საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებებით

ირინა მილნიკოვა

სასწავლო პროცესებში ხარისხის კონტროლის სტატისტიკური მოდელების შემუშავება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარმოდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი
2012 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის
კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტის
კომპიუტერული ტექნოლოგიების და მენეჯმენტის მიმართულებაზე

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

რეცენზენტები: პედაგოგიურ მეცნიერებათა დოქტორი,
სრული პროფესორი
ნათელა დოღონაძე;
აკადემიური დოქტორი,
ასოცირებული პროფესორი,
გიორგი ბაღათურია

დაცვა შედგება 2012 წლის " 30 " ივნის , 15^{00} საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე,
კორპუსი , აუდიტორია
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა – სტუ-ს ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი
სრული პროფესორი თ. კაიშაური

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 პროდუქციის მაღალი ხარისხი. მნიშნელოვან 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 მნიშნელოვანია აკადემიური პერსონალის ცოდნის და მუშაობის ეფექტურობის შეფასება.

აღნიშნულის წარმატებით დანერგვა და რეალიზაცია შესაძლებელია ჩამოთვლილი მაჩვენებლების რიცხობრივი შეფასებების მეშვეობით, რაც ხარისხის კონტროლს და მთლიანად ხარისხის უზრნველყოფას 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 მეთოდიკის შემუშავება;
3. სტანდარტების დადგენის და მათი საკონტროლო ზღვრების განსაზღვრის მეთოდიკის შემუშავება;
4. სტანდარტების და არსებული შედეგების შესაბამისობის განსაზღვრის მეთოდიკის 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 მეთოდიკის შემუშავება.

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

სამეცნირო სიახლე. ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს შემდეგში:

7. შეიქმნა განათლების პროცესების სტატისტიკური ხარისხის კონტროლის ზოგადი პრინციპები და მიდგომები;
8. შემუშავებულია მოსწავლეების შეფასებების (ნიშნების) ერთიან სკალაზე დაყვანის ახალი მეთოდი – ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდი;

9. შემუშავებულია მოსწავლეთა ჯგუფის შეფასებების (ნიშნების) სანიმუშო განაწილების განსაზღვრის ზოგადი მეთოდი;
10. განათლების პროცესების სტატისტიკური ხარისხის კონტროლის ამოცანებისათვის მოდიფიცირებულია ფაქტორული ცხრილების სტატისტიკური მეთოდოლოგია;
11. შემუშავებულია მოსწავლეთა შეფასებების რიცხობრივი სტანდარტების და მათი დასაშვები ინტერვალების შეფასების მეთოდიკა;
12. შემუშავებულია სწავლების ეფექტურობის შეფასების მეთოდიკა, როგორც ცალკეული მასწავლებლების ასევე მათი შედარებითი ეფექტურობის შეფასებისთვის;
13. 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 სამეცნირო სემინარებზე, ამერიკანისტიკის საერთაშორისო კონფერენციაზე.

გამოქვეყნებული შრომები. სამუშაოს თემაზე გამოქვეყნებულია 8 ნაშრომი.

სამუშაოს სტრუქტურა და მოცულობა. სამუშაო მოიცავს 145 ნაბეჭდ გვერდს, შეიცავს 4 თავს, ლიტერატურის ჩამონათვალს, დანართებს, 26 ცხრილს და 9 ნახაზს.

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:

1. general principles of educational processes Statistical Quality Control were elaborated;
2. 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
3. a new method of determination of pattern distributions of scores of exams of students groups has been elaborated;
4. a new method of modified Contingency Tables methodology for educational processes staistical control has been elaborated;
5. a methodology of determination of students grades standards and their acceptance intervals has been elaborated;
6. 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.
7. 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.

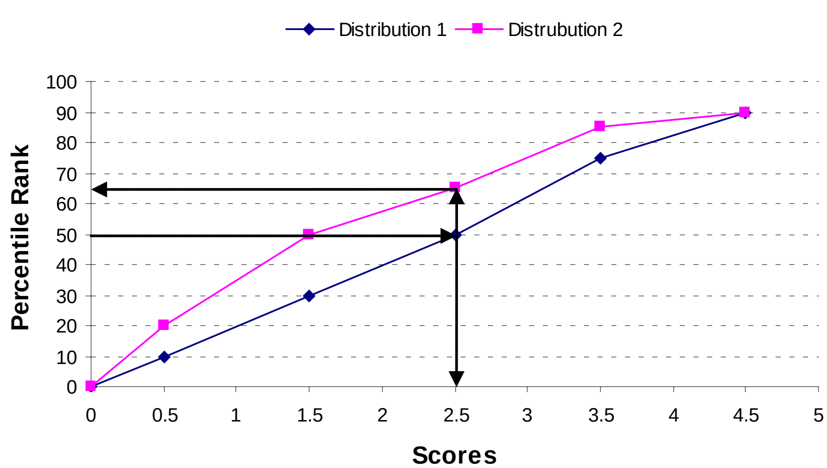
Structure of the Thesis. The Thesis consists of 145 pages, comprises 4 Chapters, References, 2 Appendices, 26 Tables and 9 Figures.

ნაშრომის შინაარსი

პირველი თავი ეთმობა საკითხის განსაზღვრას, კვლევის მიზნების და ამოცანების დადგენას, რამაც საშუალება მოგვცა ჩამოგვეყალიბებინა კველვის ამოცანები და მიზნები.

მეორე თავი ეთმობა სასწავლო პროცესის რიცხობრივი შეფასების ახალ მიდგომას - გათანაბრებას. ეს მიდგომა გულისხმობს მოსწავლეების ნიშნების ერთიანი სკალის შექმნას, რომელიც ეყრდნობა საგამოცდო შედეგების სანიმუშო განიწილებას. არის შემოთავაზებული ახალი ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდი, რომელიც სხვადასხვა დისციპლინებში და სხვადასხვა დროს ჩატარებული გამოცდების შედეგების შედარების საშუალებას იძლევა. მისი არსი ნაჩვენებია ნახ. 1.

დავუშვათ, რომ საჭიროა ორი განსხვავებული საგნის ნიშნების განაწილებების შედარება. შემუშავებული მეთოდი იძლევა ამის სტატისტიკურად სანდო საშუალებას. პირველი განაწილების 50% პროცენტილური რანგი გარდაისახება მეორე განაწილების 65% პროცენტილურ რანგში 2.5–ს ტოლი ნიშნის მეშვეობით.



ნახ. 1 ექვინიშნიანი გათანაბრების მეთოდის გრაფიკული ილუსტრაცია

შემდგომში ჩვენ ვიყენებთ შემდეგ აღნიშვნებს. G_p აღნიშნავს სანიმუშო შემთხვევით სიდიდეს, g_p – მის კონკრეტუილ 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 $F_s(g_s)$ პროცენტილურ რანგს $F_p(G_p)$ განაწილების $F_p(g_p)$ პროცენტილურ რანგში. ანალიტიკურად ეს ფუნქცია შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგნაირად

$$e_s^{F_p(x)}(g_s) = F_p(F_s(g_s)) . \qquad (1)$$

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. რადგანაც კუმულატიური ნორმალური განაწილება არ შეიძლება წარმოდგენილ იქნას ანალიტიკური სახით, ჩვენ გამოვიყენეთ ლოგისტკური კუმულატიური განაწილება, როგორც ნორმალური განაწილების საუკეთესო მიახლოვება

$$F(g,\mu,\beta) = \frac{1}{1+e^{-\gamma(g-\mu)/\beta}} , \qquad (2)$$

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

γ – აპროქსიმაციის პარამეტრია[1].

ადვილად მიიღება (2)-ს შებრუნებული ფუნქცია

$$g = F^{-1}(g,\mu,\beta) = \mu - \frac{\beta}{\gamma}\ln\left(\frac{1-F}{F}\right). \qquad (3)$$

იმისათვის, რომ მთლიანად განისაზღვროს სანიმუშო განაწილება (ამ შემთხვევაში ლოგისტიკური) საკმარისია დავაფიქსიროთ ნებისმიერი ორი პროცენტილები და მათი რანგები. დავარქვათ ამ სიდიდეებს საკონტროლო პარამეტრები. პედაგოგიური თვალსაზრისით უპრიანი იქნებოდა, რომ საკონტროლო პარამეტრები აგვეღო წარუმატებელი და

---

[1] ცნობილია, რომ γ=1.701 მნიშვნელობა უზრუნველყოფს ნორმალური განაწილების ლოგისტიკური განაწილებით საუკეთესო აპროკსიმაციას.

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 ექვემბდებარება 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 ჩდება კითხვა, თუ როგორ განვსაზღვროთ საკონტროლო პარამეტრები, სამწუხაროდ ცალსახა პასუხი არ არსებობს: ყველა შემთხვევაში საკონტროლო პარამეტრების კონკრეტული სიდიდეები უნდა შეირჩეს კონკრეტული სასწავლო დაწესებულებების თავისებურებებიდან გამომდინარე.

ავღნიშნოთ მარცხენა "კუდის" ზედა ზღვარი g_p^l და მარჯვენა "კუდის" ქვედა ზღვარი g_p^u. მათი პროცენტილური რანგები აღინიშნება შესაბამისად $F_p^l(g_p^l)$ და $F_p^u(g_p^u)$. კიდევ ერთხელ ავღნიშნავთ, რომ ეს სიდიდეები განისაზღვრება სასწავლო დაწესებლების ხარისხის მართვის სამსახურით, ან სხვა ადმინისტრაციული დანაყოფით. ეს ოთხი სისდიდე და ლოგისტიკური განაწილების შებრუნებული ფუნქცია (3) უმალვე გვაძლევს საშუალებას განვსაზღვროთ ორი წრფივი განტოლება სანიმუშო განაწილების პარამეტრების μ_p და β_p მიმართ

$$g_p^u = \mu_p - \frac{\beta_p}{\gamma}\ln\left(\frac{1-F_p^u(g_p^u)}{F_p^u(g_p^u)}\right) \tag{4}$$

$$g_p^l = \mu_p - \frac{\beta_p}{\gamma}\ln\left(\frac{1-F_p^l(g_p^l)}{F_p^l(g_p^l)}\right), \qquad (4')$$

რომლებიც ადვილად იხსნება

$$\beta_p = \gamma \frac{(g_p^u - g_p^l)}{\ln\left(\frac{F_p^u(g_p^u)}{F_p^l(g_p^l)}\frac{(1-F_p^l(g_p^l))}{(1-F_p^u(g_p^u))}\right)} \qquad (5)$$

$$\mu_p = g_p^u + \frac{\beta_p}{\gamma}\ln\left(\frac{1-F_p^u(g_p^u)}{F_p^u(g_p^u)}\right). \qquad (6)$$

(5) და (6) 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 (5) და (6).

ექვინიშნიანი ფუნქცია.

ზევით განხილულ სანიმუშო განაწილებას აქვს თეორიული ხასიათი. ამისგან განსხვავებით, კონკრეტული გამოცდის ნიშნების განაწილებას გააჩნია ემპირიული ხასიათი, რადგანაც ის წარმოადგენს დაკვირვებებიდან მიღებული სიხშირეების სასრულ სიმრავლეს. (1)-დან ჩანს, რომ იმისათვის, რომ გამოვიყენოთ ექვინიშნიანი ფუნქციის ანალიტიკური ფორმა, საჭიროა ყოველი g_s ნიშნისათვის (ყოველი პროცენტილისათვის) გამოვითვალოთ შესაბამისი პროცენტილური რანგი $F_S(g_s)$. ეს შეიძლება გაკეთდეს ორი გზით: 1. ექსპერიმენტალური მონაცემებიდან პირდაპირი შეფასებით და 2. ექსპერიმენტალური მონაცემების საფუძველზე ლოგისტიკური განაწილების პარამეტრების შეფასებით. მეორე თავის საკმაოდ დიდი ნაწილი ეთმობა ამ მიდგომების შემუშავებას. კერძოთ, შექმნილია გაგლუვების მეთოდიკა, რომელიც ეყრდნობა ემპირიული განაწილებების გაწრფივებას, და შემდეგ მათი პარამეტრების დადგენას რეგრესიული ანალიზის მეშვეობით.

ექვინიშნიანი ფუნქციის ანალიტიკური გამოსახულება

მოყვანილი შედეგების საფუძველზე შესაძლებელია დაიწეროს ანალიტიკური გამოსახულებები ორივე (სანიმუშო და შერჩევის) ლოგისტიკური განაწილებებისათვის:

1. სანიმუშო განაწილება

$$F_p(g,\mu_p,\beta_p)=\frac{1}{1+e^{-\gamma(g-\mu_p)/\beta_p}} \tag{7}$$

და მისი შებრუნებული

$$g=\mu_p-\frac{\beta_p}{\gamma}\ln\left(\frac{1-F_p}{F_p}\right). \tag{8}$$

2. გაგლუვებული შერჩევითი განაწილება

$$F_s(g,\mu_s,\beta_s)=\frac{1}{1+e^{-\gamma(g-\mu_s)/\beta_s}} \tag{9}$$

და მისი შებრუნებული

$$g=\mu_s-\frac{\beta_s}{\gamma}\ln\left(\frac{1-F_s}{F_s}\right). \tag{10}$$

აქედან ადვილია მივიღოთ ექვინიშნიანი ფუნქციის ანალიტიკური სახე

$$e_s^{F_p(x)}(g)=\frac{e^{\gamma\left(\frac{\mu_s-\mu_p}{\beta_p}\right)}}{e^{\gamma\left(\frac{\mu_s-\mu_p}{\beta_p}\right)}+\left(\frac{1-\mathrm{F_s(g)}}{\mathrm{F_s(g)}}\right)^{\frac{\beta_s}{\beta_p}}}. \tag{11}$$

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

რიცხობრივი მაგალითი

ამ პარაგრაფში ჩვენ წარმოვადგენთ თეორიული შედეგების რიცხობრივ ილუსტრაციას.

აღებულია ნიშნების 100 ბალიანი სკალა. პირველ რიგში უნდა განისაზღვროს სანიმუშო განაწილება: დავუშვათ, რომ შემდეგი საკონტროლო პარამეტრებია შერჩეული: $g_p^l = 50$, $g_p^u = 90$, $F_p^l(g_p^l) = 0.15$ და $F_p^u(g_p^u) = 0.9$. ეს იმას ნიშნავს, რომ ჩვენ ვითხოვთ, რომ სტუდენტების 15% სასურველია იყოს წარუმატებელი, ხოლო 10%-ს სასურველია ჰქონდეს 90 ქულა და მეტი. მაშასადამე, სტუდენტების 75% ნიშნები მოთავსებულია ინტერვალში (0.15; 90). ცხადია, რომ საკონტროლო პარამეტრების სიდიდეები შეიძლება შეირჩეს ნებისმიერად, შესაბამისი სამსახურების მოთხოვნებიდან გამომდინარე.

(5) და (6) გამოყენება იძლევა სანიმუშო განაწილების პარამეტრების შემდეგ მნიშვნელობებს:

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

და კუმულატიური განწილების შემდეგ გამოსახულებას

$$F_p(g, 67.65, 17.30) = \frac{1}{1 + e^{-1.701(g - 67.65)/17.30}}. \tag{12}$$

ცხრილი 1 მონაცემებზე დაყრდნობით იყო შეფასებული შერჩევის განაწილების პარამეტრები, რის შედეგიც მოყვანილია ცხრილ 2.

ნიშნების შერჩევითი განაწილება ცხრილი 1

ID	ნიშანი	ID	ნიშანი	ID	ნიშანი	ID	ნიშანი	ID	ნიშანი	ID	ნიშანი
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

ცხრილი 2

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

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

$$F_s(g,72.31,7.01) = \frac{1}{1+e^{-1.701(g-70.32)/12.42}}. \qquad (13)$$

ეხლა შეიძლება გამოვიყენოთ (11) 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 (12). 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 (12)

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

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

თავი მესამე ეთმობა სტანდარტების და სარწმუნოების (მისაღები) ინტერვალების შეფასებების მეთოდიკის შემუშავებას. ეს მეთოდიკა ეყრდნობა ფაქტორული ცხრილების სტატისტიკურ მეთოდოლოგიას. უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენ მოვახდინეთ ამ მეთოდოლოგიის მოდიფიკაცია სასწავლო პროცესების ხარისხის სტატისტიკური კონტროლის ამოცანებისათვის, რამაც მოითხოვა შემთხვევითი ერგოდიული პროცესების ძირითადი ცნებების და დებულებების გამოყენება. აქ მოყვანილია მხოლოდ საბოლოო შედეგები.

ჩვენ ვიხილავთ შემდეგ მოდელს: მოცემულია m წლების და n დისციპლინებში ჩატარებული გამოცდების შედეგები მათი ნიშნების ემპირიული განაწილებების სახით. გამოცდების შედეგების შეფასებისათვის ჩვენ ვიყენებთ საშუალო (მედიანური) პროცენტილური რანგების ლოდინების მნიშვნელობებს

$$\hat{f}_{if}=\frac{f_{i\bullet}f_{\bullet j}}{f_{\bullet\bullet}}\,, \tag{14}$$

სადაც

$f_{\bullet j}=\sum_{i=1}^{n} f_{ij}=\sum_{i=1}^{n}\frac{n_{ij}}{N_{ij}}$ და $f_{i\bullet}=\sum_{j=1}^{n} f_{ij}=\sum_{j=1}^{n}\frac{n_{ij}}{N_{ij}}$ -შესაბამისი მარგინალური სიხშირეებია, ხოლო $f_{\bullet\bullet}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} f_{ij}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\frac{n_{ij}}{N_{ij}}$.

ცხადია, (14) სიდიდეები წინანსწარ უნდა იყვნენ გარდასახულნი სანიმუშო განაწილებაში.

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)

$$LCL_{ij}=\hat{f}_{ij}-t_{\alpha,n-1}\frac{S_j}{\sqrt{n}} \qquad (15)$$

და

$$UCL_{ij}=\hat{f}_{ij}+t_{\alpha,n-1}\frac{S_j}{\sqrt{n}}, \qquad (16)$$

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

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

ამგვარად, (15) და (16) იძლევა i-რი წელიწადის და j-რი დისციპლინის ნიშნების ლოდინის სარწმუნოების ინტერვალს.

თუ კონკრეტული გამოცდის საშუალოს (მედიანის) პროცენტილური 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 გამოკლევებს, რაც არის სტატსიტიკური მიდგომის ფარგლებს გარეთ. შემუშავებული მეთოდის ღირებულება მდგომარეობს იმაში, რომ ის საშუალებას იძლევა გავაკონტროლოდ და სტაბილურად შევინარჩუნოთ სასწავლო პროცესის სასურველი დონე, რადგანაც ამ მეთოდის მეშვეობით შესაძლებელია განისაზღვროს და გამოირიცხოს სასწავლო პროცესის სუსტი, მიუღებელი ადგილები.

რიცხობრივი მაგალითი

ქვევით ჩვენ მოგვყავს ლოდინის მნიშვნელობების, სტანდარტული გადახრების და მათი სარწმუნოების ინტერვალების გაანგარიშების საილუსტრაციო მაგალითი. გამოყენებულია ცხრილი 3 სამოდელო მონაცემები, სადაც მოყვანილია პროცენტილური გათანაბრების ფუნქციის მეშვეობით უკვე გარდაქმნილი 25 გამოცდის საშუალო ნიშნის პროცენტილური რანგები.

ცხრილი 3

საშუალო ნიშნის შერჩევითი პროცენტილური რანგები.						
დისციპლინები / საგნები	1	2	3	4	5	სტრიქონების საშუალო
1	82.4	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	**63.9**	80.5	69.4	358.5
5	81.3	**38.0**	78.9	73.5	**83.5**	355.2
სვეტების ჯამი	411.7	264.5	385.8	391.4	373.7	დისციპლინები/ საგნები მთლიანი ჯამი 1827.1
სტანდარტული გადახრა	0.9	9.4	9.9	4.3	5.5	
სტანდარტული გადახრის სარწმუნოების ინტერვალი	0.21 ÷ 2.84	2.22 ÷ 29.65	2.34 ÷ 31.27	1.02 ÷ 13.66	1.29 ÷ 17.19	

(14) გამოყენებით ჩვენ გამოვთვალეთ საშუალოების მოსალოდნელი პროცენტილური რანგები (ცხრილი 4)

ცხრილი 4

საშუალოების მოსალოდნელი პროცენტილური რანგები					
დისციპლინები / საგნები	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

ცხრილებში 5 და 6 მოყვანილია ზედა და ქვედა საკონტროლო საზღვრების მნიშველობები.

ცხრილი 5

საშუალოების მოსალოდნელი პროცენტილური 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 6

საშუალოების მოსალოდნელი პროცენტილური 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

ხაზი გაუსვათ იმას, რომ ცხრილ 4 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 ისენი 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 (15) და ზედა (16) საკონტროლო საზღვრებს შეიძლება დაერქვას ბუნებრივი საკონტროლო საზღვრები. იმ შემთხვევაში, თუ საჭიროა უფრო სტაბილური შედეგები, შეიძლება გამოვიყენოთ უფრო ვიწრო საკონტროლო ინტერვალები. თუ მივყვებით ხარისხის კონტროლის ტრადიციულ ტერმინოლოგიას, მათ შეიძლება დავარქვათ სპეციფიკაციის საზღვრები, რადგანაც, ბუნებრივი საზღვრებისაგან განსხვავებით, ისინი განისაზღვრებიან ხარისხის კონტროლის სამსახურის ან რომელიმე სხვა ადმინისტრაცული ერთეულის მოთხოვნის შესაბამისად.

საკონტროლო საზღვრების (ცხრილები 5 და 6) ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ცხრილ 3 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 3). მაგალითად, მე-5 წლის და მე-3 დისციპლინის საშუალო ნიშანის პროცენტილური რანგი, 38.0, ხვდება საკონტროლო საზღვრებს გარეთ: ის ნაკლებია, ვიდრე ქვედა საკონტროლო საზღვარი 41.37 (ცხრილი 5). ეს ნიშნავს, რომ აღნიშნული გამოცდა არ შეესაბამებოდა მოთხოვნებს. ამის მიზეზის დადგენა ითხოვს დამატევბით ძალისხმევებს, 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 პროცენტილური რანგია 83.5 და ის ზედმეტად მაღალია, იმიტომ რომ ის აღემატება ზედა საკონტროლო საზღვარს - 78.4 (ცხრილი 6). 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.

2 და 3 თავების შედეგების შეჯამების საფუძველზე შემუშავდა სასწავლო პროცესების სტატისტიკური კონტროლის მეთოდის ალგორითმი და შესაბამისი საპროგრამო უზრუნველყოფის კომპლექსი.

მეოთხე თავში განხილულია სასწავლო პროცესის ხარისხის სტატისტიკური კონტროლი სტუდენტების ინდივიდუალური ჯგუფების დონეზე.

ეს დონე აგრეთვე ძალზე მნიშვნელოვანია, რადგანაც ის საშუალებას გვაძლევს გადავწყვიტოდ ხარისხის კონტროლის ერთერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ამოცანა: სწავლების კონტროლი (teaching review), რაც საშუალებას იძლევა შეფასდეს მასწავლებლების ინდივიდუალური და შედარებითი ეფექტურობა. ამგვარად ეს თავი ეთმობა სწავლების დონის რიცხობრივი შეფასების მეთოდიკის შემუშავებას.

ჩვენ განვიხილავთ მოსწავლეთა ჯგუფის (სასწავლო კლასის) შემდეგ მოდელს. დავუშვათ, რომ სტუდენტების რაოდენობაა n და შეფასებების

რაოდენობა სემესტრის განმავლობაში (ის შეიცავს, ფინალურ, შუალედურ გამოცდებს, ქვიზებს და ასე შემდეგ) m. ჩვენ ვუშვებთ, რომ ყოველი სტუდენტი სემესტირის განმავლობაში ღებულობს m შეფასებას. ეს იმას ნიშნავს, რომ ნიშნების საბოლოო ცხრილი ჩვენ შეგვიძლია წარმოვადგინოთ, როგორც m სვეტების და n სტრიქონების მქონე მატრიცა A:

$$A = \begin{vmatrix} g_{11} & g_{12} & \cdots & g_{1m} \\ g_{21} & g_{22} & \cdots & g_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ g_{n1} & g_{n2} & \cdots & g_{nm} \end{vmatrix}, \tag{17}$$

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

მონაცემების ამგვარი სტრუქტურისათვის იყო შემოღებული შემდეგი მახასიათებლები:

1. მთელი ჯგუფის საერთო საშუალო

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} g_{ij}}{mn}; \tag{18}$$

2. ცალკეული სტუდენტის საშუალო ნიშანი

$$\bar{g}_i = \frac{\sum_{j=1}^{m} g_{ij}}{m}. \tag{19}$$

ცხადია, რომ

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{n} \bar{g}_i}{n} \tag{20}$$

და, როგორც ეს მიღებულია დისპერსიულ ანალიზში (ANOVA), 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 სუდენტების საშუალოების გადახრით საერთო საშუალოსგან;

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

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

შემოღებულ კვარატების ჯამებს აქვთ შემდეგი თავისუფლების ხარისხები: SS_T – mn-1, SS_H – n-1 and SS_M – 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 $MSS_S=SS_M/(m(n-1))$. ამ სიდიდეების კვადრატული ფესვები წარმოადგენენ შესაბამის სტანდარტულ გადახრებს: $\sigma_T=\sqrt{MSS_T}$; $\sigma_H=\sqrt{MSS_H}$ and $\sigma_S=\sqrt{MSS_S}$.

აუცილებელია 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 μ 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 საშუალოდან,

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 აგრევთვე 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,…,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 არასტბილურ 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 საწავლო 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 შეძლება ჩაითვალოს მასწავლებლის მუშაობის ნაკლოვანება.

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

ერთი ჯგუფის სასწვლო პროცესის შეფასების ინდექსები.

ამ მიზნით ჩვენ შემოვიღეთ შეფარდებითი ზომები, ანუ ინდექსები

$$k_H = 1 - \frac{mSS_H}{SS_T} \tag{21}$$

და

$$k_S = 1 - \frac{SS_S}{SS_T} \ . \tag{22}$$

თუ გავითვალისწინებთ შემოტანილ ჯამებზე ზემოთ მოყვანილ კომენტარებს, k_H შეიძლება დაერქვას მოსწავლეთა ჯგუფის არაერთგვაროვნების ინდექხი, ხოლო k_S – ჯგფის სტაბილურობის ინდექსი. შევნიშნოთ, რომ 1. $0 \le k_H, k_S \le 1$ და 2. $k_H + k_S = 1$. 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 $k_S = \sum_{i=1}^{n} k_{S_i} = \sum_{i=1}^{n} (1 - \frac{SS_{S_i}}{SS_T})$, სადაც $k_{S_i} = 1 - \frac{SS_{S_i}}{SS_T}$ - i –ური მოსწავლის ინდივიდუალური სტაბილურობის ინდექსია.

შემუშავებული ინდექსები განკუთნილია ერთი ჯგუფის სასწავლო მდგომარეობის შეფასებისათვის. სხვადასხვა ჯგუფებს გააჩნიათ სტუდენთა n და შეფასებების m განსხვავებული რაოდენობები. ამავე დროს შემოღებული კვადრატების ჯამები ძლიერ დამოკიდებულია ამ სიდიდეებზე. იმისათვის, რომ ვაწარმოოთ სხვადასხვა ჯგუფების შედარება საჭიროა შემოვიღოთ ისეთი კრიტერიუმები, რომლებიც არ იქნებიან დამოკიდებულნი ამ სიდიდეევზე.

განსხვავებულ ჯგუფებში სასწვლო პროცესების შედარებითი ინდექსები

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

როგორც უკვე ავღნიშნეთ, 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 $MSS_S=SS_S/(m(n-1))$. 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

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

და

$$k_H^{ji} = 1 - \frac{s_H^j}{s_H^i} \quad \text{თუ} \quad s_H^j \le s_H^i \; ; \tag{23}$$

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

და

$$k_S^{ji} = 1 - \frac{s_S^j}{s_S^i} \quad \text{თუ}\; s_S^j \le s_S^i\,. \tag{24}$$

ამის მსაგავსად შესაძლებელია შევადაროთ ჯგუფების ჯამური ვარიაბელურობა შემდეგი შეფარდებების მეშვეობით

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

და

$$k_T^{ji} = 1 - \frac{s_T^j}{s_T^i} \quad \text{თუ}\; s_T^j \le s_T^i\,. \tag{25}$$

მოყვანილი ინდექსები არის არაურყოფითი სიდიდეები და ისინი აჩვენებენ i-ური 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.

რიცხობრივი მაგალითი

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 14 კვირა (ამგვარად $m=14$ და $n=16$). ადგილის სიმცირის გამო ჩვენ მოგვყავს მხოლოდ საბოლოო შედეგები (ცხრილი 7).

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 μ=37.

სტაბილურობის ინდექსი ცხრილი 7

სტუდენტი	საშუალო ნიშანი	$SS_{M_i}=(g_{ij}-\overline{g}_i)^2$	$k_{M_i}=1-\frac{SS_{M_i}}{SS_M}$
1	**2**	**3**	**4**
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 10 და 13 სტუდენტების საშუალო ნიშანი შეუდარებლად მაღალია, ვიდრე დანარჩენების: ორივე სტუდენტი აბსოლუტურად სტაბილურია, შესაბამისი ინდექსების 0.99 და 1 მნიშვნელობებით (ცხრილი 7).

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 ხარისხისს კონტროლის ამოცანებისათვის მოდიფიცირებულია ფაქტორული ცხრილების სტატისტიკური მეთოდოლოგია;
5. შემუშავებულია საწავლო 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.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია შემდეგი ნაშრომები:

1. 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
2. Milnikova I., A System of Indices for Teaching Review.// Georgian Engineering News, 2011, 3, pp.11-17
3. Prangishvili A., Milnikova I., Dzidziguri G. Statistical Foundations of Quality Control of Education Process// Georgian Engineering News, 2011, 3, pp.5-10
4. Milnikova I. Basic Procedures of Statistical Quality Control in Education.// J. International Black Sea University Scientific Journal, 2011, Vol 5, No2, pp. 83-92
5. Milnikova I., Shioshvili T. Quantitative Methods for Teaching Review.//J. International Black Sea University Scientific Journal, 2011, Vol 5, No2, pp. 83-92
6. Milnikova I. PranhiSvili A.I., Shioshvili T.G. A new quantitative evaluation method in the quality control of education process// Georgian Engineering News, 2009, №3, pp. 22-28.
7. 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
8. Milnikova I. Elaboration of Standards For Statistical Quality Control of Education Process // Intellectual. 2012,№19, pp.194-199