდენიმე მეთოდი. ერთერთი ყველაზე გავრცელებული არის დასაჯერობის მაქსიმუმის პრინციპზე დაფუძნებული მეთოდი. ჩვენ არ განვიხილავთ ამ კარგად ცნობილ მეთოდს, მხოლოდ ავღნიშვნავთ, რომ სტატისტიკური მიმართულების მრავალ სისტემებში (Math Lab, SPSS, SAS etc) არსებობს შესაბამისი ფუნქციები, მაგალითად ფუნქცია *dfittool* Math Lab-ში [64,67]. აღნიშნული ფუნქციები ხასიათდებიან გარკვეული სპეციფიკით, ამიტომ ჩვენ გამოვიყენებთ უფრო მარტივი და მოსახერხებელი მეთოდი, რომელიც ეფუძნება რეგრესიულ ანალიზს.

დავუშვათ, რომ გვაქვს  $g_i$  ( $i=1, \dots, n$ ) ნიშნების მასივი, სადაც  $n$  – დაკვირვებათა რაოდენობაა, რომელიც ექვემდებარება ლოგისტიკურ (ნორმალურ) განაწილებას. დავუშვათ აგრეთვე, რომ აგებულია სისშირული ინტერვალები და  $g_i$  ( $i=1, \dots, m$ )– ამ ინტერვალების ცენტრებია, სადაც  $m$ - ინტერვალების რაოდენობაა ( $m < n$ ), ხოლო  $F_i$  - შესაბამისი სისშირეებია<sup>3</sup>, მაშინ  $g_i$  და  $F_i$  უნდა ( $i=1, \dots, m$ ) აკმაყოფილებდნენ წრფივ განტოლებათა სისტემას (ის ადვილად მიიღება (31) დან)

$$-\gamma(g_i - \mu) / \beta = \ln\left(\frac{1}{F_i} - 1\right) \quad (i=1, \dots, m)$$

ანუ

$$\frac{\gamma\mu}{\beta} - \frac{\gamma}{\beta} g_i = \ln\left(\frac{1}{F_i} - 1\right) \quad (i=1, \dots, m) \tag{39}$$

<sup>3</sup> ჩვენ აქ მიყვებით ტრადიციულ ჰისტოგრამების აგების ტექნიკას.

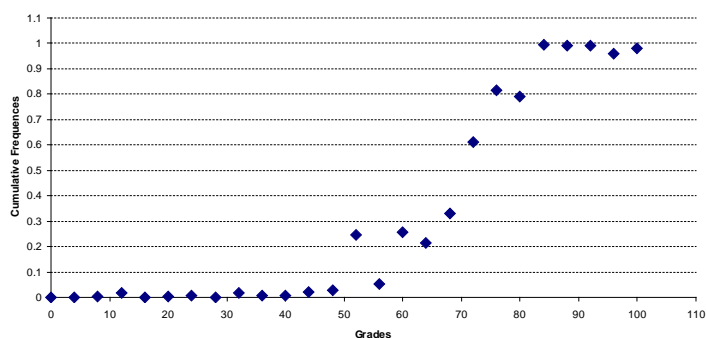
$\frac{\gamma\mu}{\beta}$  and  $\frac{\gamma}{\beta}$  ( $\gamma=1.701$ ) უცნობი პარამეტრების მიმართ. ისინი შეიძლება შეფასდეს უმცირესი კვადრატების მეთოდით, რეგრესიული განტოლების შემდგომი დისპერსიული ანალიზით (ANOVA), რაც საშუალებას მოგვცემს შევაფასოთ გამოთვლილი პარამეტრების ადექვატურობა. ქვემოთ, ცხრილ 2 მოყვანილია ამ მიდგომის საილუსტრაციო მაგალითი

ცხრილი 2

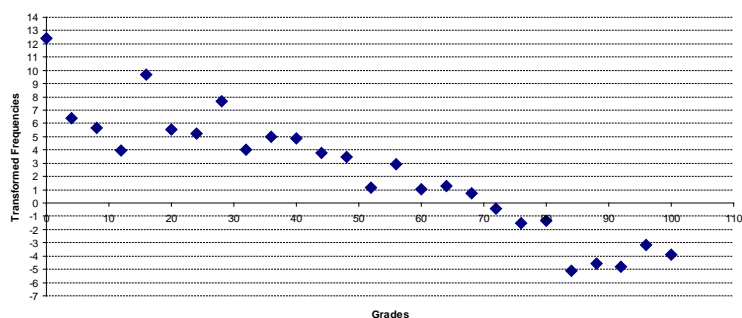
ნიშნების მომზადება შერჩევითი განაწილების პარამეტრების შეფასებისათვის

ნომერი	ნიშანი	კუმულატიური სისშირე	შეფარდებითი კუმულატიური სისშირეები	ტრანსფორმირებული შეფარდებითი კუმულატიური სისშირეები ((39) მარჯვენა მხარეები)
1	2	3	4	5
1	0	0	4.05E-06	12.42
2	4	0	7.99E-06	6.39
3	8	0	1.58E-05	5.63
4	12	2	3.12E-05	3.94
5	16	0	6.15E-05	9.70
6	20	0	1.22E-04	5.51
7	24	1	2.40E-04	5.22
8	28	0	4.74E-04	7.65
9	32	2	9.35E-04	4.05
10	36	1	1.84E-03	4.98
11	40	1	3.64E-03	4.86
12	44	2	7.15E-03	3.76
13	48	3	1.40E-02	3.49
14	52	24	2.73E-02	1.13
15	56	5	5.26E-02	2.89
16	60	26	9.87E-02	1.06
17	64	21	1.78E-01	1.31
18	68	33	2.99E-01	0.70
19	72	61	4.58E-01	-0.45
20	76	82	6.25E-01	-1.49
21	80	79	7.67E-01	-1.34
22	84	99	8.67E-01	-5.14
23	88	99	9.28E-01	-4.60
24	92	99	9.62E-01	-4.83
25	96	96	9.80E-01	-3.18
26	100	98	9.90E-01	-3.89

ავლნიშნოთ, რომ ჩვენ მოვახდინეთ ამ მონაცემების გენერაცია ნორმალური კუმულატიური განაწილების ფუნქციით, რომლის პარამეტრები იყო  $\mu = 73$  ;  $\sigma = 18$  და თანაბრად განაწილებული შემთხვევითი სიდიდეების ჯამის მეშვეობით. ნახ. 6 ნაჩვენებია ამ მონაცემების კუმულატიური ფუნქცია (სვეტი 4, ცხრილი 2). ნახ. 7 ნაჩვენებია ამ მონაცემების ტრანსფორმირებული მნიშვნელობები.



ნახ. 6 შეფარდებითი კუმულატიური სიხშირეების შერჩევითი განაწილება.



ნახ. 7 ტრანსფორმირებული კუმულატიური მნიშვნელობები.

ცხადია, რომ შესაძლებელია ნახ.7 მოცემული წერტილთა სიმრავლის აპროქსიმაცია (39) წრფით. კუთხური კოეფიციენტის და თავისუფალი წევრის შეფასება უნდა განხორციელდეს რეგრესიული ანალიზის მეშვეობით, რომლის შედეგები ნაჩვენებია ცხრილ 3, ხოლო დისპერსიული ანალიზის (ANOVA-ს) ცხრილ 4.



ცხრილი 3

ტრანსფორმირებული მონაცემების რეგრესიული ანალიზის შედეგები			
1	2	3	4
	კოეფიციენტები	სტანდარტული ცთომილება	t - სტატისტიკა
თავისუფალი წევრი	7.27	0.57	12.66
კუთხური კოეფიციენტი	-0.11	0.01	-11.28

ცხრილი 4

რეგრესიული განტოლების დისპერსიული ანალიზი					
1	2	3	4	5	6
	df	SS	MS	F-კრიტერიუმი	F-მნიშვნელობა
რეგრესია	1	288.96	288.96	127.34	4.41 $10^{-11}$
ნაშთები	24	54.46	2.27		
მთლიანი	25	343.42			

ესლა შესაძლებელია ლოგისტიკური განაწილების პარამეტრების შეფასება

$$\frac{\gamma\mu}{\beta} = 7.27 \text{ and } -\frac{\gamma}{\beta} = -0.11 \text{ ((39)-ის მარცხენა მხარე).}$$

აქედან  $\mu = 65.42$  და  $\beta = 15.32$ , ანუ  $\sigma = 16.5$ . შეფასებული პარამეტრების ადეკვატურობა შეიძლება დადასტურდეს t-სტატისტიკის (სვეტი 4 ცხრილი 3) და F-კრიტერიუმის (სვეტი 5 ცხრილი 4) მაღალი მნიშვნელობებით. ეს მეტყველებს იმაზე, რომ ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ სარწმუნოთ საშუალო  $\eta$  და  $\beta$  სამაშტაბო ფაქტორის მნიშვნელობები.

შევადართ ეს შედეგები ანალოგიურ შედეგებს, რომლებიც მიღებულია MatLab-ის *dffitool* ფუნქციის მეშვეობით.

განაწილება: ლოგისტიკური;

საშუალო: 84.1619;

ბეტა: 7.45028 ანუ  $\sigma = 7.9$ .

ინტერეს მოკლებული არ არის შევადართ მიღებული შედეგები შეფასებებთან, რომლებიც მიღებულია პირდაპირ ნორმალური განაწილების ფუნქციით მიახლოების საფუძველზე. აქ ისევ გამოყენებულია *dffitool* ფუნქცია.

განაწილება: ნორმალური;

საშუალო: 82.964;

ბეტა: 13.5197.

ჩანს, რომ სამივე განხილულ შემთხვევაში მიღებული შეფასებები დაახლოებით ტოლია, მაგრამ მეთოდი, რომელიც ეყრდნობა გარდაქმნილი მონაცემების რეგრესიულ ანალიზს, იძლევა ჭეშმარიტი პარამეტრების ( $\mu = 73$  ;  $\sigma = 18$ ) უკეთეს მიახლოებას .

ამ პარაგრაფის შედეგები საშუალებას იძლევა შევავასოთ საჭირო პროცენტული რანგები ორი განსხვავებული მეთოდით: 2.4.3.1 პარაგრაფიდან გამომდინარე, პირდაპირ შერჩევიდან, (37') მეშვეობით, ან, ალტერნატიულად, რეგრესიული განოტოლების შეფასების საფუძველზე და შემდეგ (პარაგრაფი - 2.4.2) (31) გამოყენებით. პირველი მიდგომა გამოყენებული უნდა იქნას იმ შემთხვევაში, როცა შეუძლებელია მივიღოთ ადეკვატური შეფასებები მეორე მეთოდით.

### 2.4.3.3. ექვინიზნიანი ფუნქციის ანალიტიკური გამოსახულება [59,60]

ეხლა შესაძლებელია დაიწეროს ანალიტიკური გამოსახულებები ორივე (სანიმუშო და შერჩევის) ლოგისტიკური განაწილებებისათვის:

1. სანიმუშო განაწილება

$$F_p(g, \mu_p, \beta_p) = \frac{1}{1 + e^{-\gamma(g - \mu_p)/\beta_p}} \quad (40)$$

და მისი შებრუნებული

$$g = \mu_p - \frac{\beta_p}{\gamma} \ln \left( \frac{1 - F_p}{F_p} \right). \quad (41)$$

2. გაგლუვებული შერჩევითი განაწილება

$$F_s(g, \mu_s, \beta_s) = \frac{1}{1 + e^{-\gamma(g - \mu_s)/\beta_s}} \quad (42)$$

და მისი შებრუნებული

$$g = \mu_s - \frac{\beta_s}{\gamma} \ln \left( \frac{1 - F_s}{F_s} \right). \quad (43)$$

თუ ჩავსვამთ (43)-ს (40)-ში და შევასრულებთ ადვილ ალგებრულ გარდაქმნებს, მივიღებთ ექვინიზნიანი (30) ფუნქციის ანალიტიკურ სახეს

$$e_s^{F_p(x)}(g) = \frac{e^{\gamma\left(\frac{\mu_s - \mu_p}{\beta_p}\right)}}{e^{\gamma\left(\frac{\mu_s - \mu_p}{\beta_p}\right)} + \left(\frac{1 - F_s(g)}{F_s(g)}\right)^{\frac{\beta_s}{\beta_p}}}. \quad (44)$$

ადვილია დავინახოთ, რომ როცა  $\mu_p = \mu_s$  და  $\beta_p = \beta_s$ , ესე იგი როცა სანიმუშო და შერჩევის განაწილებები ერთხვევა ერთმანეთს, მაშინ  $e_s^{F_p(x)}(g) = F_p(g)$ . ეს ნიშნავს, რომ ამ შემთხვევაში ექვინიშნიანი ფუნქცია წარმოადგენს იგივეურ გარდასახვას.

შევნიშნოთ აგრეთვე, რომ, რადგანაც პარამეტრები  $\mu_p$  და  $\beta_p$  არიან დამოკიდებულინი საკონტროლო პარამეტრებზე  $g_p^1$ ,  $g_p^u$ , და  $F_p''(g_p^u)$ , ექვინიშნიანი ფუნქციის მნიშვნელობები აგრეთვე დამოკიდებულია ამ სიდიდეებზე, რაც ნიშნავს იმას, რომ გათანაბრების პროცესი შეიძლება გაკონტროლდეს სანიმუშო განაწილების შესაბამისი შერჩევით. და ბოლს, ავღნიშნოთ, რომ თუ  $F_s(g) = 0.5$  მაშინ (44) დაიყვანება შემდეგ სახეზე

$$e_s^{F_p(x)}(g) = \frac{1}{1 + e^{-\gamma\left(\frac{\mu_s - \mu_p}{\beta_p}\right)}}, \quad (45)$$

ანუ ამ შემთხვევაში ექვინიშნიანი ფუნქცია არის უბრალოდ სანიმუშო ლოგისტიკური განაწილების მნიშვნელობა  $q = \mu_s$  წერტილში.

#### 2.4.4. რიცხობრივი მაგალითი

ამ პარაგრაფში ჩვენ წარმოვადგენთ თეორიული შედეგების რიცხობრივ ილუსტრაციას.

აღებულია ნიშნების 100 ბალიანი სკალა. პერველ რიგში უნდა განისაზღვროს სანიმუშო განაწილება: დავუშვათ, რომ შემდეგი საკონტროლო პარამეტრებია შერჩეული:  $g_p^1 = 50$ ,  $g_p^u = 90$ ,  $F_p'(g_p^1) = 0.15$  და  $F_p''(g_p^u) = 0.9$ . ეს იმას ნიშნავს, რომ ჩვენ ვითხოვთ, რომ სტუდენტების 15% სასურველია იყოს წარუმატებელი, ხოლო 10%-ს სასურველია ჰქონდეს 90 და მეტი. მაშასადამე, სტუდენტების 75% ნიშნები მოთავსებულია სეგმენტში [51;89]. ცხადია, რომ საკონტროლო

პარამეტრების სიდიდეები შეიძლება შეირჩეს ნებისმიერად, შესაბამისი სამსახურების მოთხოვნებიდან გამომდინარე.

(34) და (35) გამოყენება იძლევა სანიმუშო განაწილების პარამეტრების შემდეგ მნიშვნელობებს:

$$\eta_p = 67.65, \beta_p = 17.30$$

და კუმულატიური განაწილების შემდეგ გამოსახულებას

$$F_p(g, 67.65, 17.30) = \frac{1}{1 + e^{-1.701(g-67.65)/17.30}} \quad (46)$$

ეხლა, შერჩევის მონაცემებზე (ცხრილი 5) დაყრდნობით, უნდა მოვახდინოთ შერჩევის განაწილების პარამეტრების დადგენა

ნიშნების შერჩევითი განაწილება ცხრილი 5

ID	გამო ცდის ნიშა ნი	ID	გამო ცდის ნიშა ნი	ID	გამო ცდის ნიშა ნი	ID	გამო ცდის ნიშა ნი	ID	გამ ოცდ ის ნიშა ნი	ID	გამო ცდის ნიშა ნი
1	47	16	81	31	70	46	73	61	80	76	79
2	88	17	67	32	91	47	96	62	78	77	90
3	82	18	74	33	69	48	81	63	76	78	84
4	67	19	73	34	75	49	63	64	67	79	79
5	90	20	83	35	92	50	92	65	88	80	98
6	37	21	56	36	70	51	65	66	72	81	65
7	46	22	58	37	75	52	79	67	67	82	78
8	48	23	79	38	79	53	64	68	78	83	86
9	58	24	62	39	59	54	68	69	80	84	79
10	45	25	46	40	71	55	72	70	78	85	73
11	56	26	88	41	81	56	66	71	74	86	76
12	68	27	78	42	64	57	75	72	79	87	72
13	52	28	65	43	79	58	62	73	59	88	67
14	38	29	57	44	73	59	85	74	68	89	77
15	57	30	75	45	67	60	69	75	75	90	76

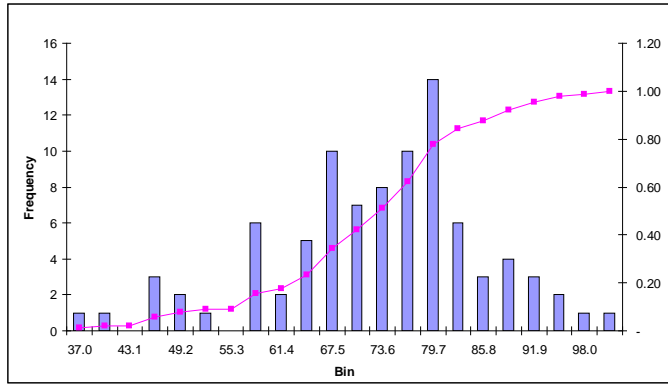
ამ შერჩევის პარამეტრების დასადგენად იყო გამოყენებული რეგრესიული მეთოდი (პარაგრაფი 2.4.3.2). პირველ რიგში განისაზღვრა ჰისტოგრამა (თავი მესამე, პროგრამული უზრუნველყოფის აღწერა, 3.5.2), რის შედეგები მოყვანილია ცხრილ 6

## შერჩევის კუმულატიური სისშირეების შეფასება

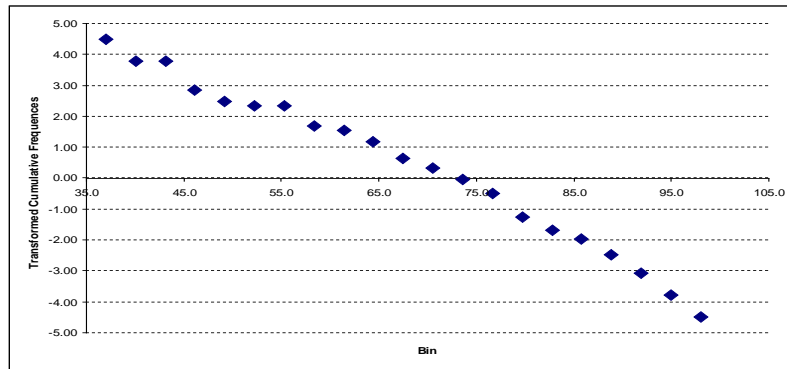
ინტერ ვალები	სიხში რები	შეფარდებითი სისშირეები	პროცენტული რანგები	კუმულატიური სისშირეები	ტრანსფორ მირებული კუმულატიური სისშირეები
1	2	3	4	5	6
37.0	1	0.011	1.1%	0.01	4.49
40.1	1	0.011	1.1%	0.02	3.78
43.1	0	0.000	0.0%	0.02	3.78
46.2	3	0.033	3.3%	0.06	2.83
49.2	2	0.022	2.2%	0.08	2.47
52.3	1	0.011	1.1%	0.09	2.33
55.3	0	0.000	0.0%	0.09	2.33
58.4	6	0.067	6.7%	0.16	1.69
61.4	2	0.022	2.2%	0.18	1.53
64.5	5	0.056	5.6%	0.23	1.19
67.5	10	0.111	11.1%	0.34	0.64
70.6	7	0.078	7.8%	0.42	0.31
73.6	8	0.089	8.9%	0.51	-0.04
76.7	10	0.111	11.1%	0.62	-0.50
79.7	14	0.156	15.6%	0.78	-1.25
82.8	6	0.067	6.7%	0.84	-1.69
85.8	3	0.033	3.3%	0.88	-1.97
88.9	4	0.044	4.4%	0.92	-2.47
91.9	3	0.033	3.3%	0.96	-3.07
94.9	2	0.022	2.2%	0.98	-3.78
98.0	1	0.011	1.1%	0.99	-4.49
More	1	0.011	1.1%	1.00	-
Total	90	1	100%	-	-

ნახ. 8 ნაჩვენებია შერჩევის სიმკვრივის და კუმულატიური განაწილებების გრაფიკები, რაც მიუთითებს იმაზე რომ ეს განაწილებები ახლოს არის ლოგისტიკურთან (ნორმალურთან).

ნახ. 9 ნაჩვენებია ტრანსფორმირებული კუმულატიური სისშირეების გაპნევის დიაგრამა, საიდანაც ჩანს, რომ შერჩევის წერტილები საკმაოდ კარგად თავსდება წრფეზე.



ნახ. 8 შერჩევის სიმკვრივის (PDF) და კუმულატიური (PCF) განაწილებები: სვეტები – PDF; მრუდი-PCF



ნახ. 9 ტრანსფორმირებული კუმულატიური სიხშირეები

ტრანსფორმირებული მონაცემების რეგრესიული ანალიზის შედეგები მოცემულია ქვედა ცხრილებში (ცხრილები 7 და 8).

ცხრილი 7

ტრანსფორმირებული კუმულატიური სიხშირეების რეგრესიული ანალიზი			
1	2	3	4
	კოეფიციენტები	სტანდარტული ცდომილება	t - სტატისტიკა
თავისუფალი წევრი	9.63	0.27	35.31
კუთხური კოეფიციენტი	-0.14	0.00	-35.14

რეგრესიული განტოლების დისპერსიული ანალიზი					
1	2	3	4	5	6
	df	SS	MS	F-კრიტერიუმი	F-მნიშვნელობა
რეგრესია	1	134.26	134.26	1235.04	9.42006E-19
ნაშნები	19	2.07	0.11		
მთლიანი	20	136.33			

კუთხური კოეფიციენტის და თავისუფალი წევრის მნიშვნელობების გამოყენებით ადვილია შევაფასოთ შერჩევითი კუმულატიური განაწილების პარამეტრები

$$\eta_s = 70.32, \beta_s = 12.42.$$

და შესაბამისი კუმულატიური განაწილების სახე

$$F_s(g, 72.31, 7.01) = \frac{1}{1 + e^{-1.701(g - 70.32)/12.42}} \quad (47)$$

ავნიშნოთ, რომ F-კრიტერიუმის (სვეტი 5 ცხრილი 8) და კორელაციის კოეფიციენტის ( $r=0.99$ ) მაღალი მნიშვნელობები მეტყველებენ იმაზე, რომ შერჩევის მონაცემები ადექვატურად აღიწერებიან ლოგისტიკური განაწილებით.

ეხლა შეიძლება გამოვიყენოთ (44) (ან (45)) ფუნქცია, რათა ვიანგარიშოთ შერჩევის პროცენტილების სახეები სანიმუშო განაწილებაში.

დავუშვათ, რომ ჩვენ უნდა მოვნახოთ შესატყვისობა (გავათანაბროდ) ცხრილ 5 წარმოდგენილი გამოცდის შედეგების გამსვლელი ქულა (51 ბალი 100-დან) სანიმუშო განაწილებაში (46). ამ მიზნით კეთდება შემდეგი ნაბიჯები:

1.  $F_s(51)$  გამოთვლა

$$F_s(51, 72.31, 7.01) = \frac{1}{1 + e^{-1.701(51 - 70.32)/12.42}} = 0.07 = 7\% .$$

2. ამ შედეგის შესატყვისობის მოძებნა სანიმუშო განაწილებაში (46)

$$e_s^{F_p(x)}(51) = \frac{e^{1.701\left(\frac{70.32-67.65}{17.30}\right)}}{e^{1.701\left(\frac{70.32-67.65}{17.30}\right)} + \left(\frac{1-0.07}{0.07}\right)^{\frac{12.42}{17.30}}} = 0.16 = 16\%$$

მაშასადამე, თუ შესარჩევ განაწილებაში (კონკრეტული გამოცდის ნიშნების სიმრავლეში) წარუმატებელი სტუდენტები შეადგენენ მთელი სტუდენტების რაოდენობის მხოლოდ 7%, ანუ 93% დადებითად გაიარეს ეს გამოცდა, სანიშნო განაწილებაში წარუმატებელი სტუდენტების ნაწილი შეადგენს 16%. უკანასკნელი ნიშნავს, რომ შემოწმებადი გამოცდა საგრძნობლად უფრო ადვილია, ვიდრე ის უნდა ყოფილიყო სანიშნო განაწილების (მოთხოვნის) მიხედვით.

ოგივე გამოთვლების ჩატარება შეიძლებოდა ჩაგვეტარებინა პარაგრაფ 2.4.3.1 აღწერილი ტექნიკით.

ამ მიზნით უნდა გომოვიყენოთ გამოსახულება (37') და მონაცემები ცხრილი 6-ს მე-5 სვეტიდან, საიდანაც ჩანს, რომ 51 ბალი ხვდება  $U=52.3$  და  $L=49.2$  ინტერვალში. ამ ინტერვალამდე კომულატიური სისხის მნიშვნელობა  $cf=0.08$  ანდა მოცემულ ინტერვალში ამ სიდიდის ზრდა  $f=0.01$ . საბოლოოთ გვაქვს

$$p = F_s(51) = 0.08 + \frac{51 - 49.2}{52.3 - 49.2} 0.01 = 0.085 = 8.5\%$$

მიღებულუი შედეგი (51 ბალის პროცენტული რანგი) ძალიან ახლოა ზევით მიღებულ სიდიდესთან (7%).

აგრეთვე უნდა შეფასდეს საშუალო სიდიდე (50% პროცენტილი) (36) გამოსახულებიდან

$$\mu = 70.6 + \left[ \frac{(0.5 - 0.48)}{0.09} (73.6 - 73.0) \right] = 73.2$$

და ბეტა პარამეტრი (გამოსახულება (38))

$$\beta = \frac{98 - 37}{\pi\sqrt{3}} = 11.21.$$

$F_s(51)$ ,  $\mu$  and  $\beta$  ჩასმა ექვინიშნიან ფუნქციაში გვაძლევს



$$e_s^{F_p(x)}(51) = \frac{e^{1.701\left(\frac{73.2-67.65}{17.30}\right)}}{e^{1.701\left(\frac{73.2-67.65}{17.30}\right)} + \left(\frac{1-0.085}{0.085}\right)^{\frac{11.21}{17.30}}} = 0.26 = 26\%$$

ამგვარად,  $F_s(51)$ ,  $\mu$ ,  $\beta$  პარამეტრების შეფასების პირდაპირი ტექნიკის გამოყენება გვაძლევს განსხვავებულ შედეგს: 26% ნაცვლად 16%, რომელიც მიყვებულა რეგრესიული ანალიზის ტექნიკის გამოყენებით. უკანასკნელი უნდა აიხსნას გაგლუვების ეფექტით, რომელიც თან ახლავს მის გამოყენებას. ჩვენი რეკომენდაციით პირდაპირი შეფასების მეთოდი უნდა გამოყენებულ იქნას მხოლოდ და მხოლოდ, როცა ალტერნატიული მიდგომა (რეგრესიული ანალიზი) არ იძლევა ადეკვატურ შეფასებას.

## 2.5. დასკვნა

მოცემულ თავში ჩვენ განვიხილეთ სასწავლო პროცესის რიცხობრივი შეფასების ახალი მიდგომა. ეს მიდგომა გულისხმობს მოსწავლეების ნიშნების ერთიანი სკალის შექმნას, რომელიც ეყრდნობა საგამოცდო შედეგების სანიმუშო განიწილებას. ამასთან დაკავშირებით ახალი ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდი არის შემოთავაზებული, რომელიც სხვადასხვა დისციპლინებში და სხვადასხვა დროს ჩატარებული გამოცდების შედეგების შედარების საშუალებას იძლევა. უკანასკნელი თავის მხრივ საშუალებას იძლევა შევიმუშავოთ სასწავლო პროცესების ხარისხის კონტროლის სტანდარტები, რაც წარმოდგენილია შემდეგ თავში.

## თავი მესამე. სტანდარტების შემუშავება

სანამ შევეხებოდით უშუალოდ სტანდარტების შემუშავების ამოცანას, ჩვენ უნდა მოვახდინოთ ფაქტორული ცხრილების არსებული სტატისტიკური მოდელის მოდიფიკაცია სასწავლო პროცესების კონტროლის ამოცანებისათვის.

### 3.1. ფაქტორული ცხრილების (Contingency Tables) ( $m \times n$ ცხრილების) სტატისტიკური ანალიზის საფუძვლები

#### 3.1.1. დაკვირვების და ლოდინის სისშირეები

დავუშვათ, რომ კლასიფიცირდება ორი A და B კრიტერიუმის მიხედვით  $k=mn$  მონაცემი (ორმაგი კლასიფიკაცია), და ამ კრიტერიუმებს გააჩნიათ შესაბამისი დონეები  $A_1, \dots, A_n$  და  $B_1, \dots, B_m$ . ეს სიტუაცია წარმოშობს შემდეგ მატრიცას [73÷83]:

		ფაქტორული მატრიცა					ცხრილი 9	
		კლასიფიკაცია 2					სტრიქონების ჯამები	
		$B_1$	...	$B_j$	...	$B_m$		
კლასიფიკაცია 1	$A_1$	$n_{11}$	...	$n_{1j}$	...	$n_{1m}$	$n_{1\bullet}$	
	...	...	...	...	...	...		
	$A_i$	$n_{i1}$	...	$n_{ij}$	...	$n_{im}$	$n_{i\bullet}$	
	...	...	...	...	...	...		
		$A_n$	$n_{n1}$	...	$n_{nj}$	...	$n_{nm}$	$n_{n\bullet}$
სვეტების ჯამები		$n_{\bullet 1}$	...	$n_{\bullet j}$	...	$n_{\bullet m}$	$n_{\bullet\bullet}$ მთლიანი ჯამი	

აქ  $n_{ij}$  რაოდენობებია (სისშირეები) – კლასიფიცირებადი ობიექტების რაოდენობა  $(A_i, B_j)$  უჯრედში. სიმბოლოები  $n_{11}, \dots, n_{1n}$  და  $n_{11}, \dots, n_{1m}$ .

აღნიშნავენ მარგინალურ სისშირეებს:  $n_{i\bullet} = \sum_{j=1}^m n_{ij}$ ,  $n_{\bullet j} = \sum_{i=1}^m n_{ij}$  and  $n_{\bullet\bullet} = nm$ .

ფაქტორული ცხრილების თეორიის ძირითადი დაშვება მდგომარეობს იმაში, რომ არსებობს ალბათობები იმისა, რომ ნებისმიერი ობიექტი (მოცემულ  $mn$  ობიექტიდან) მიეკუთვნება  $(A_i, B_j)$  უჯრედს და, რომ უჯრედები სტოქასტურად დამოუკიდებლები არიან. აქედან მათი ერთობლივი განაწილება არის მულტინომიალურტი [70÷80]:

$$P\{N_{ij} = n_{ij}, i = 1, \dots, r, j = 1, \dots, s\} = \frac{n!}{\prod_{ij} n_{ij}} \prod_{ij} p_{ij}^{n_{ij}}. \quad (48)$$

შესაძლებელია შევაფასოთ (i,j) უჯრედისადმი კუთვნილების ალბათობა

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_{..}}. \quad (49)$$

ამავე დროს ეს ალბათობა შეიძლება შეფასდეს როგორც (i,j) უჯრედის კუთვნილების ერთობლივი ალბათობა. თუ ფაქტორული მატრიცის ყველა უჯრედი (უფრო სწორედ უჯრედში მოხვედრა) არის სტოქასტურად დამოუკიდებელი, მაშინ ეს ალბათობა შეიძლება

წარმოდგენილ იქნას ასევე როგორც  $p_{i\cdot} = \frac{n_{i\cdot}}{n_{..}}$  და  $p_{\cdot j} = \frac{n_{\cdot j}}{n_{..}}$

ალბათობების ნამრავლი

$$\hat{p}_{ij} = p_{i\cdot} p_{\cdot j} = \frac{n_{i\cdot} n_{\cdot j}}{n_{..}^2}. \quad (50)$$

სიხშირეები შეიძლება შეფასდეს (50)-დან

$$\hat{n}_{ij} = n_{..} \hat{p}_{ij} = \frac{n_{i\cdot} n_{\cdot j}}{n_{..}}. \quad (51)$$

თუ ფაქტორული მატრიცის ყველა უჯრედი (უფრო სწორედ უჯრედში მოხვედრა) არის სტოქასტურად დამოუკიდებელი, მაშინ

$$n_{ij} = \hat{n}_{ij}. \quad (52)$$

$\hat{n}_{ij}$  სიდიდეებს ეწოდება შერჩევითი სიხშირეების ლოდინის სიდიდეები. ფაქტორული ცხრილების ანალიზის ძირითად ამოცანას შეადგენს (52) ტოლობის შემოწმება. ეს მნიშვნელოვანია, იმიტომ, რომ ის საშუალებას იძლევა გავაკეთოდ დასკვნები სტატისტიკურ მონაცემებზე კლასიფიკაციის ფაქტორების გავლენის შესახებ და დავასკვნად A და B ცვლადების დამოუკიდებლობა, რაც წარმოშობს შესაბამისი კრიტერიუმების განსაზღვრის საკითხს.

### 3.1.2. დამოუკიდებლობის შემოწმება

დამოუკიდებლობის შესამოწმებლად გამოიყენება ორი ტიპის ტესტი:  $X^2$  და  $Y^2$  [68÷75].

პირველი ტესტი  $X^2$  არის კლასიკური  $\chi^2$ -ტესტი (**chi-squared test**), რომელიც ეფუძნება  $\chi^2$ -განაწილებას. ის ამოწმებს ჰიპოტეზას იმის შესახებ, რომ შემთხვევითი ცდომილებების განაწილება თავსებადია მოცემულ თეორიულ განაწილებასთან.

$X^2$ -ტესტის გამოყენება ითვალისწინებს შემდეგ დაშვებებს:

- მარტივი შემთხვევითი შერჩევა: მონაცემები შემთხვევითად შერჩეულია ფიქსირებული განაწილებიდან და ერთობლიობის ყველა წევრს აქვს შერჩევის ერთი და იგივე ალბათობა. ტესტი შეიძლება გამოყენებულ იქნას შეწონილი მონაცემებისათვისაც.
- უჯრედში არის დაკვირვებათა ადექვატური რაოდენობა. აქ არის მოსაზრებათა განსხვავება: ზოგიერთი ავტორი ითხოვს არა ნაკლებ 5 დაკვირვებისა (სიხშირის) უჯრედში, ზოგიერთი კი 10 ან მეტს.  $2 \times 2$  ცხრილებისათვის მიღებულია 5 ან მეტი, და უფრო დიდ ცხრილებისათვის 5 ან მეტი უჯრედების 80% შემთხვევაში, მაგრამ დაუშვებელია ნულოვანი უჯრედების არსებობა.

$X^2$ -ტესტი წარმოდგინება შემდეგი ფორმულით

$$X^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (p_{ij} - \hat{p}_{ij})^2}{\hat{p}_{ij}}. \quad (53)$$

ეს სტატისტიკა ასიმპტოტურტად მიისწრაფის  $\chi^2$  განაწილებისაკენ, მაგრამ მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა  $n_{ij} = \hat{n}_{ij}$ , ანუ როცა კლასიფიკაციები A და B არიან დამოუკიდებლები. ამ კრიტერიუმის გამოყენება ითხოვს თავისუფლებების ხარისხის განსაზღვრას. არ არის რთული ვაჩვენოთ, რომ ისეთი მონაცემისათვის, რომლებიც არიან ორგანიზებული ცხრილი 9 მიხედვით, თავისუფლების ხარისხები ტოლია  $(n-1)(m-1)$ . ამ შემთხვევაში ტესტირების მეთოდი ტრადიციულია: თუ ნულოვანი ჰიპოტეზა მდგომარეობს კლასიფიკაციის დამოუკიდებლობაში, მაშინ ტესტ-სტატისტიკა არის წარმოშვებული  $(n-1)(m-1)$   $\chi^2$ -განაწილებით. ეს ნიშნავს იმას, რომ არსებული სხვაობები  $n_{ij} - \hat{n}_{ij}$  ატარებენ შემთხვევით, სტატისტიკურად არა მნიშვნელოვან

ხასიათს, და შესაბამისი ალბათობა  $p$  უნდა იყოს საკმაოდ მაღალი: ის უნდა იყოს მეტი შესაბამისი კრიტერიუმის მიხედვით მიღებულ მნიშვნელობაზე. ამ შემთხვევაში ნულოვანი ჰიპოტეზა არ უნდა იქნას უარყოფილი, წინააღმდეგ შემთხვევაში კი ის არ უნდა მივიღოთ.

გამოყენება აგრეთვე სხვა სტატისტიკაც [71,73].

$$Y^2 = 2 \sum_i^n \sum_j^m p_{ij} \ln \left( \frac{p_{ij}}{\hat{p}_{ij}} \right), \quad (54)$$

რომელიც აგრეთვე ასიმპტოტურად უახლოვდება  $\chi^2$ -განაწილებას. ნაშრომში [71] ნაჩვენებია, რომ ორივე აპროქსიმაციები (53) და (54) იძლევიან კარგ შედეგებს, თუ დაკვირვებათა რაოდენობა (სიხშირეები) თვითვე უფროდში  $\geq 3$ .

ქვემოთ მოყვანილია (ცხრილი 10) ამ მეთოდის გამოყენების ილუსტრაცია კონკრეტულ მაგალითზე, რომლის მონაცემები წარმოდგენილია  $2 \times 3$  ფაქტორული ცხლის სახით [71].

$2 \times 3$  ფაქტორული მატრიცა ცხრილი 10

	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	ჯამი
A <sub>1</sub>	23	21	10	54
A <sub>2</sub>	5	27	30	62
ჯამი	28	48	40	116

ცხრილი 10 სათვის მარგინალური სიხშირეები იქნება  $n_{1\bullet} = 28, n_{2\bullet} = 48, n_{\bullet 1} = 40, n_{\bullet 2} = 54, n_{\bullet 3} = 62$  და მატრიცის საშუალო  $n_{\bullet\bullet} = 116$ . (51) გამოყენებით შესაძლებელია ლოდინის სიხშირეების (ცხრილი 11),  $X^2$  (ცხრილი 12) და  $Y^2$  (ცხრილი 13) მნიშვნელობების შეფასება.

ცხრილი 11

ლოდინის სიდიდეები				
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	ჯამი
A <sub>1</sub>	13.03	22.34	18.62	54
A <sub>2</sub>	14.97	25.66	21.38	62
ჯამი	28	48	40	116

ცხრილი 13

Y <sup>2</sup> კრიტერიუმის მნიშვნელობები			
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	13.06	-1.30	-6.22
A <sub>2</sub>	-5.48	1.38	10.16

ცხრილი 12

X <sup>2</sup> კრიტერიუმის მნიშვნელობები			
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	<b>7.62</b>	<b>0.08</b>	<b>3.99</b>
A <sub>2</sub>	<b>6.64</b>	<b>0.07</b>	<b>3.48</b>

ამ ცხრილებიდან აღვილია შევაფასოთ კრიტერიუმების მნიშვნელობები:  $X^2=21.87$  და  $Y^2=23.20$ . ისინი დაახლოებით ტოლია და ორვე კრიტერიუმი უჩვენებს, რომ ცხრილი 10 მონაცემები არ არის დამოკიდებული (შესაბამისი p-მნიშვნელობები ტოლია 0.0006 და 0.0003).  $X^2$  – კრიტერიუმის (53) მნიშვნელობების უჯრედების მიხედვით განაწილების ანალიზი გვიჩვენებს, თუ რომელ კონკრეტულ მნიშვნელობას შეაქვს უდიდესი წვლილი დამოკიდებულობის არსებობაში: ეს არის 7.62 და 6.64 მნიშვნელობები (1,1) და (2,1) უჯრედებში.

**3.2. ფაქტორული ცხრილების მოდელის მოდიფიკაცია გამოცდების შედეგების სტანდარტების შემუშავებისათვის [77,78].**

პირველ რიგში შევნიშნოთ, რომ სტანდარტების შემუშავება გულისხმობს, რომ ყველა ნიშანი მოყვანილია ერთიან სკალაზე, ანუ რომ გამოყენებულია ექვინიშნიანი გათანაბრების პროცედურა, რომელიც შემუშავებულია და დეტალურად აღწერილია წინა თავში. გათანაბრების შემდეგ დგება საკითხი, თუ რომელი მაჩვენებელი უნდა იქნას გამოყენებული როგორც ამა, თუ იმ გამოცდის მახასიათებელი. ასეთი მაჩვენებლის როლში ჩვენ ავიღეთ შემოწმებადი სტუდენტა ჯგუფის ნიშნების საშუალო ანუ მედიანა, რომლებიც სიმეტრიული განაწილებებისათვის ერთმანეთის ტოლია. ამის მოტივაცია ცხადია: ეს ორივე მაჩვენებელი ყველაზე სტაბილურია. ამიერიდან

კონკრეტულობისათვის ჩვენ გამოვიყენებთ 100 ბალიან სკალას, თუმცა შემუშავებული მეთოდები გამოყენებადია ნებისმიერი სხვა სკალებისათვისაც.

საკლასიფიკაციო ფაქტორების როლში გამოყენებული იქნება წლები და დისციპლინები. სახი გაუსვათ იმ გარემოებას, რომ პროცენტული რანგები შეიძლება შეფასებულ იქნას (31) მეშვეობით, რის შემდეგ დადგინდება მოცემულ  $i$  წლის,  $j$  დისციპლინაში ჩატარებული გამოცდის ნიშნების განაწილების  $\eta$  და  $\beta$  პარამეტრები.

უკანაენელი ითხოვს ფაქტორული ცხრილების გარკვეულ მოდიფიკაციას. პირველ რიგში ავღნიშნოთ, რომ სისშირეების ნაცვლად (ცხრილი 9), ჩვენ იძულებული ვართ გამოვიყენოთ შეფარდებითი სისშირეები, რადგანაც პროცენტული რანგები წარმოადგენენ შეფარდებით სისშირეებს. უფრო მეტიც, ჩვენ უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ყოველივე უჯრედში შესაძლებელია შეგვხდეს განსხვავებული ჯამური სისშირეები, რასაც მივეყვართ უჯრედის წარმოდგენის შემდეგ გამოსახულებამდე

$$f_{ij} = \frac{n_{ij}}{N_{ij}}, \quad (55)$$

სადაც  $f_{ij}$  – საშუალო (მედიანური) მნიშვნელობის პროცენტული რანგი;

$n_{ij}$  – იმ სტუდენტების რაოდენობაა, რომელთა ნიშნები ნაკლებია ან ტოლი საშუალო (მედიანური) მნიშვნელობისა;

$N_{ij}$  –  $i$ -რი წლის  $j$ -რი დისციპლინის გამოცდაში მონაწილე სტუდენტების მთლიანი რაოდენობაა.

უნდა ავღნიშნოდ შემდეგი. ცხადია, რომ სიმეტრიული განაწილებების საშუალო (მედიანური) სიდიდის პროცენტული რანგი ყოველთვის უდრის 50%, ამიტომ  $f_{ij}$  სიდიდის ზევით მოცემული განსაზღვრა გამოიყურება, როგორც უაზრობა. ამის ახსნა მდგომარეობს იმაში, რომ განსხვავებული განაწილებების საშუალოები, ექვინიშნიანი გათანაბრების შემდეგ, დებულობენ განსხვავებულ მნიშვნელობებს, ანუ განსხვავებულ პროცენტულ რანგებს. ამიტომ, შემდგომში, როცა ჩვენ ვილაპარაკებთ საშუალოს (მედიანის) პროცენტულ რანგზე, მხედველობაში გვექნება ექვინიშნიანი გათანაბრების შედეგი.

ჩვენ განვიხილავთ  $f_{ij}$  სიდიდეებს, როგორც შემთხვევით სიდიდეებს, რომლებიც განაწილებულია  $(i,j)$  უჯრედებზე, რაც ნაჩვენებებია ცხრილ 14.

ცხრილი 14

ექვინიშნიანი ფუნქციით გათანაბრებული საშუალო ნიშნების ფაქტორული ცხრილის ზოგადი ფორმატი							
		დისციპლინები (კლასიფიკაცია 2)					
		1	...	j	...	m	წლის ჯამი
წლები (კლასიფიკაცია 1)	1	$f_{11}$	...	$f_{1j}$	...	$f_{1m}$	$f_{1\bullet}$
	...	...	...	...	...	...	
	i	$f_{i1}$	...	$f_{ij}$	...	$f_{im}$	$f_{i\bullet}$
	...	...	...	...	...	...	
	n	$f_{n1}$	...	$f_{nj}$	...	$f_{nm}$	$f_{n\bullet}$
საგნების ჯამი		$f_{\bullet 1}$	...	$f_{\bullet j}$	...	$f_{\bullet m}$	$f_{\bullet\bullet}$ მატრიცის ჯამი

აქ:

$$f_{\bullet\bullet} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m f_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{n_{ij}}{N_{ij}}; \quad (56)$$

$$f_{\bullet j} = \sum_{i=1}^n f_{ij} = \sum_{i=1}^n \frac{n_{ij}}{N_{ij}}; \quad (57)$$

$$f_{i\bullet} = \sum_{j=1}^m f_{ij} = \sum_{j=1}^m \frac{n_{ij}}{N_{ij}}. \quad (58)$$

ამგვარად ალბათობები იმისა, რომ მოცემული მნიშვნელობა ხვდება უჯრედში (ალბათობები იმისა, რომ  $i$ -რი წლის  $j$ -რი დისციპლინის გამოცდის საშუალო ნიშნის ექვინიშნიანი ფუნქციით გათანაბრებული პროცენტული რანგის მნიშვნელობა ხვდება  $(i,j)$  უჯრედში) იქნება

$$p_{ij} = \frac{f_{ij}}{f_{\bullet\bullet}} \quad (59)$$

და შესაბამისი მარგინალური ალბათობები

$$p_{\bullet j} = \frac{\sum_{i=1}^m f_{ij}}{f_{\bullet\bullet}}; \quad (60)$$



$$p_{i\bullet} = \frac{\sum_{j=1}^n f_{ij}}{f_{\bullet\bullet}}. \quad (61)$$

ადვილად მოწმდება, რომ

$$p_{\bullet\bullet} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m f_{ij}}{f_{\bullet\bullet}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} = 1. \quad (62)$$

ეხლა, დამოუკიდებლობს შესამოწმებლად უნდა შევადაროთ ემპირიული და გამოთვლილი (ლოდინის) ალბათობები, რომლებიც უნდა გამოითვალოს შემდეგი ფორმულით

$$p_{ij} = p_{i\bullet} \cdot p_{\bullet j}. \quad (63)$$

(63) მარცხენა მხარე არის დაკვირვების შედეგად მიღებული ალბათობა, ხოლო მარჯვენა - ლოდინის ალბათობები.

უკანსკნელი გამოსახულება ექვივალენტურია

$$f_{ij} = \frac{f_{i\bullet} \cdot f_{\bullet j}}{f_{\bullet\bullet}}, \quad (64)$$

სადაც  $\hat{f}_{ij} = \frac{f_{i\bullet} \cdot f_{\bullet j}}{f_{\bullet\bullet}}$  - მოსალოდნელი პროცენტული რანგია,

რომელიც შეესაბამება  $\hat{p}_{ij}$  ალბათობას.

ცხადია, რომ (64) არის (52) ანალოგიური ჰიპოტეზა, რომელიც საშუალებას იძლევა შევამოწმოთ გამოცდების შედეგების დამოუკიდებლობა საკლასიფიკაციო ფაქტორებისაგან - წლებისა და დისციპლინებისაგან. არსებობს გარკვეული მიზეზები, რათა ვიგულისხმოდ ეს დაუმოკიდებლობა. ცხადია, რომ გამოცდების შედეგები არის ძლიერ დამოკიდებული მოსწავლეების შესაძლებლობებზე, ქცევებზე, სოციალურ კლიმატზე და ასე შემდეგ. თუ სასწავლო დაწესებულება მოქმედებს ფიქსირებულ სოციალურ და კულტურულ გარემოში, მაშინ ჩამოთვლილი ფაქტორები შეიძლება შეიცვალოს მხოლოდ შემთხვევითად. ეს ნიშნავს, რომ გამოცდების შედეგები, წლების ფაქტორის მიხედვით, უნდა შეიცვალოს აგრეთვე მხოლოდ შემთხვევითად. ამავე დროს დისციპლინები მრავალ მხრივ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან (შინაარსით, სირთულით, სწავლების მეთოდებით, მასწავლებლების პიროვნულობით და ასე შემდეგ), რაც

აგრეთვე გვაძლევს საფუძველს ველოდოთ რაიმე ტრენდების არ არსებობას და მხოლოდ შემთხვევით ფლუქტუაციებს. მოყვანილი მოსაზრებები ატარებენ თვისობრივ ხასიათს, და, რა საკვირველია, უნდა შემოწმდნენ რაოდენობრივადაც, ზემოთ განხილული  $X^2$  ან/და  $Y^2$  კრიტერიუმების მიხედვით. შემდგომში ჩვენ გამოვიყენებთ პირველს.

$X^2$  კრიტერიუმი (64) ჰიპოტეზისათვის ღებულობს შემდეგ სახეს

$$X^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (p_{ij} - \hat{p}_{ij})^2}{\hat{p}_{ij}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\frac{f_{ij}}{f_{..}} - f_{..} P_{i.} P_{.j})^2}{f_{..} P_{i.} P_{.j}}. \quad (65)$$

მონაცემები, რომლებიც გამოყენებულია (65) ნაჩვენებია ცხრილ 15

ცხრილი 15

მონაცემები $X^2$ კრიტერიუმისათვის										
დაკვირვებების აღბათობები						მოსალოდნელი აღბათობები				
	1	...	j	...	m	1	...	j	...	m
1	$p_{11}$	...	$p_{1j}$	...	$p_{1m}$	$\hat{p}_{11}$	...	$\hat{p}_{1j}$	...	$\hat{p}_{1m}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
i	$p_{i1}$	...	$p_{ij}$	...	$p_{im}$	$\hat{p}_{i1}$	...	$\hat{p}_{ij}$	...	$\hat{p}_{im}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
n	$p_{n1}$	...	$p_{nj}$	...	$p_{nm}$	$\hat{p}_{n1}$	...	$\hat{p}_{nj}$	...	$\hat{p}_{nm}$

(64) ჰიპოტეზის ტესტირება შეიძლება შემგდგეში შემოწმებულ იქნას ტრადიციულად, p-მნიშვნელობების გამოთვლით. ამ მიზნით (65) მიხედვით გამოთვლილი მნიშვნელობები ჩავსვათ  $(n-1)(m-1)$  თავისუფლების ხარისხების მქონე  $\chi^2$  – განაწილებაში (შესაბამის EXCEL-ის ფუნქციაში), და თუ მიღებული შედეგი აღმოჩნდება მეტი ვიდრე წინასწარ შერჩეული სარწმუნოების დონე, მაშინ ჰიპოტეზა (64) არ უნდა იქნას უარყოფილი.

$X^2$  – მნიშვნელობების განაწილება ნაჩვენებია ცხრილ 16.

$X^2$ – მნიშვნელობების განაწილება					
დისციპლინა \n წელი	1	...	j	...	m
1	$X_{11}^2$	...	$X_{1j}^2$	...	$X_{1m}^2$
...	...	...	...	...	...
i	$X_{i1}^2$	...	$X_{ij}^2$	...	$X_{im}^2$
...	...	...	...	...	...
n	$X_{n1}^2$	...	$X_{nj}^2$	...	$X_{nm}^2$

ამ ცხრილის შედეგები შესაძლებელია გამოვიყენოთ, როცა ჰიპოტეზა (64) უარყოფილია. ამ შემთხვევაში ცხრილი 16 უნდა გაანალიზდეს და გამოირიცხოს იმ გამოცდების შედეგები, რომლებსაც უდიდესი წვლილი აქვთ შეტანილი  $X^2$ -კრიტერიუმის მნიშვნელობაში. შემდეგ კი მონაცემები შეიძლება გადავახალისოთ, და წინა პროცედურა გამეორდეს თავიდან.

იმისთვის, რომ შეუდგეთ სასწავლ სტანდარტების დადგენის მეთოდის შემუშავებას, საჭიროა დამტკიცდეს, რომ ცხრილ 14-ს სვეტებში განლაგებულ პროცენტულ რანგებს აქვთ მუდმივი დისპერსია. სხვანაირად, რომ ვთქვად, ნახვები უნდა იქნას, რომ ისენი შეადგენენ სტაციონალურ პროცესებს ფართე გაგებით [79,80].

### 3.3. ხარისხის სტანდარტები და დასაშვები ინტერვალები.

#### 3.3.1. პროცენტული რანგების წლიური მნიშვნელობების სტაციონალური ხასიათი

ცხრილ 14 წარმოდგენილი მონაცემების ალბათურ მოდელს შეიძლება მიეცეს ოდნავ განსხვავებული ინტერპრეტაცია. დავაფიქსიროთ დისციპლინა, მაშინ პროცენტული რანგები, რომლებიც წარმოდგენილი არიან ამ სვეტში, შერჩეულნი არიან ნორმალურად განაწილებულ შემთხვევით სიდეებისაგან, რომლებიც დროში იცვლებიან. მოცემული წლის (დისციპლინა ფიქსირებულია!) ექვინიშნიანი ფუნქციით გათანაბრებული გამოცდების შედეგები მაშინ წარმოადგენენ შემთხვევითი პროცესის კვეთებს. უკანასკნელი კი ნიშნავს იმას, რომ სვეტებში წარმოდგენილი მნიშვნელობები შეიძლება განვიხილოთ, როგორც შემთხვევითი პროცესის რეალიზაცია (შერჩევა,

მოცემული დისციპლინისათვის). რადგანაც თვითეული კვეთი არის ნორმალურად განაწილებული, ეს პროცესები შეიძლება განვიხილოთ როგორც გაუსის ტიპის. ჩამოთვალოდ მოკლედ ამგვარი პროცესების ის ძირითადი ცნებები, რომლებიც შემდგომში დაგვჭირდება [79,80].

სტოქასტიური პროცესი არის ერგოდიული, თუ შესაძლებელია მისი სტატისტიკური თვისებები დადგინდეს ერთი საკმარისად გრძელი რეალიზაციიდან. ჩვენ განვიხილავთ ერგოდიული პროცესების ძალზე მნიშვნელოვან კლასს: სტაციონალური პროცესები ფართე გაგებით, რომლებსაც გააჩნიათ საშუალო  $\mu = E[X(t)]$  და ავტოკოვარიაცია  $r_x(\tau) = E[(X(t) - \mu)(X(t + \tau) - \mu)]$ , რომლებიც არ იცვლებიან დროში ( $r_x(0)$ -პროცესის დისპერსია). საშუალო შექმნება შეფასდეს როგორც [79,80]:

$$\hat{\mu}_T = \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t) dt, \quad (66)$$

სადაც  $x(t)$  – პროცესის რეალიზაციაა.

თუ  $\hat{\mu}_T$  კრებადია (საშუალო-კვადრატული თვალსაზრისით)  $\mu$  სადმი როცა  $T \rightarrow \infty$ , მაშინ პროცესი  $X(t)$  არის საშუალოდ-ერგოდიული (პირველ მომენტის მიმართ საშუალო-კვადრატულად ერგოდიული).

ანალოგიურად, შესაძლებელია შეფასდეს ავტოკოვარიაცია  $r_T(\tau)$  ერთი რეალიზაციის გასაშუალოების შედეგის საფუძველზე

$$\hat{r}_T = \frac{1}{2T} \int_{-T}^T [x(t + \tau) - \mu][x(t) - \mu] dt \quad (67)$$

და პროცესის დისპერსია

$$V_T = \frac{1}{2T} \int_{-T}^T [x(t) - \mu]^2 dt. \quad (68)$$

თუ (68) კრებადია (საშუალო-კვადრატული თვალსაზრისით) ჭეშმარიტი ავტოკოვარიაციასადმი  $r_x(\tau) = E[(X(t) - \mu)(X(t + \tau) - \mu)]$  როცა  $T \rightarrow \infty$ , მაშინ პროცესი  $X(t)$  არის ავტოკოვარიაციულად-ერგოდიული, ანუ მეორე მომენტის მიმართ საშუალო-კვადრატულად ერგოდიული.

პროცესი, რომელიც ერგოდიულია პირველი და მეორე მომენტების მიმართ არის ერგოდიული. ამგვარი პროცესების მნიშვნელოვანი მაგალითია სტაციონარული გაუსის ტიპის პროცესები [79,80].

ვაჩვენოთ, რომ სვეტებში მოცემული პროცესების რეალიზაციები, შეიძლება განვიხილოთ როგორც საშუალოდ-ერგოდიული გაუსის ტიპის პროცესები.

**წინადადება 3.1** ფიქსირებული დისციპლინის მიმდინარე წლის შერჩევით პროცენტების რანგების საშუალო უდრის ფიქსირებული დისციპლინის მიმდინარე წლის მოსალოდნელი (ლოდინის) პროცენტების საშუალოს.

გამოვთვალოდ (59) საშუალოები სვეტების მიმართ

$$\frac{\sum_{i=1}^m p_{ij}}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m f_{ij}}{mf_{..}} \quad (69)$$

და მერე გამოვთვალოდ (64) მარჯვენა მხარეების საშუალოები სვეტების მიმართ

$$\frac{\sum_{i=1}^m f_{..} p_{i.} p_{.j}}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m f_{ij} \sum_i \sum_j f_{ij}}{mf^2_{..}} = \frac{\sum_{i=1}^m f_{ij}}{mf_{..}} \quad (70)$$

(69) და (70) ტოლობა ამტკიცებს წინადადებას.

ანალოგიურად შეიძლება დამტკიცდეს დუალური

**წინადადება 3.2.**

ფიქსირებული წლის მიმდინარე დისციპლინის შერჩევით პროცენტების რანგების საშუალო უდრის ფიქსირებული წლის მიმდინარე დისციპლინის მოსალოდნელი (ლოდინის) პროცენტების საშუალოს

გამოვთვალოდ (59) საშუალოები სტრიქონების მიმართ

$$\frac{\sum_{j=1}^n p_{ij}}{n} = \frac{\sum_{j=1}^n f_{ij}}{nf_{..}} \quad (71)$$

გამოვთვალოდ (64) მარჯვენა მხარეების საშუალოები სტრიქონების მიმართ

$$\frac{\sum_{j=1}^n f_{..} p_{i.} p_{.j}}{n} = \frac{\sum_{j=1}^n f_{ij} \sum_i \sum_j f_{ij}}{nf^2_{..}} = \frac{\sum_{j=1}^n f_{ij}}{nf_{..}} \quad (72)$$

(71) და (72) ტოლობა ამტკიცებს წინადადებას.

წინანდადება 3.1 აჩვენებს, რომ სვეტებში განთავსებული სიდიდეების დინამიკა წარმოადგენს საშუალოდ-ერგოდიულ პროცესს, რადგანაც ლოდინის სიდიდეების საშუალოები შეიძლება განვიხილოდ როგორც კვთების ლოდინების შეფასებები, ხოლო წლიური შერჩევის საშუალოები – როგორც ერთი რეალიზაციის ლოდინების საშუალოები. მათი ექვივალენტურობა ამტკიცებს პროცესის საშუალოდ-ერგოდიულობას.

ავტოკოვარიაციულად-ერგოდიულობის თვისების დასამტკიცებლად შეგვიძლია მოვიყვანოთ მხოლოდ არაფორმალური მოსაზრებები. მონაცემების დამოუკიდებულობა საკლასიფიკაციო ფაქტორებისაგან (უკანასკნელი სრულდება, თუ ჰიპოტეზა (63) ჭეშმარიტია) ნიშნავს, რომ ამ მონაცემებში არ არის ტრენდები დროის მიხედვით. ეს უკანასკნელი აგრეთვე დასტურდება, მეორე თავში მოყვანილი მოსაზრებებით (პარაგრაფი 2.4.2) იმის შესახებ, რომ მოსწავლეების შესაძლებლობები და სხვა გამოცდის შედეგებზე მომქმედი ფაქტორების ცვლილება დროში არის თანაბრად შემთხვევითი.

ნათქვამის შედეგია ის, რომ სვეტების თანმიმდევრობების დისპერსია მივიღოთ მუდმივის ტოლად.

ორივე შედეგი გვიჩვენებს, რომ სვეტებში განთავსებული სიდიდეები წარმოადგენენ სტაციონარულ პროცესს ფართე გაგებით (ლოდინების და დისპერსიის შეფასებები არის მუდმივი).

### 3.3.2. სტანდარტები და სარწმუნოების (მისაღები) ინტერვალები [77,78]

წინა პარაგრაფის შედეგებზე დაყრდნობით შესაძლებელი ხდება განისაზღვროს, როგორც სტანდარტები, ასევე სარწმუნოების (მისაღები) ინტერვალები.

როგორც პირველ თავში იყო აღნიშნული, ხარისხის კონტროლი და, კერძოდ, ხარისხის სტატისტიკური კონტროლი ითხოვენ სტანტარტების ცხად განსაზღვრას. გამოცდების შედეგების შეფასებისათვის ჩვენ ვიყენებთ პროცენტული რანგების ლოდინების

$$\hat{f}_{ij} = \frac{f_{i \cdot} \cdot f_{\cdot j}}{f_{\cdot \cdot}}.$$

სტანდარტების მნიშვნელობების განსაზღვრის შემდეგ, სტატისტიკური ხარისხის კონტროლის ტრადიციული მეთოდოლოგიის მიხედვით, უნდა განისაზღვროს ამ სტანდარტების ქვედა და ზედა დასაშვები საკონტროლო საზღვრები. უკანასკნელნი შეიძლება გამოთვლილ იქნან, როგორც ნორმალურად განაწილებული შემთხვევითი სიდიდეების ლოდინით სარწმუნოების ინტერვალები, როცა უცნობია სტანდარტული გადახრა (დისპერსია)

$$LCL_{ij} = \hat{f}_{ij} - t_{\alpha, n-1} \frac{S_j}{\sqrt{n}} \quad (73)$$

და

$$UCL_{ij} = \hat{f}_{ij} + t_{\alpha, n-1} \frac{S_j}{\sqrt{n}}, \quad (74)$$

სადაც  $t_{0.05, n-1}$  - n-1 თავისუფლების ხარისხების მქონე 5 პროცენტილური სტიუდენტის განაწილებაა

$$S_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{f}_{ij} - f_j)^2}{n-1} - \text{პროცენტილური რანგების დისპერსიის შეფასება.}$$

ამგვარად, (73) და (74) იძლევა i-რი წელიწადის და j-რი დისციპლინის ნიშნების ლოდინის სარწმუნოების ინტერვალს. ავლნიშნავთ, რომ პარაგრაფი 3.3.1 მოლიანად დაეთმო (73) და (74) გამოყენების კორექტულობის მტკიცებას.

რადგანაც შეფასებული დისპერსიები (სტანდარტული გადახრები) აგრეთვე შემთხვევითი სიდიდეებია, უნდა შეფასდეს აგრეთვე მათი სარწმუნოების ინტერვალებიც. ამ მიზნით ისევ ვიყენებთ ტრადიციულ მეთოდს:  $\sigma$  სარწმუნოების ინტერვალები  $1-\alpha$  სარწმუნოების დონით არის

$$P\left(\frac{\sqrt{n}S}{\chi_2^2} < \sigma < \frac{\sqrt{n}S}{\chi_1^2}\right) = 1 - \alpha, \quad (75)$$

სადაც  $\chi^2$  - არის n-1 თავისუფლების ხარისხის მქონე  $\chi^2$ - განაწილება;

$\chi_1^2$  და  $\chi_2^2$  - შეესაბამება  $1 - \frac{\alpha}{100}$  და  $\frac{\alpha}{100}$  ალბათობის დონეებს.

თუ კონკრეტული გამოცდის საშუალოს (მედიანის) პროცენტული რანგი ხვდება შესაბამის საზღვრის გარეთ, უნდა გაკეთდეს დასკვნა, რომ მოცემული შედეგი არ არის მისაღები. ამის მრავალი მიზეზია შესაძლებელი: ცუდი სწავლების მეთოდოლოგია, ცუდი სახელმძღვანელოები, არაშესაფერისი საკლასო გარემო და ასე შემდეგ. ყოველივე ეს სასწავლო ადმინისტრაციის მხრიდან მოითხოვს სპეციალურ გამოკვლევებს, რაც არის სტატისტიკური მიდგომის ფარგლებს გარეთ. შემუშავებული მეთოდის ღირებულება მდგომარეობს იმაში, რომ ის საშუალებას იძლევა გაეაკონტროლოდ და სტაბილურად შეეინარჩუნოთ სასწავლო პროცესის სასურველი დონე, რადგანაც ამ მეთოდის მეშვეობით შესაძლებელია განისაზღვროს და გამოირიცხოს სასწავლო პროცესის სუსტი, მიუღებელი ადგილები.

### 34. რიცხობრივი მაგალითი

ქვევით ჩვენ მოგვყავს ლოდინის მნიშვნელობების, სტანდარტული გადახრების და მათი სარწმუნოების ინტერვალების გაანგარიშების საილუსტრაციო მაგალითი. გამოყენებულია ცხრილი 17 სამოდულო მონაცემები, სადაც მოყვანილია პროცენტული გათანაბრების ფუნქციის მეშვეობით უკვე გარდაქმნილი 25 გამოცდის საშუალო ნიშნის პროცენტული რანგები.

ცხრილი 17

საშუალო ნიშნის შერჩევითი პროცენტული რანგები.						
დისციპლინები \ წლები	1	2	3	4	5	სტრიქონების საშუალო
1	<b>82.4</b>	55.5	86.0	82.6	76.0	382.5
2	82.5	57.5	70.3	81.1	71.5	362.9
3	83.7	50.6	86.7	73.7	73.3	368.0
4	81.8	62.9	<b>63.9</b>	80.5	69.4	358.5
5	81.3	<b>38.0</b>	78.9	73.5	<b>83.5</b>	355.2
სვეტების ჯამი	411.7	264.5	385.8	391.4	373.7	დისციპლინები/ წლები მოლიანი ჯამი 1827.1
სტანდარტული გადახრა	0.9	9.4	9.9	4.3	5.5	
სტანდარტული გადახრის სარწმუნოების ინტერვალი	0.21	2.22	2.34	1.02	1.29	
	÷	÷	÷	÷	÷	
	2.84	29.65	31.27	13.66	17.19	



(64) გამოყენებით ჩვენ გამოვთვალეთ საშუალოების მოსალოდნელი პროცენტული რანგები (ცხრილი 18)

ცხრილი 18

დისციპლინები წლები	1	2	3	4	5
1	86.19	55.37	80.77	81.94	78.23
2	81.77	52.54	76.63	77.74	74.22
3	82.92	53.27	77.70	78.83	75.27
4	80.78	51.90	75.70	76.80	73.32
5	80.04	51.42	75.00	76.09	72.65

დამოუკიდებლობის შესამოწმებლად ორივე ცხრილის მეშვეობით შესაძლებელია ვიანგარიშოთ მნიშვნელობები  $\frac{(f_{ij} - \hat{f}_{ij})^2}{\hat{f}_{ij}}$ , რაც ნაჩვენებია ცხრილ 19.

ცხრილი 19

დისციპლინები წლები	1	2	3	4	5
1	0.167	0.000	0.339	0.005	0.064
2	0.006	0.469	0.523	0.145	0.100
3	0.007	0.134	1.041	0.334	0.051
4	0.013	2.332	1.839	0.178	0.210
5	0.020	3.503	0.203	0.088	1.621

ცხრილ 19 მოყვანილი რიცხვთა ჯამი, ტოლია  $\chi^2$  -კრიტერიუმისა და უდრის 13.39. შესაბამისი p - მნიშვნელობა  $(m-1)(n-1)=16$  თავისუფლების ხარისხებისათვის არის 0.64, რაც მეტყველებს იმაზე, რომ დამოუკიდებლობის ჰიპოტეზა არ უნდა იქნას უარყოფილი. ამგვარად ჩვენ ვღებულობთ, რომ ცხრილ 16 მოყვანილი მონაცემები არის დამოუკიდებელი, რაც გვაძლევს უფლებას გაგვაკეთოდ შემდგომი ნაბიჯები.

ცხრილებში 20 და 21 მოყვანილია ზედა და ქვედა საკონტროლო საზღვრების მნიშვნელობები.

ცხრილი 20

საშუალოების მოსალოდნელი პროცენტული რანგების ქვედა საკონტროლო საზღვრები					
დისციპლინები წლები	1	2	3	4	5
1	85.23	45.33	70.17	77.31	72.41
2	80.81	42.49	66.03	73.11	68.40
3	81.96	43.23	67.11	74.21	69.44
4	79.82	41.85	65.11	72.17	67.50
5	79.08	41.38	64.41	71.46	66.83

ცხრილი 21

საშუალოების მოსალოდნელი პროცენტული რანგების ზედა საკონტროლო საზღვრები					
დისციპლინები წლები	1	2	3	4	5
1	87.15	65.42	91.36	86.57	84.06
2	82.73	62.58	87.22	82.37	80.05
3	83.88	63.32	88.30	83.46	81.09
4	81.74	61.94	86.29	81.42	79.15
5	81.00	61.47	85.60	80.72	78.47

20 და 21 ცხრილებში მოყვანილი შედეგები მიღებული იყო (73) და (74) გამოსახულებების მიხედვით სტიუდენტის განაწილების პარამეტრების შემდეგი მნიშვნელობებისათვის:  $\alpha = 0.1$  და თავისუფლების ხარისხი  $f=4(5-1)$ , შესაბამისი t-განაწილების თეორიული მნიშვნელობა უდრის  $t_{0.1,16} = 1.745884$ .

ხაზი გაუსვათ იმას, რომ ცხრილ 18 წარმოდგენილი ლოდინები, არის სტანდარტები, რომლებიც იყვნენ ფორმირებულნი მრავალწლიანი (წლები) და განსხვავებული ტიპის (დისციპლინები) დაკვირვებების საფუძველზე. შესაძლებელია შევადაროთ ხარისხის ამგვარი მაჩვენებლები, რომლებსაც ვღებულობთ შემუშავებული მეთოდის საფუძველზე და ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის ტრადიციული მახასიათებლები. ორივე შემთხვევაში ესენი არიან: 1. სტანდარტები და 2. მისაღები ინტერვალები, რომლებიც განისაზღვრებიან როგორც

სარწმუნოების ინტერვალების ბოლო წერტილები. ეს მსაგავსება მხოლოდ ფორმალურია, რადგანაც სტანდარტები ხარისხის სტატისტიკურ კონტროლში წარმოადგენენ წინასწარ განსაზღვრულ გარეგან (კონტროლის პროცესის მიმართ) სიდიდეებს. ისინი ჩდებიან როგორც ტექნოლოგიური მოთხოვნები, იმ დროს, როცა სასწავლო პროცესების ხარისხის სტატისტიკურ კონტროლის შემთხვევაში სტანდარტები წარმოადგენენ კონტროლის პროცესის ბუნებრივ შედეგს. აქ ხაზი უნდა გაუსვათ იმას, რომ ამ შემთხვევაში სტანდარტები და მიღების ქვედა და ზედა ინტერვალები განისაზღვრებიან მოცემული სასწავლო ორგანიზაციის ისტორიული მონაცემების ბაზაზე. ამგვარად, ისინი არ არიან დაწესებულების გარედან შემოსული ხელოვნური რეკომენდაციები, არამედ ასახავენ დაწესებულების ტრადიციას და მის მდგრად პედაგოგიურ დონეს. აქედან გამომდინარე, ქვედა (73) და ზედა (74) საკონტროლო საზღვრებს შეიძლება დაერქვას ბუნებრივი საკონტროლო საზღვრები (Natural Control Limits) [32,33]. იმ შემთხვევაში, თუ საჭიროა უფრო სტაბილური შედეგები, შეიძლება გამოვიყენოთ უფრო ვიწრო საკონტროლო ინტერვალები. თუ მიყვებით ხარისხის კონტროლის ტრადიციულ ტერმინოლოგიას, მათ შეიძლება დავარქვათ სპეციფიკაციის საზღვრები (Specification Limits) [32,33], რადგანაც, ბუნებრივი საზღვრებისაგან განსხვავებით, ისინი განისაზღვრებიან ხარისხის კონტროლის სამსახურის ან რომელიმე სხვა ადმინისტრაციული ერთეულის მოთხოვნის შესაბამისად.

საკონტროლო საზღვრების (ცხრილები 20 და 21) ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ცხრილ 16 წარმოდგენილი ყველა შედეგი არ შეიძლება განისაზღვროს როგორც მისაღები, რადგანაც ზოგიერთი მათგანი ხვდებიან ქვედა და ზედა საკონტროლო საზღვრებით განსაზღვრულ მისაღებ ინტერვალების გარეთ. ეს შედეგები ხაზსგასმულია და მოცემულია მსხვილი შრიფტით (ცხრილ 17). მაგალითად, მე-5 წლის და მე-3 დისციპლინის საშუალო ნიშნის პროცენტული რანგი, 38.0, ხვდება საკონტროლო საზღვრებს გარეთ: ის ნაკლებია, ვიდრე ქვედა საკონტროლო საზღვარი 41.37 (ცხრილი 20). ეს ნიშნავს, რომ აღნიშნული გამოცდა არ შეესაბამებოდა მოთხოვნებს. ამის მიზეზის დადგენა ითხოვს დამატებით ძალისხმევას, რადგანაც მათ შორის

შესაძლებელია იყოს: არასწორად შერჩეული საგამოცდო დავალება, მასწავლებლის არასწორი მუშაობა სემესტრის განმავლობაში და ასე შემდეგ. ანალოგიურად, მე-5 წლის და მე-5 საგნის საშუალო ნიშნის პროცენტული რანგია 83.5 და ის ზედმეტად მაღალია, იმიტომ რომ ის აღემატება ზედა საკონტროლო საზღვარს - 78.4 (ცხრილი 21). ეს მეტყველებს იმაზე, რომ გამოცდა იყო ძალზე ადვილი, რის მიზეზიც შეიძლება ყოფილიყო: არასწორად შერჩეული საგამოცდო დავალება, გამოცდის ცუდი ორგანიზაცია და ასე შემდეგ. წინა შემთხვევის მსგავსად, ეს შემთხვევა აგრეთვე საჭიროებს დამატებით გამოკვლევებს.

### **3.5. მთლიანი სასწავლო დაწესებულების დონეზე სასწავლო პროცესების ხარისხის კონტროლის მეთოდის ალგორითმი და პროგრამული უზრუნველყოფა**

ამგვარად, ჩვენ შევიმუშავეთ მოცემულ დისციპლინებში სხვადასხვა დროს ჩატარებული გამოცდების შედეგების შემოწმების მეთოდი. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა: 1. შევიმუშაოთ სტანდარტები გამოცდების შედეგების შეფასებისათვის (იგულისხმება, რომ მანამდე ყველა გამოცდის შედეგი იყო გათანაბრებული (თავი 2)); 2. დავადგინოთ სტანდარტების დასაშვები ინტერვალები; 3. განვსაზღვროთ ის გამოცდები, რომლებიც ვერ აკმაყოფილებენ სტანდარტებს. ეს მეთოდი ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდთან ერთად (თავი 2), მთლიანად ხსნის სასწავლო პროცესების ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის ამოცანას და შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც სასწავლო პროცესების მრავალ კომპონენტიანი ხარისხის კონტროლის მნიშვნელოვანი მდგენელი. მნიშვნელოვანია აგრეთვე აღვნიშნოთ, რომ ეს მეთოდი განკუთვნილია მთლიანი ორგანიზაციის დონეზე გამოსაყენებლად, რასაც ჩვენ შევარქვით ზედა იერარქიული დონე (თავი 1). მე 4 თავში იქნება განხილული დაბალი იერარქიული დონის ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის მეთოდი, სადაც შემოთავაზებული იქნება ცალკეული მასწავლებლების ჯგუფებში მუშაობის შეფასების მეთოდი.

შემდეგ პარაგრაფში ჩვენ წარმოვადგენთ მთლიანი მეთოდის (ექვინიშნიანი გათანაბრება, სტანდარტების დადგენა და საბოლოო

შედგების შეფასება) ალგორითმს და შესაბამისად შემუშავებულ საპროგრამო უზრუნველყოფას.

### 3.5.1. სასწავლო პროცესების ხარისხის კონტროლის მეთოდის ალგორითმი

2 და 3 თავების შედეგების შეჯამების საფუძველზე სასწავლო პროცესების სტატისტიკური კონტროლის მეთოდის ალგორითმი შეიძლება წარმოდგენილ იქნას შემდეგნაირად.

1. მონაცემების შეგროვება. ცხადია, რომ სტატისტიკური იდეოლოგიის თვალსაზრისით უდა ვეცადოთ რაც შეიძლება მეტი წლების მონაცემების შეგროვებას. პირველ რიგში, ეს უზრუნველყოფს შეფასებების საიმედოობას, მეორე რიგში კი, დაგვეხმარება განისაზღვროს შემოწმებადი დაწესებულების აკადემიური ტრადიცია და მისი დამყარებული პედაგოგიური დონე. უკანასკნელი არის სასწავლო პროცესის ხარისხის საერთო კონტროლის ერთერთი უმნიშვნელოვანესი მიზანი. აგრეთვე მიზანშეწონილია მონაცემებში ჩავართოდ რაც შეიძლება მეტი განსხვავებული საგანის შედეგები. მაგალითად, თუ მოწმდება კოლეჯის დეპარტამენტი (ფაკულტეტი) სასურველია შესამოწმებელ ჯგუფში ჩართული იქნას ყველა დისციპლინა, რომელიც აქ ისწავლებოდა ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში.

2.  $n$ -ით ავლნიშნოთ წლების რაოდენობა და  $m$ -ით – დისციპლინების რაოდენობა. ალგორითმის მეორე ნაბიჯი იქნება  $m \times n$  შერჩევითი კუმულატიური განაწილებების აგება (თითო  $i$  წლისათვის და  $j$

გამოცდისათვის)  $f_{ijk} = \frac{n_{ijk}}{N_{ij}}$  ტერმინებში, სადაც  $f_{ijk}$   $k$ -ური

შეფარდებითი სიხშირეა  $ij$ -ურ კუმულატიურ განაწილებაში,  $n_{ijk}$  - სიხშირეა  $ij$ -ურ კუმულატიურ განაწილებაში და  $N_{ij}$  იმ მოსწავლეების რაოდენობა, რომლებმაც  $i$ -ურ წელს  $j$ -ურ დისციპლინის გამოცდაში მიიღეს მონაწილეობა. ამ ეტაპის შედეგად ვღებულობთ  $F_{ij}(g)$  ( $i=1,2,\dots,n$ ;  $j=1,2,\dots,m$ ) შერჩევითი კუმულატიური განაწილებების სიმრავლეს.

3.  $F_{ij}(g)$  ( $i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m$ ) განაწილებების გაგლუვება. ამ მიზნით გამოიყენება რეგრესიული მეთოდი (პარაგრაფი 2.4.3.2). ამ ეტაპის შედეგათ ვლელბობთ  $mn$  კუმულატიური განაწილებების  $\mu_{ij}$  და  $\beta_{ij}$  პარამეტრების ორ ორ-განზომილებიან მასივს. შევნიშნოთ, რომ იგივე შედეგის მიყება არის შესაძლებელი 2.4.3.1 პარაგრაფის (37) ან (37') ფორმულების საფუძველზე.
4. სანიმუშო განაწილების შექმნა. ეს ეტაპი აღწერილია 2.4.2. მისი რეალიზაციისათვის უნდა განისაზღვროს საკონტროლო პარამეტრები  $g_p^l, F_p^l(g_p^l), g_p^u, F_p^u(g_p^u)$  და შემდეგ (34) და (35) მიხედვით გამოითვალოს სანიმუშო განაწილების საშუალო და ბეტა პარამეტრი.
5. ექვინიშნიანი გათანაბრება. ორივე განაწილებების (სანიმუშო და შერჩევითი) პარამეტრების ცოდნა საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ 2.4.3.3 პარაგრაფის ექვინიშნიანი გათანაბრების ფუნქცია (44) ყველა  $mn$  შერჩევით განაწილებისათვის. ექვინიშნიანი გათანაბრების პროცედურის საბოლოო შედეგს შეადგენს შემოწმებადი გამოცდების საშუალოების პროცენტული რანგების გარდაქმნის სახეები სანიმუშო განაწილებაში. ისინი წარმოდგენილი არიან  $m \times n$  მატრიცის სახით და წარმოდგენენ ერთიან სკალაზე დაყვანილ სიდიდეებს. ამ მატრიცის ფორმა წარმოდგენილია 3.2 პარაგრაფში, ცხრილი 14.
6. უჯრედების სტანდარტების გამოთვლა (უჯრედებში ლოდინის მნიშვნელობების გამოთვლა)  $\hat{f}_{ij} = \frac{f_{i \cdot} \cdot f_{\cdot j}}{f_{\cdot \cdot}}$  და მონაცემების დამოუკიდებლობის შემოწმება  $X^2$ -კრიტერიუმის მიხედვით. თუ დამოკიდებლობის ჰიპოტეზა არ იქნა მიღებული, მაშინ  $X^2$  განაწილების ცხრილი (ცხრილი 16, პარაგრაფი 3.2) უნდა შევადგინოთ, გამოვრიცხოთ უდიდესი მნიშვნელობები და გავიმეოროდ გამოთვლები: ყველა წინა ნაბიჯი უნდა გამეორდეს.
7. ქვედა და ზედა საკონტროლო საზღვრების გამოთვლა 3.3.2 პარაგრაფის (73) და (74) გამოსახულებების მიხედვით.

8. ქვედა და ზედა სკონტროლო საზღვრების შედარება გათანაბრებული საშუალო პროცენტილურ რანგებთან (ისინი მიღებულია მე 3 ეტაპზე) და იმ შედეგების გამორიცხვა, რომლებიც აღმოჩნდებიან ამ საზღვრებს გარეთ.

### 3.5.2. სასწავლო პროცესების ხარისხის კონტროლის მეთოდის პროგრამული უზრუნველყოფა

ჩვენ შევიმუშავეთ საპროგრამო უზრუნველყოფის კომპლექსი, რომელიც რეალიზაციას ახდენს სასწავლო პროცესების ხარისხის კონტროლის ყველა ეტაპზე. მთლიანობაში ის წარმოდგენილია დამატება1-ში. აქ კი ჩვენ მოკლედ აღვწერთ მასში შემავალ ძირითად ფუნქციებს, რომლებიც მთლიანად შეესაბამება წინა პარაგრაფში აღწერილი ალგორითმის ნაბიჯებს.

1. კუმულატიური განაწილების შესაქმნელი ფუნქცია

```
function Y=gennew(miu,sigma,n).
```

ის შეესაბამება მეორე ნაბიჯს, და მის გამოსასვლელზე ვღებულობთ მოცემული წლის და დისციპლინის ნიშნების კუმულატიურ განაწილებას.

2. ფუნქცია

```
function [regcoef1]=regres(ftrn2,gr2),
```

რომელიც შეესაბამება მესამე ნაბიჯს და ახდენს კუმულატიური განაწილების გარდასახვას და მის გაგლუვებას, რის შედეგად ვღებულობთ ამ განაწილების პარამეტრების (ლოდინის და ბეტას) მნიშვნელობებს.

3. ფუნქცია

```
function Fs=fsample(mius1,beta1, grade1),
```

რომელიც აყალიბებს და ითვლის სანიმუშო განაწილებას საჭირო პროცენტილურ რანგებს;

4. ფუნქცია

```
function[eqar]=equescore(mius, betas, grade),
```

რომელიც შეესაბამება მეხუთე ნაბიჯს და ახდენს მოცემული მედიანური პროცენტილის გარდაქმნას სანიმუშო განაწილებაში.

5. ფუნქცია

```
function cgt=contingency(con1)
```

რომელიც, შეესაბამება მეექვსე და მეშვიდე ნაბიჯებს. ის ითვლის ლოდინებს, ანუ სტანდარტებს, ზედა და ქვედა ზღვრებს, რის შედეგადაც პროგრამის მთავარ სხეულში ფიქსირდება ის შემთხვევები (წლები და დისციპლინები), რომლებიც არ პასუხობენ გამოთვლილ სტანდარტებს და შესაბამის საკონტროლო საზღვრებს (ნაბიჯი მერვე).

ამ პროგრამის მეშვეობით მოვახდინეთ 5 წლის და 6 საგნის (ეს იგი 30 ემპირიული განაწილების ანალიზი) საკონტროლო გამოთვლები. პროგრამის მუშაობის ილუსტრაციისათვის ქვევით მოგვყავს პირველი წლის და პირველი საგნის შედეგების კუმულატიური განაწილების, მისი გაგლუვების და შესაბამისი რეგრესიული ანალიზის შედეგები (მთლიანად 30 განაწილების შედეგები იკავებს 50 გვერდს, რიც გამოც ვერ მოგვყავს დეტალური ანალიზის ღისტინგი). დამატება 2 ნაჩვენებია მთლიანი ანალიზის შედეგები: მხოლოდ სტანდარტების, ზედა და ქვედა საკონტროლო საზღვრების ცხრილები და იმ გამოცდების სია, რომლებმაც ვერ დააკმაყოფილეს მოთხოვნები. ის აგრეთვე მოყვანილია მოცემული პარაგრაფის ბოლოში.

```

year      subject
1         1
r =0.9463
Table_of_Reg_Coeff
Coef      StdErr      tStat
7.4784    0.58696
-0.13815  0.010931

Table_of_ANOVA
Source    df      SS      MS      F
Regr     1.0    154.3260  154.3260  159.7332
Resid    8.0     7.7292    0.9661
Total    9.0    162.0552

```

ID	Array of grades	ID	Array of grades	ID	Array of grades	ID	Array of grades	ID	Array of grades
1	95.84	8	57.17	15	88.52	22	69.11	29	44.96
2	65.25	9	59.84	16	51.10	23	73.04	30	62.42
3	85.31	10	76.05	17	52.97	24	51.04	31	78.46
4	62.66	11	80.78	18	96.25	25	67.09	32	81.68
5	64.77	12	60.62	19	52.86	26	50.63	33	57.81
6	68.58	13	73.38	20	57.84	27	76.23	34	57.69
7	74.77	14	83.85	21	59.19	28	55.20	35	24.75



მიუღებელი

წელი	2	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5
დისციპლინა	2	1	1	2	3	4	6	1	3	4	5

**თავი მეოთხე. ხარისხის სტატისტიკური კონტროლი დაბალ იერარქიულ დონეზე: ერთი ჯგუფიში სწავლების შეფასების მეთოდოლოგია [81,82]**

**4.1. ერთი ჯგუფის სასწავლო პროცესის შეფასების მეთოდოლოგიის შემუშავება**

პარაგრაფ 1.6.2 ჩვენ ავლნიშნეთ, რომ ხარისხის კონტროლი, რომელიც არის ხარისხის უზრუნველყოფის ზოგადი პროცესის ნაწილი, შეიძლება განხორციელდეს იქნას ორ დონეზე:

1. მთლიანი სასწავლო ორგანიზაციის დონეზე, როცა კონტროლი მოიცავს სასწავლო ორგანიზაციის ყველა განყოფილებას (ფაკულტეტებს, დეპარტამენტებს) და მრავალი წლის შედეგებს; ამგვარი კონტროლის შედეგი არის მთლიანი ორგანიზაციის სასწავლო პროცესის ხარისხის შეფასება; მეორე და მესამე თავები ეძღვნება ამ ტიპის ხარისხის კონტროლის სტატისტიკური მეთოდების შემუშავებას;
2. სტუდენტების ინდივიდუალური ჯგუფების დონე, როცა კონტროლი მოიცავს მხოლოდ ერთ ჯგუფს და ერთ დისციპლინას. ეს დონე აგრეთვე ძალზე მნიშვნელოვანია, რადგანაც ის საშუალებას გვაძლევს გადავწყვიტოთ ხარისხის კონტროლის ერთერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ამოცანა: სწავლების კონტროლი (teaching review), რაც საშუალებას იძლევა შეფასდეს მასწავლებლების ინდივიდუალური და შედარებითი ეფექტურობა.

ამგვარად წინამდებარე თავი ეთმობა სწავლების დონის რიცხობრივ შეფასების მეთოდის შემუშავებას.

ჩვენ განვიხილავთ მოსწავლეთა ჯგუფის (სასწავლო კლასის) შემდეგ მოდელს. დაეუშვათ, რომ სტუდენტების რაოდენობაა  $n$  და შეფასებების რაოდენობა სემესტრის განმავლობაში (ის შეიცავს, ფინალურ, შუალედურ გამოცდებს, ქვიზებს ად ასე შემდეგ)  $m$ . ჩვენ ვუშვებთ, რომ ყოველი სტუდენტი სემესტრის განმავლობაში დებულობს  $m$  შეფასებას. ეს იმას ნიშნავს, რომ ნიშნების საბოლოო ცხრილი ჩვენ შეგვიძლია წარმოვადგინოთ, როგორც  $m$  სვეტების და  $n$  სტრიქონების მქონე მატრიცა  $A$ :

$$A = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1m} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{n1} & g_{n2} & \dots & g_{nm} \end{pmatrix}, \quad (76)$$

სადაც  $g_{ij}$  -  $i$ -ური მოსწავლის  $j$ -ური შეფასებაა.

ყველა ჩატარებული შეფასებების ტიპების (ფინალური და შუალედური გამოცდები, ქვიზები და ასე შემდეგ) ერთიანი ტერმინით გაერთიანებისათვის ჩვენ შემოვიღეთ სტატისტიკური ტერმინი შერჩევა (sampling). აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ტრადიციულად, როცა სტატისტიკაში ლაპარაკობენ შერჩევაზე, იგულისხმება, რომ არსებობს გენერალური ერთობლიობა უცნობი თეორიული პარამეტრებით, ასე რომ ტერმინი - შერჩევა ამ შემთხვევაში გულისხმობს, რომ კეთდება ამოკრეფა გენერალური ერთობლიობიდან. ჩვენს შემთხვევაში კი სტუდენტების ჯგუფი წარმოადგენს თავისთავად გენერალურ ერთობლიობას, იმიტომ რომ შემოწმების მიზანია შეფასდეს კონკრეტული ჯგუფი. მიუხედავად ამისა ჩვენ ვიხმართ ტერმინის **შერჩევას** თვითიული შეფასების დონისძიების აღნიშვნისათვის, ასე რომ შემდგომში  $m$  წარმოადგენს შერჩევების რაოდენობას, ხოლო  $j$  - მიმდინარე შერჩევას.

განვიხილოთ (76) მატრიცის ორი საშუალო:

1. მთელი ჯგუფის საერთო საშუალო

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij}}{mn}; \quad (77)$$

2. ცალკეული სტუდენტის საშუალო ნიშანი

$$\bar{g}_i = \frac{\sum_{j=1}^m g_{ij}}{m}. \quad (78)$$

ცხადია, რომ

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{g}_i}{n} \quad (79)$$

როგორც ეს მიღებულია დისპერსიულ ანალიზში (ANOVA) [83,84] ჩვენ შემოვიტანეთ შემდეგი სხვაობების კვადრატების ჯამები:

1.  $SS_T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (g_{ij} - \mu)^2$  - კვადრატების მთლიანი ჯამი.

2.  $SS_H = \sum_{i=1}^n (\bar{g}_i - \mu)^2$  - სხვაობების კვადრატების ჯამი, რომელიც განისაზღვრება სტუდენტების საშუალოების გადახრით საერთო საშუალოსგან;

3.  $SS_S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (g_{ij} - \bar{g}_i)^2 = \sum_{i=1}^n SS_{S_i}$  - ჯამი კვადრატების ჯამებისა, რომელიც განისაზღვრება თვითეული სტუდენტის მიმდინარე ნიშნის გვიგადახრისა მისი საშუალოსგან  $\bar{g}_i$ ,

სადაც  $SS_{S_i} = \sum_{j=1}^m (g_{ij} - \bar{g}_i)^2$  - i-ური სტუდენტის კვადრატების

ჯამია.

**წინანდადება 4.1.**

$$SS_T = mSS_H + SS_S. \quad (80)$$

**დამტკიცება.**

შემოტანილი კვადრატების ჯამი შეიძლება გამარტივდეს.

$$\begin{aligned} 1. SS_T &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (g_{ij} - \mu)^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij}^2 - 2\mu \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij} + mn\mu^2 = \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij}^2 - 2mn\mu^2 + mn\mu^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij}^2 - mn\mu^2. \end{aligned} \quad (81)$$

$$\begin{aligned}
2. mSS_H &= m \sum_{i=1}^n (\bar{g}_i - \mu)^2 = m \sum_{i=1}^n \bar{g}_i^2 - 2m\mu \sum_{i=1}^n \bar{g}_i + mn\mu^2 = \\
&= m \sum_{i=1}^n \bar{g}_i^2 - mn\mu^2
\end{aligned} \tag{82}$$

$$\begin{aligned}
3. SS_S &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (g_{ij} - \bar{g}_i)^2 = SS_S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij}^2 - 2m \sum_{i=1}^n \bar{g}_i^2 + m \sum_{i=1}^n \bar{g}_i^2 = \\
&= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij}^2 - m \sum_{i=1}^n \bar{g}_i^2.
\end{aligned} \tag{83}$$

ტოლობა (80) მტკიცდება სამივე ჯამის შეკრებით.

შემოღებულ კვარატების ჯამებს აქვთ შემდეგი თავისუფლების ხარისხები:  $SS_T - mn - 1$ ,  $SS_H - n - 1$  and  $SS_S - n(m - 1)$ . შევნიშნავთ, რომ  $(n - 1) + n(m - 1) = mn - 1$ . ეხლა შესაძლებელია შემოვიღოთ კვადრატების ჯამების საშუალოები:  $MSS_T = SS_T / (mn - 1)$ ;  $MSS_H = SS_H / (n - 1)$  და  $MSS_S = SS_S / (n(m - 1))$ . ამ სიდიდეების კვადრატული ფესვები წარმოადგენენ შესაბამის სტანდარტულ გადახრებს:  $\sigma_T = \sqrt{MSS_T}$ ;  $\sigma_H = \sqrt{MSS_H}$  and  $\sigma_S = \sqrt{MSS_S}$ .

აუცულებელია გაკეთდეს კომენტარები და განმარტებები შემოღებული კვადრატების ჯამების პედაგოგიურ მნიშვნელობებზე.

1. კვადრატების მთლიანი ჯამი  $SS_T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (g_{ij} - \mu)^2$  აჩვენებს

ცვალებადობას (ერთგვაროვნებას, ანუ ჰეტეროგენურობას) შემოწმებადი ჯგუფის სასწავლო პროცესში. ცხადია, რომ ამ სიდიდის ნულოვანი მნიშვნელობა შეესაბამება იდეალურ შემთხვევას, როცა ყველა სტუდენტის მოსწრება არის ერთნაირი (მაღალი ან დაბალი, ეს დამოკიდებულია  $\mu$  მნიშვნელობაზე). აგრეთვე ცხადია, რომ ეს შემთხვევა შეუძლებელია მოხდეს პრაქტიკაში, მაგრამ  $SS_T$  უნდა იქნას გამოყენებული, როგორც კლასში სასწავლო პროცესის ერთგვაროვნების, ზომა.

2. კვადრატების ჯამი  $SS_H = \sum_{i=1}^n (\bar{g}_i - \mu)^2$ , რომელიც განისაზღვრება

სტუდენტების საშუალო ნიშნების გადახრით ჯგუფის საშუალდან, მიუთითებს სტუდენტებს შორის არსებულ აკადემიურ არაეთგვაროვნებაზე:  $SS_H$  მაღალი მნიშვნელობები მიუთითებს სტუდენტების განხვავებულ აკადემიურ დონეზე, რაც საშუალებას

იძლევა განისაზღვროს ჯგუფში არსებული სხვადასხვა აკადემიური დონის მქონე ქვეჯგუფები.  $SS_H$  აგრეთვე შეიძლება გამოვიყენოთ მასწავლებლის სამუშაო გარემოს სირთულის ზომად: რაც მეტია ჯგუფის აკადემიური არაერთგვაროვნება, მით მეტ სირთულეს უქმნის ეს მასწავლებელს.

3.  $SS_S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (g_{ij} - \bar{g}_i)^2 = \sum_{i=1}^n SS_{S_i}$  - კვადრატების ჯამის კვადრატები,

რომელიც განისაზღვრება თვითოეული სტუდენტის მიმდინარე ნიშნის  $g_{ij}$  გადახრით მისივე საშუალოსაგან  $\bar{g}_i$ . ის შედგება თვითოეული სტუდენტის პერსონალური კვადრატების ჯამისაგან

( $i=1,2,\dots,n$ ):  $SS_{S_i} = \sum_{j=1}^m (g_{ij} - \bar{g}_i)^2$ . ეს უკანასკნელი წარმოადგენს

სტუდენტის აკადემიური სტაბილურობის ზომას.  $SS_{S_i}$  დაბალი მნიშვნელობა მიუთითებს სტუდენტის აკადემიურ სტაბილურობაზე (რა თქმა უნდა, აკადემიური მოსწრება ამ დროს შეიძლება იყოს დაბალი ან მაღალი, მაგრამ ის არის სტაბილური), ან, პირიქით, მაღალი მნიშვნელობა მიუთითებს სტუდენტის არასტაბილურ დამოკიდებულებაზე სასწავლო პროცესის მიმართ. ამავე დროს

$SS_S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (g_{ij} - \bar{g}_i)^2 = \sum_{i=1}^n SS_{S_i}$  წარმოადგენს მთელი ჯგუფის აკადემიური

სტაბილურობის ზომას. ცხადია, რომ სტაბილურობა დაკავშირებულია სტუდენტის მოტივაციასთან: სტუდენტი არის მოტივირებული, როცა მაღალია მისი საშუალო ნიშანი და დაბალია  $SS_{S_i}$  მაჩვენებელი.

უკანასკნელი კვადრატების ჯამი შეიძლება გამოვიყენოთ ორნაირად:  $SS_{S_i}$  უზრუნველყოფს მასწავლებელს საკმაოდ ღირებული ინფორმაციით კონკრეტული სტუდენტის მიმდინარე აკადემიურ მდგომარეობაზე, და თუ ამ კრიტერიუმის მნიშვნელობები არის მაღალი, მაშინ მასწავლებელმა უნდა მიიღოს სტუდენტზე ზემოქმედების გარკვეული ზომები, რათა მან შეცვალოს მისი დამოკიდებულება სასწავლო პროცესისადმი. ამავე დროს  $SS_M$  სიდიდე შეიძლება გამოყენებულ იქნას, როგორც მასწავლებლის შეფასების კრიტერიუმი:

ის უზრუნველყოფს ხარისხის სამსახურს (და, რა თქმა უნდა მასწავლებელსაც თვითშეფასებისათვის) ინფორმაციით კლასში მასწავლებლის მუშაობის ეფექტურობაზე: ამ სიდიდის მაღალი მნიშვნელობები მიუთითებენ მთლიანად კლასის დაბალ აკადემიურ სტაბილურობაზე. ამგვარი მდგომარეობის ერთერთ მიზეზად შეიძლება ჩაითვალოს მასწავლებლის მუშაობის ნაკლოვანება.

საბოლოოდ,  $SS_S$  და  $SS_{S_i}$  შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც სტაბილურობის კრიტერიუმები:  $SS_M$  – მთლიანი ჯგუფის, ხოლო  $SS_{M_i}$  – ცალკეული მოსწავლისა.

#### 4.2. ერთი ჯგუფის სასწავლო პროცესის შეფასების ინდექსები.

წინადადება 4.1 საფუძველზე ჩვენ შეგვიძლია შემოვიღოთ შეფარდებითი ზომები, ანუ ინდექსები

$$k_H = 1 - \frac{mSS_H}{SS_T} \quad (84)$$

და

$$k_S = 1 - \frac{SS_S}{SS_T} . \quad (85)$$

თუ გავითვალისწინებთ შემოტანილ ჯამებზე ზემოთ მოყვანილ კომენტარებს,  $k_H$  შეიძლება დაერქვას მოსწავლეთა ჯგუფის არაერთგვაროვნების ინდექსი, ხოლო  $k_S$  – ჯგუფის სტაბილურობის ინდექსი. შევნიშნოთ, რომ 1.  $0 \leq k_H, k_S \leq 1$  და 2.  $k_H + k_S = 1$  (უკანასკნელი გამომდინარეობს (80) საგან:  $(mSS_H + SS_S) / SS_T = k_H + k_S = 1$ ). აქ ორივე ინდექსის ახლობლობა ერთთან ნიშნავს, შესაბამისად დაბალ არაერთგვაროვნებას და მაღალ სტაბილურობას. თავის მხრივ სტაბილურობის ინდექსი  $k_S$  შეიძლება წარმოდგენილ იქნას, როგორც მოსწავლეების სტაბილურობის პერსონალური ინდექსების ჯამი

$$k_S = \sum_{i=1}^n k_{S_i} = \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{SS_{S_i}}{SS_T}\right), \quad \text{სადაც } k_{S_i} = 1 - \frac{SS_{S_i}}{SS_T} - i \text{ -ური მოსწავლის}$$

ინდივიდუალური სტაბილურობის ინდექსია.

შემუშავებული ინდექსები განკუთვნილია ერთი ჯგუფის სასწავლო მდგომარეობის შეფასებისათვის. სხვადასხვა ჯგუფებს გააჩნიათ

სტუდენტთა  $n$  და შეფასებების  $m$  განსხვავებული რაოდენობები. ამავე დროს შემოღებული კვადრატების ჯამები ძლიერ დამოკიდებულია ამ სიდიდეებზე. იმისათვის, რომ ვაწარმოთ სხვადასხვა ჯგუფების შედარება საჭიროა შემოვიღოთ ისეთი კრიტერიუმები, რომლებიც არ იქნებიან დამოკიდებულნი ამ სიდიდეებზე.

#### 4.3. განსხვავებულ ჯგუფებში სასწვლო პროცესების შედარებითი ინდექსები

ამგვარი ინდექსების როლში შესაძლებელია გამოვიყენოთ კვადრატების ჯამების საშუალოები, რომლებიც არიან გასაშუალოებულები მათი თავისუფლების ხარისხების მიმართ, რის გამოც ისენი შეიძლება გამოვიყენოთ ამგვარი შედარებებისათვის.

როგორც უკვე ავღნიშნეთ, შემოღებულ კვადრატების ჯამებს აქვთ შემდეგი თავისუფლების ხარისხები:  $SS_T - mn-1$ ,  $SS_H - n-1$  and  $SS_S - n(m-1)$ . შევნიშნავთ, რომ  $(n-1) + n(m-1) = mn-1$ . ეხლა შესაძლებელია შემოვიღოთ კვადრატების ჯამების საშუალოები:  $MSS_T = SS_T / (mn-1)$ ;  $MSS_H = SS_H / (n-1)$  და  $MSS_S = SS_S / (n(m-1))$ . ამ სიდიდეების კვადრატული ფესვები წარმოადგენენ სტანდარტულ გადახრებს:  $s_T = \sqrt{MSS_T}$ ;  $s_H = \sqrt{MSS_H}$  და  $s_S = \sqrt{MSS_S}$ .

$i$  და  $j$  ჯგუფების არაერთგვაროვნების და სტაბილურობის შედარებითი ინდექსები შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგნაირად

$$k_H^{ij} = 1 - \frac{s_H^i}{s_H^j} \quad \text{თუ } s_H^i \leq s_H^j$$

და

$$k_H^{ji} = 1 - \frac{s_H^j}{s_H^i} \quad \text{თუ } s_H^j \leq s_H^i;$$

(8)

6)

$$k_S^{ij} = 1 - \frac{s_S^i}{s_S^j} \quad \text{თუ } s_S^i \leq s_S^j$$

და

$$k_S^{ji} = 1 - \frac{s_S^j}{s_S^i} \quad \text{თუ } s_S^j \leq s_S^i.$$

(8)

7)

ამის მსაგავსად შესაძლებელია შევადაროთ ჯგუფების ჯამური ვარიაციურობა შემდეგი შეფარდებების მეშვეობით

$$k_T^{ij} = 1 - \frac{s_T^i}{s_T^j} \text{ თუ } s_T^i \leq s_T^j$$

და

$$k_T^{ji} = 1 - \frac{s_T^j}{s_T^i} \text{ თუ } s_T^j \leq s_T^i.$$

(8)

8)

მოყვანილი ინდექსები არის არაუარყოფითი სიდიდეები და ისინი აჩვენებენ  $i$  ჯგუფის უპირატესობას  $j$ -თან შედარებით (ინდექსები  $k_H^{ij}, k_S^{ij}, k_T^{ij}$ ) და  $j$  ჯგუფის უპირატესობას  $i$ -თან შედარებით (ინდექსები  $k_H^{ji}, k_S^{ji}, k_T^{ji}$ )

ჩამოთვლილი ინდექსები წარმოადგენენ მოსწავლეების განსხვავებულ ჯგუფებში სასწავლო პროცესების მდგომარეობის ობიექტური შედარების ეფექტურ ზომებს.

#### 4.4. რიცხობრივი მაგალითი

##### ა. ერთი ჯგუფის შეფასება

ჩვენ განვიხილავთ შეფასების შემუშავებულ პროცედურას პირველი კურსის სტუდენტებისთვის, რომლებიც სწავლობდნენ ინგლისურ ენას 1 სემესტრის განმავლობაში (შავი ზღვის საერთაშორისო უნივერსიტეტი, ამერიკანისტიკის დეპარტამენტი). სტუდენტების მთლიანი რაოდენობაა 16, სემესტრის ხანგრძლიობა 16 კვირა (ამგვარად  $m=14$  და  $n=16$ ). შესაბამისი მონაცემები მოყვანილია ცხრილ 22.

სტუდენტების ერთ სემესტრიანი მოსწრება

ცხრილი 22

სტუდენტი	ნიშანი/კვირა													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77	60	65
2	80	78	0	0	0	0	60	80	78	0	0	72	90	75
3	0	0	0	0	0	0	60	73	72	0	0	72	90	75
4	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	20	95	65
5	60	0	60	0	0	60	65	0	0	0	0	60	95	85
6	0	80	80	0	80	85	70	80	90	80	0	80	95	90
7	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	100	90	99
8	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	100	90	99
9	78	80	75	78	0	60	0	0	0	0	0	62	100	90
10	85	90	90	90	80	70	70	70	70	85	85	88	100	100
11	0	0	0	0	0	80	0	0	70	85	0	65	90	75



12	0	0	0	0	0	79	0	0	0	0	0	70	95	78
13	90	90	88	80	80	60	80	90	90	90	80	86	100	88
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	95	78
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	85	80
16	0	0	80	0	0	0	0	75	0	0	0	87	90	80

ჩვენ არ მოგვყავს დეტალური გამოთვლები, რომლებიც ჩატარებული იქნა ზემოდ მოყვანილი გამოსახულებების მიხედვით, და უჩვენებთ მხოლოდ საბოლოო შედეგს.

კვადრატებს ჯამები ტოლია:  $SS_T = 370,788.96$ ;  $SS_S = 264,165.21$ ;  $mSS_H = 106,759.75$ . შესაბამისი ინდექსების მნიშვნელობებია:  $k_H = 0.71$  and  $k_S = 0.29$ . ეს ნიშნავს, რომ მოცემული ჯგუფი შეიძლება დახასიათდეს როგორც ზომიერად ერთგვაროვანი ( $k_H$  ახლოსაა ერთთან), მაგრამ ამავე დროს ძლიერ არასტაბილურია ( $k_S$  მნიშვნელობები დაბალია). უკანასკნელმა შედეგმა განაპირობა მთლიანი ჯგუფის საშუალო შეფასების დაბალი მნიშვნელობა  $\mu = 37$ .

სტაბილურობის ინდექსი

ცხრილი 23

სტუდენტი	საშუალო ნიშანი	$SS_{M_i} = (g_{ij} - \bar{g}_i)^2$	$k_{M_i} = 1 - \frac{SS_{M_i}}{SS_M}$
1	2	2	3
1	14.43	10,839.43	0.96
2	43.79	20,636.36	0.92
3	31.57	19,067.43	0.93
4	17.14	13,135.71	0.95
5	34.64	18,073.21	0.93
6	65.00	16,600.00	0.94
7	26.36	24,575.21	0.91
8	24.93	22,800.93	0.91
9	44.50	22,013.50	0.92
10	83.79	1,438.36	0.99
11	33.21	21,030.36	0.92
12	23.00	18,844.00	0.93
13	85.14	1,093.71	1.00
14	16.64	14,831.21	0.94
15	18.21	17,080.36	0.94
16	29.43	21,969.43	0.92

სტაბილურობის ინდექსი ცხადყოფს, თუ რატომ არის 10 და 13 სტუდენტების საშუალო ნიშანი შეუდარებლად მაღალი, ვიდრე დანარჩენების: ორივე სტუდენტი აბსოლუტურად სტაბილურია, შესბამისი ინდექსების 0.99 და 1 მნიშვნელობებით (ცხრილი 23).

**ბ. ორი ჯგუფის შედარება**

ორივე ჯგუფის მონაცემები შედგება 15 სტუტენტის და 10 შეფასებიდან. შეფასების სკალა 100 ბალიანია. ნიშნები მოყვანილია ცხრილ 24 და 25<sup>4</sup>.

პირველი ჯგუფის ნიშნები ცხრილი 24

სტუდენტი/გამოცდა	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	47	81	70	73	80	79	72	75	77	89
2	88	67	91	96	78	90	83	88	89	93
3	82	74	69	81	76	84	75	83	85	84
4	67	73	75	63	67	79	78	79	93	88
5	90	83	92	92	88	98	85	98	88	94
6	37	56	70	65	72	65	76	78	76	86
7	46	58	75	79	67	78	86	74	81	74
8	48	79	79	64	78	86	94	79	74	69
9	58	62	59	68	80	79	79	86	75	79
10	45	46	71	72	78	73	75	79	75	74
11	56	88	81	66	74	76	73	87	79	78
12	68	78	64	75	79	72	79	79	73	84
13	52	65	79	62	59	67	75	75	83	68
14	38	57	73	85	68	77	75	67	73	56
15	57	75	67	69	75	76	67	74	72	89

მეორე ჯგუფის ნიშნები ცხრილი 25

სტუდენტი/გამოცდა	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	60	51	54	62	62	68	70	72	75	78
2	30	78	25	34	55	80	12	56	43	75
3	75	80	77	73	86	85	73	75	75	76
4	0	55	12	23	67	0	53	0	62	65
5	51	57	48	54	51	60	67	79	71	71

<sup>4</sup>როგორც მოითხოვს ორი ჯგუფის კორექტული შედარების პროცედურა, ორივე ჯგუფის ნიშნები იყო წინასწარ გათანაბრებული (თავი 2).

6	0	0	0	0	0	57	62	100	45	72
7	67	56	48	52	63	66	61	72	74	68
8	12	62	100	57	100	54	0	73	95	73
9	56	54	45	76	56	68	63	75	71	72
10	0	0	0	0	0	79	74	79	0	0
11	100	100	64	0	82	73	0	83	0	69
12	63	60	52	65	67	62	56	58	77	75
13	12	15	23	56	88	12	71	71	0	0
14	74	62	71	62	57	34	83	67	72	71
15	0	0	0	0	64	79	81	72	0	100

კვადრატების საშუალოების და შედარების ინდექსების გაანგარიშების შედეგები (ფორმულები 86-88) ნაჩვენებია ცხრილში 26.

შედარების ინდექსები		ცხრილი 26
კვადრატების ჯამი (ჯგუფი 1)	კვადრატების ჯამი (ჯგუფი 2))	შედარების ინდექსები
$MSS_T=134.72$	$MSS_T=94.48$	$k_T^{21} = 29.87\%$
$MSS_S=103.10$	$MSS_S=24.07$	$k_H^{21} = 45.26\%$
$MSS_H=43.97$	$MSS_H=79.23$	$k_S^{21} = 23.06\%$

პირველი შეხედვით, ძნელია ვიპოვოთ განსხვავებები პირველ და მეორე ჯგუფებს შორის, მაგრამ შემუშავებული ინდექსები საშუალებას იძლევა აღმოვაჩინოთ მნიშვნელოვანი განსხვავება მათ შორის. მეორე ჯგუფის აკადემიური შედეგები უკეთესია ვიდრე პირველის: მთლიანი ვარიაციურობა 30%-ით მეტია, არაეთვაროვნება -45%, ხოლო სტაბილურობა- 23%. ცხადია, რომ სასწავლო პროცესი პირველ ჯგუფში უნდა შეფასდეს როგორც უფრო ეფექტური, რაც სწავლების ხარისხის საბოლოო შეფასების საშუალებას იძლევა.

#### 4.5. დასკვნა

შემუშავებულია სწავლების შეფასების ახალი რიცხობრივი მეთოდი. გამოცდების ნიშნების საფუძველზე მეთოდი ცალკეული ჯგუფებში სწავლების ეფექტურობის, და ორი (ან მეტი) ჯგუფების სწავლების შედარებითი ეფექტურობის შეფასების საშუალებას იძლევა.

სწავლების ეფექტურობის შეფასებისათვის შემოღებულია არათეგვაროვნების, სტაბილურობის და მთლიანი ვარიაბელურობის ინდექსების სისტემა როგორც ცალკეული ჯგუფისათვის, ასევე ორი (ან მეტი) ჯგუფების შედარებისათვის. მეთოდი აღვილია გამოსაყენებლად, და მასწავლებლების რანჟირების საშუალებას იძლევა, რაც წყვეტს სწავლების ხარისხის კონტროლის ერთერთ უმთავრეს ამოცანას სასწავლო პროცესის ხარისხის კონტროლის დაბალ იერარქიულ დონეზე.

### კვლევის შედეგები

1. შეიქმნა განათლების პროცესების სტატისტიკური ხარისხის კონტროლის ზოგადი პრინციპები და მიდგომები;
2. შემუშავებულია მოსწავლეების შეფასებების (ნიშნების) ერთიან სკალაზე დაყვანის ახალი მეთოდი – ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდი;
3. შემუშავებულია მოსწავლეთა ჯგუფის შეფასებების (ნიშნების) სანიმუშო განაწილების განსაზღვრის ზოგადი მეთოდი;
4. განათლების პროცესების სტატისტიკური ხარისხის კონტროლის ამოცანებისათვის მოდიფიცირებულია ფაქტორული ცხრილების სტატისტიკური მეთოდოლოგია;
5. შემუშავებულია სასწავლო პროცესის შეფასებების რიცხობრივი სტანდარტების და მათი დასაშვები ინტერვალების შეფასების მეთოდიკა;
6. შემუშავებულია სწავლების ეფექტურობის შეფასების მეთოდიკა, როგორც ცალკეული მასწავლებლების, ასევე მათი შედარებითი ეფექტურობის შეფასებისთვის;
7. შემუშავებულია შესაბამისი საპროგრამო უზრუნველყოფა (MaLab-ის საპროგრამო ენაზე).

ზემოთ ჩამოთვლილი მიღებული სამეცნიერო შედეგები საშუალებას იძლევა განხორციელდეს მიმდინარე სასწავლო პროცესის ხარისხის ზუსტი და ობიექტური შეფასება, რაც უმთავრესია სასწავლო ორგანიზაციების წარმატებული მენეჯმენტის პროცესში.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. Ishikawa K. Guide to Quality Control, Tokyo: Asian Productivity Council., 1986. 123 p.
2. IWA 2: Quality management systems- Guidelines for the application of ISO 9001 :2000 in education, Geneva: ISO., 2003, 61p.
3. Kartha C.P., A comparison of ISO 9000: 2000 quality system standards, QS9000, ISOITS 16949 and Baldrige criteria, The TQM Magazine,2004, 16(5), 331-340.
4. Coiling C. and Harvey L., Quality control assurance and assessment in the link to continuous improvement, Quality Assurance in Education.,1995, 3(4), pp. 30-34.
5. The Danish Education Institute. Quality procedures in European Higher Education: An ENQA survey, Helsinki: European Network for Quality Assurance in Higher Education, 2003, 120 p.
6. Frazer M., Quality assurance in higher education., Quality Assurance in Higher Education, London, Falmer Press, 1992, pp. 9-25.
7. Harman G., The management of quality assurance: A Review of International Practice, Higher Education Quarterly, 2004, 52(4), pp.345-364.
8. Bell D., McBride P. and Wilson G., Managing Quality, Oxford: Butterworth-Heinemann, 1994, 245 p.
9. Dale B.G. and Plunkett J.J., Managing Quality, Hertfordshire: Philip Allan, 1998, 405p.
10. Rossi P., Assessing family preservation programs., Children and Youth Service Review, Volume 14, Issue 1-2, 1992, pp. 77-97
11. Harvey L., Green D., Defining Quality. Assessment and Evaluation in Higher Education, 1993, Vol 18. No 1, pp.20-33
12. Harvey L., An Assessment of Past and Current Approaches to Quality in Higher Education. Australian Journal of Education, 1999,Vol 43, No 3., pp. 2-19
13. Hernon P., Quality: new directions in the research. Journal of Academic Librarianship, 2002, Vol 28, Issue 4. p.35-55
14. Lomas L., Does the Development of Mass Education Necessarily Mean the End of Quality. Quality in Higher Education, 2002, Vol 8, No 1.,
15. McKay J., Kember D., Quality assurance systems and educational development: part 1 – the limitations of quality control. Quality Assurance in Education, 1999, Vol 7, No 1, pp.25-29

16. Rossi P., Freeman H., Evaluation: A Systematic Approach, 4th edn London, Sage, 1989, 220 p.
17. Scot C., Burns A., Cooney, G. Reasons for Discontinuing Study: The Case of Mature Age Female Students with Children. Higher Education, 1996, Vol. 31, N<sup>o</sup>2, pp.233-253
18. Tam M. Measuring Quality and Performance in Higher Education. Quality in Higher Education, 2001, Vol 7, No 1., pp.47-54
19. Wahlen S., Is there a Scandinavian Model of Education of higher Education? Higher Education Management, 1998, Vol 10, No 3., pp.27-153
20. Westerheijden D., Kristoffersen D., Sursoc A., Kõrghariduse kvaliteedikindlustus. Kvaliteedikindlustuse juhend: Metoodika ja praktika. EC/Phare/ETF, 1998.
21. Barnett R., Improving Higher Education: Total Quality Care, Buckingham: SRHE&OU, 1992, pp. 527-534
22. Barrow R., The educated intelligence. Quoted in Barnett, 1992.
23. Bell, D.; McBride, P. and Wilson, G. (1994). Managing Quality, Oxford: Butterworth-Heinemann.
24. Arcaro J.S., Quality in Education: an Implementation Handbook, Florida: St. Julius Press, 1995 234 p.
25. ENQA, European Association for Quality Assurance in Higher Education (). Standards and Guidelines for Quality Assurance in European Higher Education Area, Helsinki: The Association, 2005
26. Challis M., Introduction APEL, London, Routledge Falmer:1993, 321 p.
27. Harvey L. Accreditation Models in Higher Education: Experiences and Perspectives, Helsinki: European Network for Quality Assurance in Higher Education, 2004
28. Koul B.N., Towards a culture of quality in open distance learning: Present possibilities, in Koul, B.N. and Kanwar, A. (eds), Towards a Culture of Quality, Vancouver: COL, 2006
29. Lagrosen S., Seyed-Hashemi R. and Leitner, M., Examination of the dimension of quality in higher education, Quality Assurance in Education, 2004, 12(2), 61-69.
30. Lewis R.G., and Smith D.H., Total Quality in Higher Education, Delray Beach: St. Lucie Press, 1994, 331 p.

31. Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area (EHEA), European Association for Quality Assurance in Higher Education . Helsinki, Finland, 2005
32. Shewhart. W. A., Economic Control of Quality of Manufactured Product, ASQ Quality Press, 1931, 501 p.
33. Oakland J., Statistical Process Control Butterworth-Heinemann, Business & Economics, 1996, 438 p.
34. De Feo, Joseph A.; Barnard, William (2005). JURAN Institute's Six Sigma Breakthrough and Beyond - Quality Performance Breakthrough Methods. New York, NY: McGraw-Hill Professional. ISBN 0071422277. [http://books.google.com/books?id=0VHaTb6LJ4QC&printsec=frontcover&dq=%22six+sigma%22&source=gbs\\_summary\\_r&cad=0](http://books.google.com/books?id=0VHaTb6LJ4QC&printsec=frontcover&dq=%22six+sigma%22&source=gbs_summary_r&cad=0).
35. Brues G., Six Sigma for Managers. New York: McGraw-Hill, 2002, 409 p.
36. Duncan A. J. Quality Control and Industrial Statistics. 5th ed. Homewood, Ill.: Irwin, 1986, 378 p.
37. Evans James R., and William M. Lindsay. The Management and Control of Quality. 4th ed. Cincinnati: South-Western, 2010, 848 p.
38. Feigenbaum A. V. Total Quality Control. New York: McGraw-Hill, 1991, 516 p.
39. Grant E. L., and Leavenworth R. S., Statistical Quality Control. 6th ed. New York: McGraw-Hill, 1998, 714 p.
40. Hoyer R.W., and C. E.Wayne. "A Graphical Exploration of SPC, Part 1." Quality Progress, 29, no. 5, 1996, pp.65-73.
41. Juran J. M., and F. M. Gryna. Quality Planning and Analysis, 2nd ed. New York:McGraw-Hill, 1980, 288 p.
42. Wadsworth H. M., K. S. Stephens and A. B. Godfrey. Modern Methods for Quality Control and Improvement. New York:Wiley, 1986, 671 p.
- 43.
44. Savić, M.. *p*-Charts in the Quality Control of the Grading Process in the High Education. PANOECOMICUS, 2006, 3, str. 335-347
45. Bloomberg, S. G. "Applying Statistical Process Quality Control to Educational Settings". Education Resource Information Center, <http://www.eric.ed.gov/>.
46. Barnes B. J., Van Wormer J.W. What Happens When Quality goes to School. <tp://www.aaps.k12.mi.us/ptoc.0506/files/QualityWorkshopSlides.pdf>.

47. Milnikova I. Basic Procedures of Statistical Quality Control in Education.// J. International Black Sea University Scientific Journal, 2011, Vol 5, No2, pp. 83-92
48. Prangishvili A., Milnikova I., Dzidziguri G. Statistical Foundations of Quality Control of Education Process// Georgian Engineering News, 2011, 3, pp.5-10
49. Kolen M.J, Brennan R.L. Test Equating, Scaling and Linking. methods and Practice. Springer, 2004, 548 p.
50. Angoff W. H. Scales, norms, and equivalent scores. Princeton, NJ: Educational Testing Service.1984, 529 p.
51. Holland P. W., & Thayer D. T. Notes on the use of log-linear models for fitting discrete probability distributions (Program Statistics Research Technical Report No. 87-79). Princeton, NJ: Educational Testing Service, 1987,
52. Holland P. W., & Thayer D. T. The kernel method of equating score distributions (Program Statistics Research Technical Report No. 89-84). Princeton, NJ: Educational Testing Service, 1989, 219 p.
53. Holland P. W., Thayer D. T. Univariate and bivariate loglinear models for discrete test score distributions. Journal of Educational and Behavioral Statistics, 2000, 25(2), pp.133-183.
54. Kolen, M. J. Smoothing methods for estimating test score distributions. Journal of Educational Measurement, 1991, 28, pp.257-282.
55. Liou M., Cheng P. E., Asymptotic standard error of equipercentile equating. Journal of Educational and Behavioral Statistics, 1995, 20(3), pp.259-286.
56. Livingston, S. A. Small-sample equating with log-linear smoothing. Journal of Educational Measurement, 1993, 30, pp.b 23-39.
57. Livingston S. A., Dorans N. J., Wright, N. K., What combination of sampling and equating methods works best? Applied Measurement in Education, 1990, 3(1), pp. 73-95.
58. Lord, F. M. Applications of item response theory to practical testing problems, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1980, 512 p.
59. Angoff, W. H. ,Test reliability and effective test length, Psychometrika, 18, 1962, pp.27-34
60. Milnikova I. A new quantitative evaluation method in the quality control of education process// Georgian Engineering News, 2009, №3, pp. 22-28.



61. Prangishvili A., Milnikova I., Dzidziguri G. The method of Equiscore Equating for Statistical Quality Control of Education Process // Georgian Engineering News, 2011, 4, pp. 5-10
62. Cui Z., Kolen M. J. Evaluation of two new smoothing methods in equating: The cubic B-spline presmoothing method and the direct presmoothing method. Journal of Educational Measurement, 2009, 46(2), pp. 135–158.
63. Holland, P. W., & Thayer, D. T., The kernel method of test equating. New York, NY: Springer-Verlag, 2004, pp.554-557
64. Moses T., Liu L., Principles and practices of test score equating (ETS Research Report No. RR-10-29), Princeton, NJ: ETS, 2010, 25 p.
65. Hanson B. A., Zeng L., Colton D. A comparison of presmoothing and postsMOOTHING methods in equipercenTile equating (ACT Research Report 94-4). Iowa City, IA: ACT., 1994, 24 p.
66. Holland P. W., Two Measures in change in gaps between CDFs of test-score distributions, Journal of Educational Behavioral statistics ,2002, 27(1), pp.3-18
67. Pommerich A.M., Holland P. W. (Eds.), Linking and aligning scores and scales, New York, NY: Springer Science+Business Media, 2004, LLC, pp. 5–30
68. Holland P. W., & Thayer D. T., Univariate and bivariate loglinear models for discrete test score distributions. Journal of Educational and Behavioral Statistics, 2000, 25, 133–183.
69. Andersen A. H.
70. Multidimensional contingency tables. Scand. J. Statist. 1, 1974, pp. 115–127
71. Asmussen S. and Edwards D. Collapsibility and response variables in contingency tables. Biometrika 70,1983, pp. 567–578
72. Bishop Y. M. M., Fienberg S.E. and Holland P. W. Discrete Multivariate Analysis: Theory and Practice. MIT Press, Cambridge, Mass, 1975, 557 p.
73. Upton, G. J. G. (1978) *The Analysis of Cross-tabulated Data*, John Wiley. Edwards, D. and Havr´anek, T. A fast model selection procedure for large families of models. J. Amer. Statist. Assoc, 1987, 82, pp. 205–211
74. Haberman S. J. Generalized Residuals for Log-Linear Models, Proceedings of the 9th International Biometrics Conference, 1976, Boston, pp. 104-122.
75. Pearl J., Probabilistic Inference in Intelligent Systems. Morgan Kaufmann, San Mateo,1988, 324 p.

76. Wermuth N., Analogies between multiplicative models in contingency tables and covariance selection. *Biometrics* 1976, 32, pp. 95–108
77. Wermuth, N. and Lauritzen S. L. Graphical and recursive models for contingency tables. *Biometrika*, 1983, 70, pp. 537–552
78. Whittaker J., Fitting all possible decomposable and graphical models to multiway contingency tables. In Havr'ánek, T. (ed.). *COMPSTAT 84*, . Physica Verlag, Vienna, 1984, pp. 98–108
79. Milnikova I. Elaboration of Standards For Statistical Quality Control of Education Process // *Intellectual*. 2010, №19, pp.194-199
80. Milnikova I. Method of Unitary Scaling and Evaluation of Quality Standards in Education // *American Studies International Research Conference Materials*, 2011, Tbilisi, Georgia, pp. 68-75
81. Grenander U., Rosenblatt M. *Statistical Analysis of Stationsry time series*. Stockholm, Almqvist and Wiksell, 1956, 307 p.
82. Вентцель А.Д. Курс теории случайных прцессов. М., Наука, 1975, 325 с.
83. Milnikova I., A System of Indices for Teaching Review.// *Georgian Engineering News*, 2011, 3, pp.11-17
84. Milnikova I., Shioshvili T. Quantitative Methods for Teaching Review.//*J. International Black Sea University Scientific Journal*, 2011, Vol 5, No2, pp. 83-92

## დამატება 1

სასწავლო პროცესების ხარისხის კონტროლის პროგრამული უზრუნველყოფის ტექსტი

```
function qualeduc2(parameters,nyears)
global n;
%
%-----begining_of_gennew-----
% _
function Y=gennew(miu,sigma,n)
%_generation of input array_____
for i=1:n
    YG(i)=random('norm',miu,sigma);
    if YG(i)>100
        YG(i)=100-random('unif',1,0.1);
    end;
    if YG(i)<=0
        YG(i)=5+random('unif',0.1,0.1);
    end;
    Y(i)=YG(i);
end;
%-----parameters_for_BIN-----
z=sort(YG);
A=1;
B=100;
m=10;%length of the bin
s=(B-A)/m;%step of the bin
l=1;
%-----begining_of_cumulative_distribution-----
for i=1:m
    cum(i)=0;
    fcum(i)=0;
    ftrn(i)=0;
    gr(i)=0;
end;
for k=1:m
    for i=1:n
        if z(i)<=A+k*s&&z(i)>A+(k-1)*s
            cum(k)=1;
            l=l+1;
        end;
    end;
    l=1;
end;
fcum(1)=cum(1);
for i=2:m
    fcum(i)=fcum(i-1)+cum(i);
end;
gr(1)=A;
for i=1:m
```

```

    fcum(i)=fcum(i)/fcum(m);
    if i<m
        gr(i+1)=A+i*s;
    end;

    if fcum(i)==0
        fcum(i)=i*0.001;
    end;
    if fcum(i)==1
        fcum(i)=1-(m-(i-1))*0.001;
    end;
end;
%figure;
%plot(gr,fcum,'ko');
%_____End_ofCumulative_____

%__block_of__transforming
for i=1:m
    ftrn(i)=log(1/fcum(i)-1);
end;
%figure;
%plot(gr,ftrn,'ko');
%fprintf('%10s','
%_____Regressin_analisis_

    %fprintf('\n')
    % fprintf ('%10s','ID',' ','Array_of_Grades',' ','Cum. Distr',
'', 'Trans.Probab.')
    %for i=1:n
        %fprintf('\n')
        %fprintf('%10.4f',i)
        %fprintf('%10s',' ')
        %fprintf('%10.4f',YG(i))
        %fprintf('%10s',' ')
        %if i<=m
            %fprintf('%10.4f',fcum(i))
            %fprintf('%10s',' ')
            %fprintf('%10.4f',ftrn(i))
        %end;
        %fprintf('\n')
    %end;
    regcoef=regres(ftrn,gr);
end;
%_____end_of_genenw_____
_____

function [regcoef1]=regres(ftrn2,gr2)

stats = regstats(ftrn2,gr2);

%_____block_of
Output_of_regression_____
t = stats.tstat;
regcoef1=t.beta;

%_____block_of_output_of_regression_and correlation
r=stats.adjrsquare;

```

```

    Table_of_Reg_Coeff = dataset({t.beta, 'Coef'}, {t.se, 'StdErr'},
    {t.t, 'tStat'}, {t.pval, 'pVal'})

```

```

%_____block_of_output_of_ANOVA_____

```

```

f=stats.fstat;
    fprintf('\n')
fprintf('Table_of_ANOVA');
fprintf('\n\n')
fprintf('%6s', 'Source');
fprintf('%10s', 'df', 'SS', 'MS', 'F', 'P');
fprintf('\n')
fprintf('%6s', 'Regr');
fprintf('%10.4f', f.dfr, f.ssr, f.ssr/f.dfr, f.f, f.pval);
fprintf('\n')
fprintf('%6s', 'Resid');
fprintf('%10.4f', f.dfe, f.sse, f.sse/f.dfe);
fprintf('\n')
fprintf('%6s', 'Total');
fprintf('%10.4f', f.dfe+f.dfr, f.sse+f.ssr);
fprintf('\n')

```

```

end;

```

```

%end of regression

```

```

function cgt=contingency(con1)

```

```

%global cnt;

```

```

[m2,n2]=size(con1);
s1=mean(con1);
s2=mean(con1,2);
s3=mean(s2);
s4=std(con1);

```

```

conex=[con1 s2
       s1 s3
       s4 0];

```

```

expl=s2*s1/s3;
for i5=1:n2
    for j5=1:m2
        LCL(j5,i5)=expl(j5,i5)-tinv(0.95,m2)*s4(j5)/sqrt(m2);
        UCL(j5,i5)=expl(j5,i5)+tinv(0.95,m2)*s4(j5)/sqrt(m2);
    end;
end;

```

```

end;%end_of_contingency

```

```

%equscore_function

```

```

function[eqar]=equscore(mius, betas,grade)

```

```

    [m22,n22]=size(mius);
    for i4=1:m22
        for j4=1:n22
            eqar(i4,j4)=1/(1+exp(-(gama*(mius(i4,j4)-
miup)/betap)));%*((1-
fsample(mius(i4,j4),betas(i4,j4),grade(i4,j4)))/fsample(mius(i4,j4),b
etas(i4,j4),grade(i4,j4)))^(betas(i4,j4)/betap);

```

```

        end;
    end;
end;
%end of equscore_function

function Fs=fsample(mius1,beta1, gradel)
    Fs=1/(1+exp(-(gama*(mius1-gradel)/beta1)));
end;

function arrpr=arrayprint(arr,nl, m1, arr_title) % 2-dimnsional
arrays printing
    fprintf('%30s',arr_title)
    fprintf('\n');
    for ik=1:m1
        is4(ik)=ik;
    end;
    fprintf('%10.0f',is4)
    for i=1:nl
        fprintf('\n');
        for j=1:m1;
            fprintf('%10.4f',arr(i,j));
        end;
        fprintf('\n');
    end;
end % end of 2-dimnsional arrays printing

%
_____END_OF_BLOCK_OF_FUNCTIONS_____

n=length(parameters);
mc=length(parameters)/nyears;% N=NYEARS*NUMBER OF COURSES; NYEARS -
NUMBER OF YEARS; mc- NUMBER OF COURSES.
cont=0;
gama=1.701;
for ii=1:n
    mu=parameters(1,ii);
    sig=parameters(2,ii);
    nn=parameters(3,ii);

    fprintf('%s','_____')
        fprintf('\n\n')

        fprintf('%10s','year','subject')
        fprintf('\n')
        mult=floor(ii/nyears);
        subject=mult+1;

        year=ii-mult*nyears;
        if mult*nyears-ii==0
            subject=mult;
            year=nyears;
        end;

        fprintf('%10.0f',year,subject)
        fprintf('\n\n')
        gennew(mu,sig,nn);
        beta4(ii)=-gama/regcoef(2);
        miu4(ii)=-regcoef(1)/regcoef(2);

```

```

%fprintf('%s', '_____')
fprintf('\n\n')

end;
for ii=1:n
    mult=floor(ii/nyears);
    j=mult+1;
    i=ii-mult*nyears;
    if mult*nyears-ii==0
        j=mult;
        i=nyears;
    end;
    cont(i,j)=miu4(ii);
    beta(i,j)=beta4(ii);
end;
gu=80;
gl=50;
Fu=0.9;
Fl=0.25;
betap=gama*(gu-gl)/log(Fu*(1-Fl)/(Fl*(1-Fu)));
miup=gu+betap*log((1-Fu)/Fu)/gama;

contingency(equscore(cont,beta,cont));
fprintf('%6s', 'Standard Deviatins/Year')
fprintf('\n')
fprintf('%6s', 'Subject');
fprintf('\n')
for ik=1:mc
    is4(ik)=ik;
end;
fprintf('%10.0f',is4)
fprintf('\n')
fprintf('\n')
fprintf('%10.4f',s4)

fprintf('\n')
fprintf('Output Arrays');

fprintf('\n\n')
r1=equscore(cont, beta,cont);

arrayprint(cont, nyears, mc, 'estimated means');
fprintf('\n\n')
arrayprint(r1, nyears, mc, 'equated_mean_percentiles');
fprintf('\n\n')
arrayprint(expl, nyears, mc, 'expected_percentiles');
fprintf('\n\n')
arrayprint(LCL, nyears, mc, 'lower_control_limits');
fprintf('\n\n')

arrayprint(UCL, nyears, mc, 'Upper_control_Limits');
fprintf('\n\n\n')
fprintf('%6s', 'Not Conforming resulats of exams');
fprintf('\n\n')
fprintf('%6s', ' ', 'year', ' ', 'subject');
fprintf('\n');
for i=1:nyears
    for j=1:mc
        if r1(i,j)<LCL(i,j) || r1(i,j)>UCL(i,j)

```

```

        fprintf('%10.0f', i,j)
        fprintf('\n')
    end;
end;
end;
end

```

## დამატება 2

### 5 წლის და 6 დისციპლინის გამოცდების სტატისტიკური ანალიზის შედეგები

qualeduc2(param,5)

---

year	subject
1	1

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
9.1955	0.99704	9.2228	1.5477e-005
-0.17144	0.018568	-9.2334	1.5346e-005

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	237.6680	237.6680	85.2549	0.0000
Resid	8.0000	22.3019	2.7877		
Total	9.0000	259.9699			

---

year	subject
2	1

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
8.8886	1.0105	8.796	2.1927e-005



-0.14184 0.018819 -7.5372 6.6884e-005

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	162.6847	162.6847	56.8095	0.0001
Resid	8.0000	22.9095	2.8637		
Total	9.0000	185.5942			

---

year	subject
3	1

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
4.4272	1.0805	4.0972	0.003451
-0.14816	0.020123	-7.3629	7.8956e-005

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	177.4964	177.4964	54.2119	0.0001
Resid	8.0000	26.1930	3.2741		
Total	9.0000	203.6894			

---

year	subject
4	1

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
8.9891	1.1753	7.6483	6.0264e-005
-0.14112	0.021888	-6.4476	0.00019881

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	161.0365	161.0365	41.5720	0.0002
Resid	8.0000	30.9894	3.8737		

Total 9.0000 192.0259

---

year subject  
5 1

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
6.7548	0.69337	9.74211	1.0313e-005
-0.17061	0.012913	-13.213	1.0259e-006

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	235.3710	235.3710	174.5846	0.0000
Resid	8.0000	10.7854	1.3482		
Total	9.0000	246.1564			

---

year subject  
1 2

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
7.3854	0.28335	26.0644	5.0412e-009
-0.14906	0.0052768	-28.2473	2.6657e-009

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	179.6490	179.6490	797.9075	0.0000
Resid	8.0000	1.8012	0.2252		
Total	9.0000	181.4502			

---

year subject  
2 2

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
8.9951	1.0114	8.8936	2.0223e-005
-0.1485	0.018836	-7.8842	4.8493e-005

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	178.3187	178.3187	62.1606	0.0000
Resid	8.0000	22.9494	2.8687		
Total	9.0000	201.2681			

---

year	subject
3	2

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
7.5468	0.38652	19.5251	4.9203e-008
-0.1707	0.0071981	-23.7153	1.0639e-008

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	235.6225	235.6225	562.4134	0.0000
Resid	8.0000	3.3516	0.4189		
Total	9.0000	238.9741			

---

year	subject
4	2

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
8.1193	0.58516	13.8754	7.04e-007
-0.17524	0.010897	-16.0809	2.2444e-007

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	248.3038	248.3038	258.5945	0.0000
Resid	8.0000	7.6816	0.9602		
Total	9.0000	255.9855			

---

year subject  
5 2

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
8.2856	0.43698	18.9608	6.1937e-008
-0.16961	0.0081379	-20.8422	2.9453e-008

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	232.6168	232.6168	434.3971	0.0000
Resid	8.0000	4.2839	0.5355		
Total	9.0000	236.9008			

---

year subject  
1 3

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
2.3551	0.65072	3.6193	0.0067897
-0.11686	0.012118	-9.6429	1.1129e-005

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	110.4140	110.4140	92.9849	0.0000
Resid	8.0000	9.4995	1.1874		
Total	9.0000	119.9135			

---

year subject  
2 3

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
8.6598	0.76776	11.2793	3.4321e-006
-0.1807	0.014298	-12.6385	1.4428e-006

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	264.0341	264.0341	159.7319	0.0000
Resid	8.0000	13.2239	1.6530		
Total	9.0000	277.2580			

---

year subject  
3 3

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
6.999	0.4139	16.9099	1.5168e-007
-0.1664	0.007708	-21.5882	2.2329e-008

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	223.8950	223.8950	466.0491	0.0000
Resid	8.0000	3.8433	0.4804		
Total	9.0000	227.7383			

---

year subject  
4 3

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
8.8814	0.89654	9.9063	9.1061e-006
-0.15031	0.016696	-9.0027	1.8491e-005

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	182.6858	182.6858	81.0482	0.0000
Resid	8.0000	18.0323	2.2540		
Total	9.0000	200.7182			

---

year	subject
5	3

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
8.8	0.82067	10.7229	5.0291e-006
-0.18198	0.015283	-11.9074	2.2741e-006

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	267.7903	267.7903	141.7868	0.0000
Resid	8.0000	15.1095	1.8887		
Total	9.0000	282.8998			

---

year	subject
1	4

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
8.7953	0.6937	12.6789	1.408e-006
-0.1696	0.012919	-13.1284	1.0779e-006

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
--------	----	----	----	---	---

Regr	1.0000	232.5881	232.5881	172.3549	0.0000
Resid	8.0000	10.7958	1.3495		
Total	9.0000	243.3838			

---

year	subject
2	4

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
8.2684	0.66928	12.3543	1.717e-006
-0.18113	0.012464	-14.5325	4.9244e-007

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	265.2848	265.2848	211.1931	0.0000
Resid	8.0000	10.0490	1.2561		
Total	9.0000	275.3338			

---

year	subject
3	4

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
7.9322	0.41137	19.2825	5.4277e-008
-0.16983	0.0076609	-22.1688	1.8115e-008

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	233.2218	233.2218	491.4572	0.0000
Resid	8.0000	3.7964	0.4746		
Total	9.0000	237.0182			

---

year	subject
------	---------

4 4

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
7.9945	0.54985	14.5395	4.9062e-007
-0.1739	0.01024	-16.9822	1.4671e-007

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	244.5116	244.5116	288.3964	0.0000
Resid	8.0000	6.7827	0.8478		
Total	9.0000	251.2943			

---

year subject  
5 4

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
7.4737	1.1019	6.7828	0.00014027
-0.18256	0.02052	-8.8965	2.0174e-005

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	269.4713	269.4713	79.1479	0.0000
Resid	8.0000	27.2373	3.4047		
Total	9.0000	296.7086			

---

year subject  
1 5

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
8.5515	1.0183	8.3975	3.0752e-005
-0.18727	0.018964	-9.8746	9.3264e-006



Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	283.5566	283.5566	97.5068	0.0000
Resid	8.0000	23.2646	2.9081		
Total	9.0000	306.8212			

year subject  
2 5

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
7.9771	0.77871	10.2439	7.0886e-006
-0.18189	0.014502	-12.5427	1.5294e-006

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	267.5206	267.5206	157.3184	0.0000
Resid	8.0000	13.6040	1.7005		
Total	9.0000	281.1246			

year subject  
3 5

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
7.8822	0.52513	15.01	3.8335e-007
-0.17548	0.0097795	-17.944	9.5386e-008

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	248.9984	248.9984	321.9877	0.0000
Resid	8.0000	6.1865	0.7733		
Total	9.0000	255.1849			

---

year subject  
4 5

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
6.8829	0.42633	16.1446	2.1764e-007
-0.14413	0.0079396	-18.153	8.7119e-008

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	167.9634	167.9634	329.5325	0.0000
Resid	8.0000	4.0776	0.5097		
Total	9.0000	172.0410			

---

year subject  
5 5

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
8.237	0.46344	17.7738	1.0277e-007
-0.16782	0.0086305	-19.4447	5.0824e-008

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	227.7200	227.7200	378.0956	0.0000
Resid	8.0000	4.8183	0.6023		
Total	9.0000	232.5383			

---

year subject  
1 6

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
8.2584	0.55372	14.9145	4.028e-007
-0.17703	0.010312	-17.1676	1.3479e-007

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	253.4050	253.4050	294.7264	0.0000
Resid	8.0000	6.8784	0.8598		
Total	9.0000	260.2834			

---

year	subject
2	6

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
8.0232	0.41339	19.4081	5.1582e-008
-0.16606	0.0076986	-21.5705	2.2474e-008

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	222.9802	222.9802	465.2846	0.0000
Resid	8.0000	3.8339	0.4792		
Total	9.0000	226.8141			

---

year	subject
3	6

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
7.7162	0.44268	17.4307	1.1969e-007
-0.16701	0.0082439	-20.259	3.6821e-008

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	225.5424	225.5424	410.4263	0.0000
Resid	8.0000	4.3963	0.5495		
Total	9.0000	229.9386			

---

year subject  
4 6

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
3.9742	1.0562	3.7628	0.0055223
-0.14176	0.019669	-7.207	9.1818e-005

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	162.4830	162.4830	51.9413	0.0001
Resid	8.0000	25.0256	3.1282		
Total	9.0000	187.5086			

---

year subject  
5 6

Table\_of\_Reg\_Coeff =

Coef	StdErr	tStat	pVal
6.9269	0.43481	15.9308	2.4143e-007
-0.16457	0.0080975	-20.3236	3.591e-008

Table\_of\_ANOVA

Source	df	SS	MS	F	P
Regr	1.0000	218.9922	218.9922	413.0485	0.0000
Resid	8.0000	4.2415	0.5302		
Total	9.0000	223.2337			

Standard Deviations/Year

Subject

1	2	3	4	5	6
0.2615	0.1457	0.1710	0.0652	0.0354	0.0744

Output Arrays

estimated means					
1	2	3	4	5	6
53.6356	49.5476	20.1542	51.8586	45.6649	46.6499
62.6649	60.5716	47.9225	45.6488	43.8558	48.3142
29.8808	44.2097	42.0608	46.7060	44.9172	46.2008
63.6969	46.3328	59.0866	45.9732	47.7560	28.0352
39.5914	48.8500	48.3556	40.9392	49.0830	42.0908

equated_mean_percentiles					
1	2	3	4	5	6
0.3320	0.2408	0.0124	0.2902	0.1715	0.1875
0.5727	0.5157	0.2097	0.1713	0.1451	0.2169
0.0353	0.1500	0.1223	0.1884	0.1602	0.1801
0.6002	0.1822	0.4749	0.1764	0.2067	0.0290
0.0960	0.2271	0.2177	0.1097	0.2316	0.1227

expected_percentiles					
1	2	3	4	5	6
0.3071	0.2470	0.1947	0.1757	0.1718	0.1382
0.4556	0.3664	0.2888	0.2606	0.2548	0.2050
0.2080	0.1673	0.1319	0.1190	0.1164	0.0936
0.4153	0.3340	0.2632	0.2376	0.2323	0.1868
0.2500	0.2010	0.1584	0.1430	0.1398	0.1125

lower_control_limits					
1	2	3	4	5	6
0.0715	0.0114	-0.0410	-0.0599	-0.0639	-0.0975

0.3243	0.2351	0.1575	0.1293	0.1235	0.0737
0.0540	0.0132	-0.0222	-0.0351	-0.0377	-0.0605
0.3566	0.2753	0.2045	0.1789	0.1736	0.1281
0.2181	0.1691	0.1265	0.1111	0.1079	0.0806

Upper_control_Limits					
1	2	3	4	5	6
0.5427	0.4826	0.4303	0.4113	0.4074	0.3738
0.5870	0.4977	0.4201	0.3920	0.3861	0.3363
0.3621	0.3214	0.2859	0.2731	0.2704	0.2477
0.4741	0.3927	0.3220	0.2963	0.2910	0.2456
0.2819	0.2329	0.1903	0.1749	0.1717	0.1444

#### Not Conforming exams

year	subject
2	2
3	1
4	1
4	2
4	3
4	4
4	6
5	1
5	3
5	4
5	5