

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მაგული ბედინეიშვილი

მონიტორინგის ბიომეტრიული სისტემების დამუშავება და კვლევა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2013 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტში.

ხელმძღვანელი: სრული პროფესორი ლევან იმნაიშვილი

რეცენზენტები: -----

დაცვა შედგება ----- წლის ”-----” -----, ----- 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 - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი: სრული პროფესორი

თინათინ კაიშაური

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

სამუშაოს აქტუალობა. საერთაშორისო კვლევების შედეგები ადასტურებენ, რომ კომპიუტერულ და ინფორმაციულ ტექნოლოგიებში დღეისათვის განვითარების ყველაზე მზარდი ტემპებით ხასიათდება ბიომეტრიული სისტემები. ბიომეტრიულ სისტემებში ბოლო წლებში მიღწეული პროგრესი პირველ რიგში განპირობებულია ადამიანის გარანტირებული იდენტიფიცირების აუცილებლობით, რაც თავის მხრივ გამოწვეულია ადამიანის ყოფასა და საქმიანობაში „დროის დაჩქარებით“, გლობალიზაციის პროცესებით და ა.შ. ბიომეტრიული ტექნოლოგიები საშუალებას იძლევიან ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით არა მარტო გაზარდონ ადამიანის იდენტიფიცირების საიმედოობა, არამედ მკვეთრად აამაღლონ ადამიანის ტექნიკურ სისტემებთან ურთიერთობის სერვისი და ერგონომიულობა.

განვითარებული ქვეყნების მიერ დეკლარირებული დოქტრინა „ცოდნაზე დამყარებული ეკონომიკა“ კიდევ უფრო ზრდის ინფორმაციის როლს და, შესაბამისად, მისი დაცვის მნიშვნელობას როგორც ვირტუალური, ასევე ფიზიკური თვალსაზრისით. ამასთან დაკავშირებით, კიდევ უფრო მწვავედ დგება ინფორმაციის მომხმარებლის იდენტიფიცირების საკითხი. ბიომეტრიული ტექნოლოგიები მეტად მიმზიდველნი არიან ნებისმიერი სახის დაშვების განხორციელებისათვის, რამდენადაც უზრუნველყოფენ იდენტიფიცირების მაღალ საიმედოობას, ამასთან შეიძლება ინტეგრირებულნი იქნან დაშვების კონტროლის ნებისმიერ სისტემაში სხვადასხვა გასაღებებთან და პაროლებთან ერთად.

ბიომეტრიის თავბრუდამხვევი განვითარება დაიწყო 2001 წლის 11 სექტემბრის ტერაქტის შემდეგ, როცა ყველა მიხვდა, რომ ტერორიზმისაგან თავის დაღწევა მოითხოვდა პიროვნების გარანტირებულ იდენტიფიცირებას.

საერთაშორისო ორგანიზაცია Acuity Market Intelligence-ის მონაცემებით ბიომეტრიული საშუალებების გაყიდვებისაგან მიღებული შემოსავლები ყოველწლიურად დინამიურად იზრდება. იგი დღეისათვის შეადგენს 6 მილიარ აშშ დოლარს და 2017 წლისათვის მოსალოდნელია, რომ მიაღწევს 11 მილიარ აშშ დოლარს.

ბიომეტრიული ტექნოლოგიების კვლევისა და დამუშავების აქტუალობაზე ასევე მიუთითებს 2011 წლის ბოლოს კომპანია IBM-ის მიერ გამოქვეყნებული კომპიუტერული და ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარების პროგნოზი უახლესი ხუთი წლისთვის (2012-2017 წწ), სადაც ხუთ ყველაზე სწრაფად განვითარებად სფეროდან ერთ-ერთად მიჩნეულია ბიომეტრიული ტექნოლოგიები.

დღეისათვის, ბიომეტრიულ სისტემებში გამოიყენება ადამიანისათვის დამახასიათებელი პრაქტიკულად ყველა ბიომეტრიული მახასიათებელი, მაგრამ უფრო მეტად - თითის ანაბეჭდი, რაც განპირობებულია შემდეგი ფაქტორებით:

- თითის ანაბეჭდის იდენტიფიკატორი პიროვნების იდენტიფიცირებას, სხვა იდენტიფიკატორებთან შედარებით, ახდენს მეტი საიმედოობით;
- ტექნიკური თვალსაზრისით თითის ანაბეჭდის ანალიზი ბევრად სწრაფად ხდება;
- თითის ანაბეჭდით იდენტიფიცირების საშუალებები (პროგრამული და აპარატურული) ბევრად უფრო იაფია, რაც მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს თითის ანაბეჭდის ანალიზის მეთოდების ფართო გავრცელებას;
- თითის ანაბეჭდით პიროვნების იდენტიფიცირების მეთოდები, მათემატიკური მოდელები და ალგორითმები ბევრად კარგადაა დღეისათვის დამუშავებული, რაც განპირობებულია თითის ანაბეჭდის გამოყენების ტრადიციულობით.

ბიომეტრიული ტექნოლოგიების სრულყოფა ხდება დაჩქარებული ტემპებით, პირველ რიგში საიმედოობის ამაღლების და ღირებულების შემცირების კუთხით.

დაქტილოსკოპიურ ბიომეტრიაში დღეისათვის მსოფლიოს წამყვან კვლევით ცენტრებში მიმდინარეობს კვლევითი სამუშაოები რამდენიმე მიმართულებით, მაგრამ მათგან განსაკუთრებით აქტუალურად მივიჩნევთ:

- მიდგომებისა და მეთოდების დამუშავებას პიროვნების ბიომეტრიული იდენტიფიცირების გამოყენებისათვის ადამიანის მოლვაწეობის სხვადასხვა სფეროებში;
- ავტომატური და ავტომატიზებული სისტემების არქიტექტურების დამუშავებას პიროვნების იდენტიფიცირების საიმედოობის, სწრაფქმედების და შედეგების ანალიზის მოხერხებულობის ამაღლების მიზნით.

დღეისათვის დაქტილოსკოპიაზე დაფუძნებული ბიომეტრიული სისტემების აგება ხორციელდება კომპიუტერულ და ციფრულ ტექნოლოგიებში დამკვიდრებული ტრადიციული „კლასიკური“ მიდგომით, რაც, შეიძლება ითქვას, იძლევა კარგ შედეგებს. წარმოდგენილ ნაშრომში შემოთავაზებულია ბიომეტრიული სისტემების აგების ახალი მეთოლოგია, რაც იძლევა საშუალებას გაიზარდოს ბიომეტრიული სისტემის ფუნქციური შესაძლებლობა (მას დავაკისროთ, არა მარტო ადამიანის იდენტიფიცირება და აუტენტიფიცირება, არამედ დამატებით შეასრულოს სერვისული ფუნქციები და სხვა), საიმედოობა და სწრაფქმედება.

აქედან გამომდინარე, სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის მიზანს წარმოადგენს ავტომატური აუტენტიფიცირების და იდენტიფიცირების, კერძოდ კი ავტომატური დაქტილოსკოპიური საიდენტიფიკაციო სისტემების,

ბიომეტრიული ტექნოლოგიების ოპტიმალური სინთეზისათვის მიდგომების, მეთოდების და ალგორითმების დამუშავება.

კვლევის ობიექტები და მეთოდები. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს დაქტილოსკოპიაზე დაფუძნებული ავტომატური აუტენტიფიცირების და იდენტიფიცირების სისტემების არქიტექტურები და მათი ეფექტურობის მაჩვენებლები. სამუშაოში გამოყენებულია სიმრავლეთა თეორიის, მათემატიკური სტატისტიკის, ალბათობის თეორიის, ერგონომიკის, ალგორითმების თეორიის, სისტემატექნიკის თანამედროვე მეთოდები, აგრეთვე - ბიომეტრიულ ტექნოლოგიებში მოქმედი საერთაშორისო სტანდარტების რეკომენდაციები.

სამუშაოს სამეცნიერო სიახლეს წარმოადგენს სისტემური ანალიზის საფუძველზე მაღალი ეფექტურობის მქონე ბიომეტრიული სისტემების ახალი მიდგომებით სინთეზის მეთოდების, მოდელების, არქიტექტურების და ალგორითმების დამუშავება. სამუშაოში მიღებულია შემდეგი თეორიული შედეგები: დადგენილია ბიომეტრიული სისტემების ეფექტურობის კრიტერიუმები; დამუშავებულია ბიომეტრიული სისტემის მოდელი; დამუშავებულია ბიომეტრიული სისტემის ეფექტურობის გაზრდის მეთოდები; დამუშავებულია პედაგოგთა ბიომეტრიული რეგისტრირების სისტემის ეფექტურობის ამაღლების მეთოდები, არქიტექტურები და ალგორითმები; დამუშავებულია ხმის მიცემის ბიომეტრიული სისტემის მოდელი, არქიტექტურები და ალგორითმები.

სამუშაოს თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა. სამუშაოს თეორიული მნიშვნელობა მდგომარეობს ბიომეტრიული სისტემების ინტეგრაციის მეთოდების განვითარებაში, რაც საშუალებას იძლევა ამაღლდეს ბიომეტრიული სისტემის ეფექტურობა სწრაფქმედების, საიმედოობის და ერგონომიულობის კუთხით. ბიომეტრიული სისტემების დამუშავებული არქიტექტურები, ალგორითმები და პროგრამული საშუალებები

შესაძლებელია გამოყენებული იქნას სხვადასხვა დანიშნულების, განსაკუთრებით კი სასწავლო დაწესებულებებისათვის გამიზნული ბიომეტრიული სისტემების აგებისათვის.

სამუშაოს შედეგების გამოყენების სფერო. დისერტაციის შედეგები რეალიზებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის # 19 საგრანტო პროექტის „ბიომეტრიული ტექნოლოგიების კვლევა და გამოყენება“ (2012 წ.) და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის „სასწავლო პროცესის მართვის ელექტრონული სისტემების უზრუნველყოფის ჯგუფის“ გეგმიურ სამუშაოთა ფარგლებში (2010-2011 წწ.). სამუშაოში მიღებული შედეგები წარმატებით შეიძლება იქნას გამოყენებული სხვადასხვა დანიშნულების მაღალეფექტური ბიომეტრიული სისტემების სინთეზში.

სამუშაოს აპრობაცია. დისერტაციასთან დაკავშირებული საკითხები ასახულია 10 სამეცნიერო პუბლიკაციაში, ერთ პატენტში და განხილული იქნა შემდეგ სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციებზე:

- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დაარსებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „21-ე საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები“, თბილისი 19-21 სექტემბერი, 2012 წ.
- 5th Georgian-German School and Workshop in Basic Science. Tbilisi, 6 - 10 August, 2012.
- საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „მართვის ავტომატიზებული სისტემები და თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიები“, თბილისი, 20-22 მაისი, 2011.
- აკადემიკოს ი.ფრანგიშვილის დაბადების 80 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია "საინფორმაციო და

კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მოდელირება, მართვა". თბილისი, 1-4 ნოემბერი, 2010 წ.

- საერთაშორისო სამეცნიერო-მეთოდური კონფერენცია „ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“, ქუთაისი, 2010წ.

- Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения (УКИ'08). Российская конференция с международным участием. Москва, 2008.

სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილმა ძირითადმა შედეგებმა ასევე ასახვა ჰპოვა სამუშაოში „ბიომეტრიული კომპიუტერული სისტემების აგების ტექნოლოგია მრავალფუნქციურობის პრინციპების გამოყენებით“, რომელსაც 2012 წელს მიენიჭა საქართველოს ეროვნული პრემია ტექნიკის დარგში.

სადისერტაციო ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება: შესავლის, ორი თავისა, ძირითადი დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან. ნაშრომის ძირითადი მოცულობა შეადგენს ნაბეჭდი ტექსტის 161 გვერდს, ლიტერატურის ნუსხა მოიცავს 63 დასახელების ბიბლიოგრაფიულ წყაროს.

Abstract

The results of international researches confirmed that biometric systems are the most rapidly developing technologies in Computer Science and Information Technologies nowadays. The recent progress in biometric systems development is due to the necessity of human being exact identification, which, in turn, is due to "acceleration of time" in human being life and activities, globalization processes and so on. In comparison with traditional methods, biometric technologies allow not only increase reliability of human identification, but also significantly raise service and ergonomics of human-technical systems communication. Therefore, it is natural that revenues from sales of biometric facilities dynamically grow annually and it will reach 11 billion U.S. dollars for the year 2017.

Nowadays, in the biometric systems there are used almost all biometric features of a human being, but from existing biometric methods the most widespread is analysis of fingerprint. This is due to the following factors: in comparison with other identifiers identification of person by fingerprint is more reliable; usage of hard and software speeds up the analysis of a fingerprint; hard and software for fingerprint identification is much cheaper, which significantly contributes to wide dissemination of fingerprint analysis methods; as the fingerprint method is more traditional nowadays, methods, mathematical models and algorithms of human being identification by fingerprints are better developed.

The analysis of the scientific literature indicates that nowadays creation of fingerprint biometric systems is realized using traditional "classical" approaches of computer and digital technologies, which returns good results. In the represented dissertation work there is proposed a new methodology of building a biometric system, which allows increasing and enhancing functional possibility, reliability and speed of a system.

In the dissertation work there is proposed a new methodology of building a biometric system for academic institutions, where the usage of biometric technologies provides the guaranteed identification of a person and simplifies monitoring of procedures performed by the person. The proposed methodology significantly increases reliability of the biometric system's functioning and speed of interactive communication of a user with the system.

Therefore, the aim of scientific researches of the proposed thesis is the development of automated authentication and identification methods, in particular development of approaches, methods and algorithms for optimal synthesis of biometric technologies of automated fingerprint identification systems.

After the review of materials describing the results of recent researches in the field of biometric technologies there are revealed the methods of biometric identification and their characteristics. There are shown the fields of usage of biometric technologies, namely biometric systems of automated authentication and identification, which are used in educational institutions and biometric electoral systems. Nowadays, in biometric technologies the special attention is paid to the reliability of biometric systems. Therefore, issues of the biometric systems' reliability are considered in details.

On the bases of the detailed analysis of the wide field of biometric systems' usage and a current level of its development, and by considering of two widespread methods of accessing the person in biometric system: verification and identification, in the dissertation work reliability, speed and ergonomics are considered as the main indicators

of biometric system effectiveness. On the basis of these effectiveness indicators there is developed the model of biometric system, which allows creating the scheme of synthesis of biometric system for a particular purpose. There is shown that the number of the system's synthesis scheme options depends on the number of protocols underlying the system functionality.

In the represented thesis it is established the relationship of the probability of registered users access to the system with the total number of system's user. There is shown that, while using the identification method the indicator of reliability significantly deteriorates in comparison with verification method, but, at the same time, level of ergonomics is high. So, in order to improve the effectiveness of the biometric system, there is proposed simultaneous usage of identification and verification methods, which allows preserving the acceptable level of reliability and ergonomics of the system at large number of users.

The processing of biometric data requires large computing resources. Therefore, in order to increase a speed of identification method-based biometric systems there is developed the method of fingerprints' ranking according to the quality and adaptive algorithms. As a result, time required to process each pattern is significantly reduced, which ensures high bandwidth of the system.

Theoretical researches and their fundamental analysis allowed us to create an innovative patentable architecture and algorithms of teachers' registration biometric system functionality. There are developed conditions and protocols of teachers' registration to the system; effectiveness of synthesized system is shown as well. Besides, using systematic approach there are developed the architectures and algorithms of students' biometric registration systems, which are characterized with high reliability of identification and high speed of registration. These systems are already realized.

In the dissertation work there is shown that usage of biometric technologies makes the voting process control more reliable, quick and financially profitable compared with traditional methods. Usage of biometric technologies practically eliminates the falsification of the voting process results. Architecture of the voting system can use a person's biometric data at registration as well as at the voting process. In addition, the second option is more reliable. Biometric voting system completely satisfies all generally known requirements: control of voting object; anonymity; universality of the control; non-confirmation, etc.

Research of a teachers' registration system and a biometric voting system confirmed that it is effective to use both - identification and verification methods - to identify the person. It adds more flexibility to system functionality and increases its bandwidth and reliability.

There is proposed a model of user's interaction assessment in biometric system, which simultaneously uses the laws of Fitts and Hick. On the basis of the evaluation results there is proposed a method of improving the interaction time.

Research of the results of realized systems confirms the accuracy of scientific results and effectiveness of engineering solutions.

ნაშრომის მოკლე შინაარსი

ნაშრომის პირველ თავში წარმოდგენილია ბიომეტრიული სისტემების კლასიფიკაცია, რომელიც პირველ რიგში განიხილავს ბიომეტრიული იდენტიფიცირების მეთოდებს ადამიანის ფიზიოლოგიური მახასიათებლების მიხედვით. ბოლო დროს დიდი ყურადღება ექცევა ბიომეტრიულ სისტემებში პერსონალური ინფორმაციის დაცვის საკითხებს, ამიტომ ბიომეტრიული ტექნოლოგიების კლასიფიცირებაში პირველად არის გამოყოფილი სისტემათა ორი კლასი: ბიომეტრიული შაბლონის შენახვით და შენახვის გარეშე.

ადამიანის იდეალური ბიომეტრიული მახასიათებელი უნდა იყოს უნივერსალური, უნიკალური, სტაბილური და აღქმადი. ადამიანის რეალური ბიომეტრიული მახასიათებლები არ არის იდეალური. სხვადასხვა ბიომეტრიული მახასიათებლისათვის უნივერსალობის, უნიკალობის, სტაბილურობის და აღქმადობის კრიტერიუმების მიხედვით ექსპერტული შეფასება იძლევა ურთიერთგამომრიცხავ შედეგებს. ვერცერთი ბიომეტრიული მახასიათებელი ვერ აკმაყოფილებს მაქსიმალურად მოთხოვნებს ჩამოთვლილი თვისებების მიხედვით. მიუხედავად მატერიალური დანახარჯების და სიზუსტის საშუალო მაჩვენებლებისა, დღეისთვის, გაყიდვებით ლიდერის პოზიცია უჭირავს ბიომეტრიულ ტექნოლოგიებს თითის ანაბეჭდის საფუძველზე, რაც გარკვეულწილად განპირობებულია მეთოდური, ტექნიკური, ალგორითმული ტრადიციულობით და კარგი საექსპლუატაციო მახასიათებლებით.

პასუხი კითხვაზე: სად გამოიყენება ბიომეტრია და როგორია მისი გამოყენების არეალის გაზრდის პერსპექტივა, შეიძლება იყოს ძალიან მოკლე: ყველგან და ყველგან, სადაც არის საჭირო ადამიანის იდენტიფიცირება, აუტენტიფიცირება და ა.შ. ბიომეტრიული იდენტიფიცირების გამოყენების

სფერო შეიძლება „მოულოდნელიც“ იყოს, ანუ იქ, სადაც ადრე საერთოდ არ ხდებოდა ადამიანის იდენტიფიცირება.

შევჩერდეთ ბიომეტრიის გამოყენების მნიშვნელობაზე სასწავლო დაწესებულებებში. განვითარებულ ქვეყნებში დაწყებულია ფართომასშტაბიანი პროექტები სკოლებში მოსწავლეთა ბიომეტრიული იდენტიფიცირებისათვის, სადაც შერწყმულია მოსწავლეთა აღრიცხვის და უსაფრთხოების ფუნქციები. ასევე ფართოდ გამოიყენება ბიომეტრიული იდენტიფიცირება სკოლის ბუფეტებში უსაფრთხოების მიზნით და შესაბამისად მოსწავლეებს აღარ აქვთ უშუალოდ ფულთან შეხების აუცილებლობა. მატერიალური დანახარჯების შემცირების მიზნით, ბიომეტრიულ იდენტიფიცირებას იყენებენ საუნივერსიტეტო კამპუსებში უცხო პიროვნების დაშვების აკრძალვის მიზნით.

არსებული წყაროების მონაცემების განზოგადოებით გაკეთებულია სასწავლო დაწესებულებაში ბიომეტრიული ტექნოლოგიების გამოყენების შედარებითი ანალიზი, რომელმაც წარმოაჩინა მისი დადებითი მხარეები: უსაფრთხოების გაზრდა; აღრიცხვის მოწესრიგება; აკადემიური მოწოდების ამღლება; ფინანსური ანგარიშსწორების მოწესრიგება; ერგონომიულობის და კომფორტულობის გაზრდა; ოპერატიულობის გაზრდა; სოციალური თანასწორობის უზრუნველყოფა; მშობელთა ინფორმირება. უარყოფითი მხარეები, რომლებიც ახლავს ბიომეტრიული ტექნოლოგიების გამოყენებას სასწავლო დაწესებულებაში ნაკლებად პრობლემატურია, ხოლო მისი დანერგვით მიღებული სარგებლობა მეტად დიდია, რაც განსაკუთრებით აისახება მოსწავლეთა/სტუდენტთა უსაფრთხოებაზე.

განხილულია ბიომეტრიული სისტემის საიმედოობის საკითხები. საიმედოობის ცნების ქვეშ იგულისხმება სისტემის არაკორექტული ქცევა: სისტემაში დაუშვას მომხმარებელი, რომელსაც ამის უფლება არ აქვს, ან სისტემაში არ დაუშვას მომხმარებელი, რომელსაც დაშვების უფლება აქვს.

ბიომეტრიული სისტემის მიერ დაშვებული შეცდომებიდან გამოყოფილია სამი ტიპის შეცდომა:

- პირველი რიგის შეცდომა (*FRR – False Rejection Rate*) - მცდარი უარყოფის დონე. “ვერ ცნობს თავისიანს”, ე.ი. მიიღება გადაწყვეტილება, რომ “სხვაა”, მიუხედავად იმისა, რომ სუბიექტი არის დარეგისტრირებულთა მონაცემთა ბაზაში.
- მეორე რიგის შეცდომა (*FAR – False Acceptance Rate*) - მცდარი დაშვების დონე. “დაშვებული იქნას უცხო”, ე.ი. მიიღება გადაწყვეტილება, რომ “თავისიანია”, მიუხედავად იმისა, რომ სუბიექტი არ არის დარეგისტრირებულთა მონაცემთა ბაზაში.
- მესამე რიგის შეცდომა (*FER-Failure to Enroll Rate*) - რეგისტრაციის შეუძლებლობის დონე. მიიღება გადაწყვეტილება, რომ “უცხოა” იმის გამო, რომ ვერ ხერხდება დაქტილოსკოპიური სკანერით პაპილარული ხაზების სურათის მიღება და, შესაბამისად, ბიომეტრიული მახასიათებლის აღქმა.

განხილულია ბიომეტრიული სისტემის ფუნქციონირების ორი მოდელი: იდენტიფიცირება და ვერიფიცირება. ვერიფიცირების მეთოდის გამოყენებისას ხდება მიმდინარე შაბლონის შედარება შაბლონების ბაზაში არსებულ n შაბლონიდან ერთ-ერთთან. იდენტიფიცირება (ანუ შედარება ერთისა n -თან) წყვეტს ახლად მიღებული ბიომეტრიული იდენტიფიკატორის ყველაზე უფრო მსგავსის მოძებნის ამოცანას რეგისტრირებული n ეტალონური შაბლონიდან. გადაწყვეტილება მიიღება იმ რეგისტრირებული შაბლონის სასარგებლოდ, რომელსაც ექნება ყველაზე მეტი მსგავსების დონე ახლად ფორმირებულ იდენტიფიკატორთან, ანდა საერთოდ არ იქნება მიღებული დადებითი გადაწყვეტილება, თუ თანმიმდევრულმა შედარებამ არ მოგვცა მსგავსების წინასწარ განსაზღვრული დონე.

მეორე თავი დათმობილი აქვს დაქტილოსკოპიაზე დაფუძნებული ეფექტური ბიომეტრიული სისტემების სინთეზის თეორიულ და პრაქტიკულ საკითხებს.

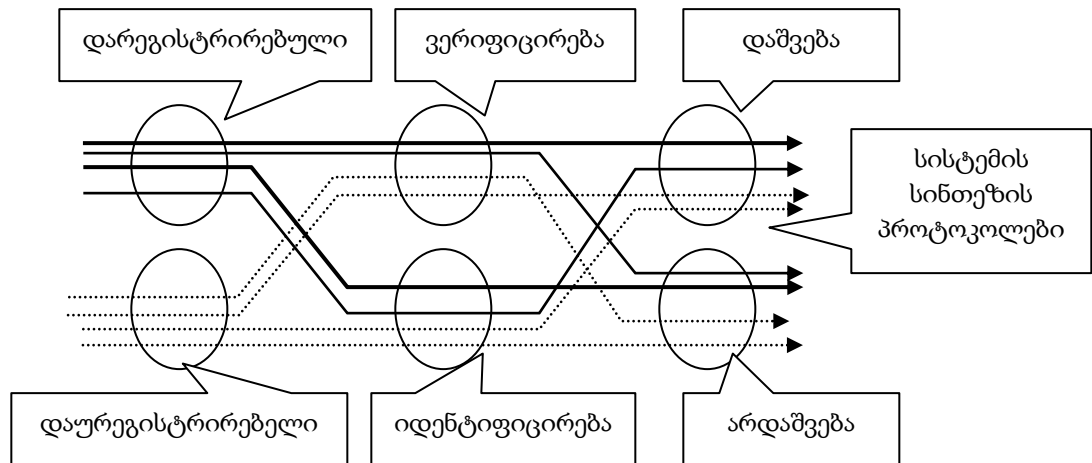
არსებული ბიომეტრიული სისტემების ანალიზის შედეგად ჩამოყალიბებულია იდეალური ბიომეტრიული სისტემის მოდელის კრიტერიუმთა სიმრავლე და მნიშვნელობები:

- პირველი რიგის შეცდომა - $FRR=0$, ანუ სისტემამ დაშვებაზე უარი არ უნდა უთხრას არცერთ რეგისტრირებულ მომხმარებელს;
- მეორე რიგის შეცდომა - $FAR=0$, ანუ სისტემამ არ უნდა დაუშვას არცერთი დაურეგისტრირებელი სუბიექტი;
- რეაქციის დრო - მომხმარებლისათვის უნდა იყოს შეუმჩნეველი;
- გამტარუნარიანობა - მომხმარებელთა ცოცხალი რიგის შესაბამისი მაქსიმალური გამტარუნარიანობა;
- ერგონომიულობა - არ უნდა საჭიროებდეს დამატებით იდენტიფიკატორს;
- სისტემაში ერთდროულად დარეგისტრირებული მომხმარებლების შესაძლო რაოდენობა - თითის ანაბეჭდების შაბლონების განუსაზღვრელი რაოდენობა;
- დაქტილოსკოპიური სკანერის ტიპი: დისტანციური;
- იდენტიფიცირებისათვის გამოყენებული ბიომეტრიული მახასიათებლის რაოდენობა - ათივე თითისთვის;
- სისტემის მდგრადობა მადესტაბილუბელი შეტევების მიმართ - უნდა იყოს აბსოლიტურად მდგრადი;

- ბიომეტრიული მოწყობილობის ფუნქციური ავტონომიურობა - ბიომეტრიული მოწყობილობის ფუნქციონირებისათვის საჭირო ყველა საშუალება უნდა იყოს თვითონ მოწყობილობაში;

- ტერიტორიულად განაწილებული ბიომეტრიული მოწყობილობების დიდი რაოდენობის ცენტრალიზებული ადმინისტრირების შესაძლებლობა - უნდა შეიძლებოდეს.

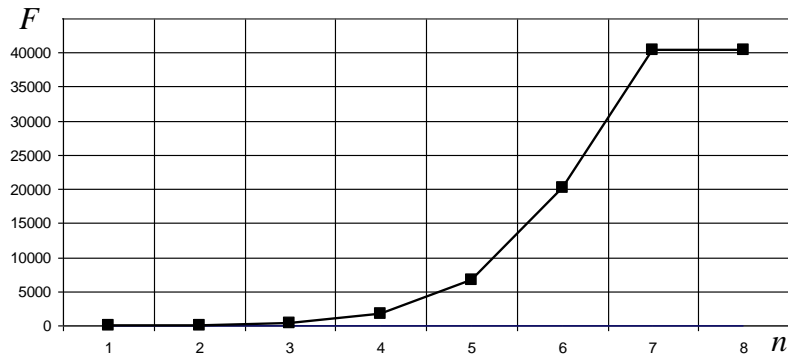
ბიომეტრიული სისტემა ფუნქციონირებს ვერიფიცირების ან იდენტიფიცირების მეთოდით. იმავდროულად, ბიომეტრიული სისტემის სინთეზის დროს მნიშვნელოვანია ორი პრინციპის გამოყენება - სისტემაში არ დაუშვას დარეგისტრირებული სუბიექტი ან უარი არ უთხრას დარეგისტრირებულ მომხმარებელს. ამასთან, ბიომეტრიულ სისტემას ყავს ორი ტიპის მომხმარებელი - სუბიექტი, რომელიც არ არის დარეგისტრირებული და დაინტერესებულია სისტემაში შეღწევით და დარეგისტრირებული მომხმარებელი, რომლის მთავარი მოთხოვნაა, რომ სისტემამ უარი არ უთხრას დაშვებაზე. ნახ.1.-ზე ნაჩვენებია მოცემული მოთხოვნებით ბიომეტრიული სისტემების სინთეზის განზოგადოებული სქემა.



ნახ. 1. ბიომეტრიული სისტემის სინთეზის პროტოკოლების ნაირსახეობები

ნაჩვენები სქემა ბადებს ბიომეტრიული სისტემის ფუნქციონირების რვა შესაძლო პროტოკოლს. თითოეული პროტოკოლი სათანადო შინაარსის

მატარებელია და მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს სისტემის დანიშნულებას. კონკრეტული ბიომეტრიული სისტემის სინთეზისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნას სისტემის რეალიზაციის ერთი პროტოკოლი, ან რამდენიმე. რამდენიმე პროტოკოლის გამოყენებისას მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე მათი ამოქმედების თანმიმდევრობასაც. შედეგად არსებობს სისტემის სინთეზის $F = \sum_{m=1}^n \frac{n!}{(n-m)!}$ რაოდენობის ვარიანტი, სადაც $n=8$. ნახ.2-ზე ნაჩვენებია სისტემის სინთეზის F ვარიანტების რაოდენობის დამოკიდებულება სისტემაში ამოქმედებული f_i ($i = \overline{1,8}$) პროტოკოლების რაოდენობაზე.



ნახ.2. სისტემის სინთეზის ვარიანტების რაოდენობის დამოკიდებულება პროტოკოლების რაოდენობაზე

ვერიფიცირების მეთოდის გამოყენებისას n შაბლონიდან ერთი i შაბლონის ამორჩევა ხდება დამატებითი იდენტიფიკატორის გამოყენებით. შესაბამისად, დაურეგისტრირებელი სუბიექტის დაშვების ალბათობა იქნება $P_{unreg.i} = P_{FARi}$, ხოლო დარეგისტრირებული მომხმარებლის დაშვების ალბათობა იქნება $P_{reg.i} = 1 - P_{FRRi}$.

იდენტიფიცირების მეთოდის დროს მიმდინარე შაბლონი დარდება ბაზაში არსებულ ყველა n შაბლონთან. შედეგად, გაიზრდება დაურეგისტრირებელი სუბიექტის დაშვების ალბათობა, რომელიც მიიღებს სახეს:

$$P_{unreg.i} = 1 - (1 - P_{FARi})^n.$$

შემცირდება დარეგისტრირებული მომხმარებლის დაშვების უარყოფის ალბათობა, რომელიც გაითვლება ფორმულით:

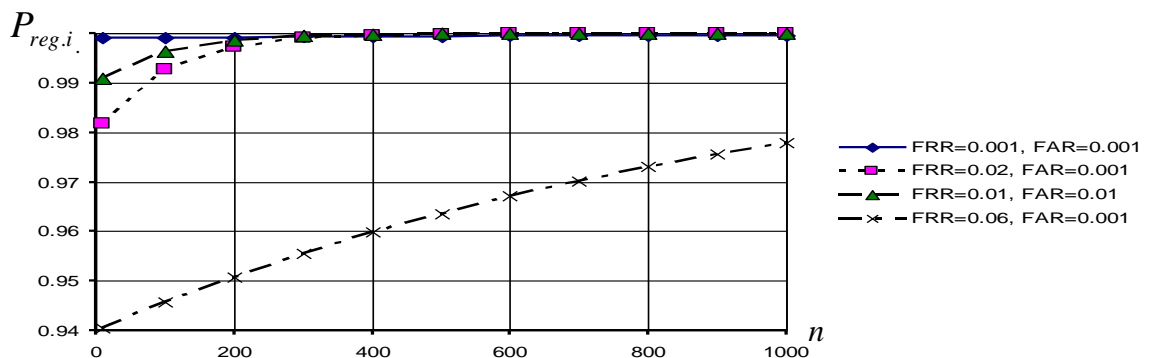
$$P_{FRR,i} = P_{FRRi} (1 - P_{FARi})^{n-1},$$

რაც დაკავშირებულია იმასთან, რომ ერთი მომხმარებელი შეიძლება დაშვებული იქნას სხვა მომხმარებლის იდენტიფიკატორით. ამდენად, გაიზრდება რეგისტრირებული მომხმარებლის დაშვების ალბათობა:

$$P_{reg,i} = 1 - P_{FRRi} (1 - P_{FARi})^{n-1},$$

სადაც მოიაზრება შეცდომით დაშვებული მომხმარებლებიც.

ნახ.3-ზე ნაჩვენებია $P_{reg,i}$ -ის დამოკიდებულება სისტემაში დარეგისტრირებულ მომხმარებელთა რაოდენობაზე. ამდენად, მომხმარებელთა რაოდენობის ზრდასთან ერთად, მატულობს $P_{reg,i}$ -ც, რაც დაკავშირებულია დაურეგისტრირებელი მომხმარებლების სისტემაში დაშვების რაოდენობის ზრდასთან და იმასთან, რომ სისტემა ნაკლებად ეუბნება უარს დაშვებაზე დარეგისტრირებულ მომხმარებლებს.



ნახ.3. რეგისტრირებული მომხმარებლის დაშვების ალბათობის დამოკიდებულება პირველი და მეორე რიგის შეცდომებზე

როგორც ვხედავთ, იდენტიფიცირების მეთოდის გამოყენებისას შესამჩნევად უარესდება ბიომეტრიული სისტემის საიმედოობის მაჩვენებელი ვერიფიცირების მეთოდთან შედარებით, მაგრამ უმჯობესდება სისტემაში

დაშვების სისწრაფე (გამტარუნარიანობა), ერგონომიულობა (აღარ არის საჭირო დამატებითი იდენტიფიკატორი) და ა.შ.

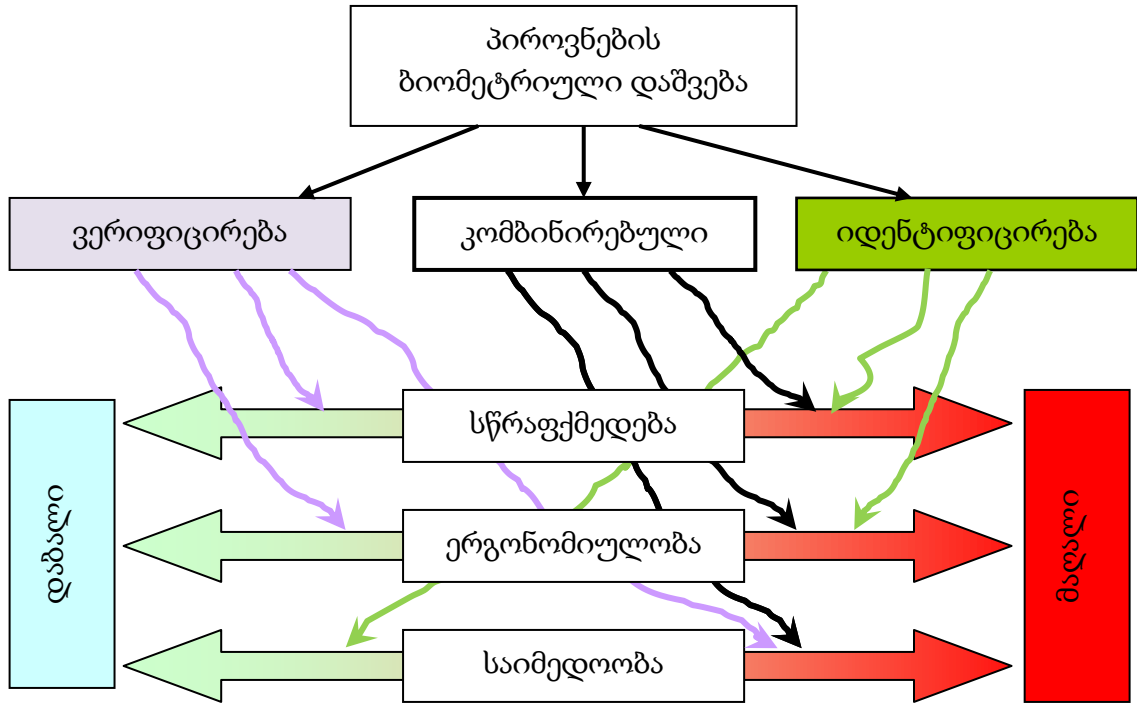
როგორც ცნობილია, თითის ანაბეჭდის ხარისხი ყოველთვის მაღალი არ არის, რაც, ცხადია, ზრდის P_{FRRi} -ის მნიშვნელობას. შესაბამისად იცვლება რეგისტრირებული მომხმარებლის დაშვების ალბათობაც: $P_{reg.i} = 1 - k * P_{FRRi}$, სადაც k პროპორციულობის კოეფიციენტი. დავუშვათ ექსპერიმენტულად დავადგინეთ, რომ ჩვეულებრივ შემთხვევასთან შედარებით 5-ჯერ მეტ მომხმარებელს ეთქვა დაშვებაზე უარი, მაშინ $k=5$ და შესაბამისად $P_{reg.i} = 0.95$. იმისათვის, რომ სიტუაცია გამოვასწოროთ, საჭიროა P_{FRRi} შევამციროთ 5-ჯერ, რაც თავის მხრივ აუცილებლად გამოიწვევს P_{FARi} -ის გაზრდას, ანუ დაურეგისტრირებელი სუბიექტის დაშვების ალბათობის ზრდას.

ამდენად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ იმ კატეგორიის მომხმარებლებისათვის, რომელთაც აქვთ თითის ანაბეჭდის დაბალი ხარისხი, მიზანშეწონილია ვერიფიცირების მეთოდის გამოყენება.

მოვახდინოთ იდენტიფიცირების და ვერიფიცირების მეთოდების შედარებითი ანალიზი სწრაფქმედების, საიმედოობის და ერგონომიულობის თვალსაზრისით (ნახ.4).

მიუხედავად იმისა, რომ ტექნიკური თვალსაზრისით ვერიფიცირების პროცედურაზე სისტემას ესაჭიროება უფრო მცირე დრო, ვიდრე იდენტიფიცირების დროს, მომხმარებლის დროის ჯამური დანახარჯები პიროვნების იდენტიფიცირების პროცედურის დროს უფრო ნაკლებია, რადგან ამ დროს პიროვნებას არ ესაჭიროება საიდენტიფიკაციო საშუალების გამოყენება. ამდენად, ისეთი ბიომეტრიული სისტემის აგებისას, როცა საჭიროა გარკვეული რაოდენობის პირთა მცირე დროში იდენტიფიცირება, სასურველია იდენტიფიცირების პროცედურის გამოყენება.

იდენტიფიცირების დროს ბიომეტრიული სისტემებისათვის დამახასიათებელ სამივე ტიპის შეცდომას შეიძლება ჰქონდეს ადგილი, რადგან FAR უნდა იყოს საკმაოდ დაბალი, რომ არ მოხდეს სისტემის მიერ „უცნობი“ პიროვნების დაშვება. მაგრამ, იმავდროულად შეიძლება შეიქმნას სიტუაცია, როცა სისტემა არ დაუშვებს პიროვნებას, რომელსაც ამის უფლება აქვს.



ნახ.4. ვერიფიცირებისა და იდენტიფიცირების შედარებითი ანალიზის სქემა

იმისათვის, რომ ბიომეტრიულმა სისტემამ უშეცდომოდ დაუშვას პიროვნება საჭიროა, რომ მიმდინარე $FAR_{მოდ.}$ ნაკლები იყოს სისტემაში გამოყენებულ წინასწარ განსაზღვრულ $FAR_{სისტ.}$ -ის დონეზე. ამდენად სისტემის ყველა მომხმარებლისათვის $0 \leq FAR_{მოდ.} < FAR_{სისტ.}$. იდეალურ შემთხვევაში $FAR_{მოდ.} = 0$.

იდენტიფიცირების პროცედურის დროს მომხმარებელი სისტემაში შედის მხოლოდ დაქტილოსკოპიური სკანერის გამოყენებით, ხოლო ვერიფიცირების დროს მას დამატებით ესაჭიროება ფიზიკური საიდენტიფიკაციო საშუალების

გამოყენება. ამდენად, უდავოა, რომ ერგონომიულობის თვალსაზრისით იდენტიფიცირების პროცედურას უდავო უპირატესობა აქვს.

ნაშრომში შემოთავაზებულია მიდგომა, როცა სისტემაში შეიძლება ერთდროულად გამოყენებული იქნას როგორც იდენტიფიცირების, ასევე ვერიფიცირების პროცედურები. შემოთავაზებული მიდგომის მიზანი მდგომარეობს ვერიფიცირების პროცედურის მაღალი საიმედოობის და იდენტიფიცირების პროცედურის მაღალი სწრაფქმედების შენარჩუნებაში, ანუ ამ ორი პარამეტრის კონფიგურებით ბიომეტრიული სისტემის მისაღები საიმედოობის და მისაღები სწრაფქმედების უზრუნველყოფაში.

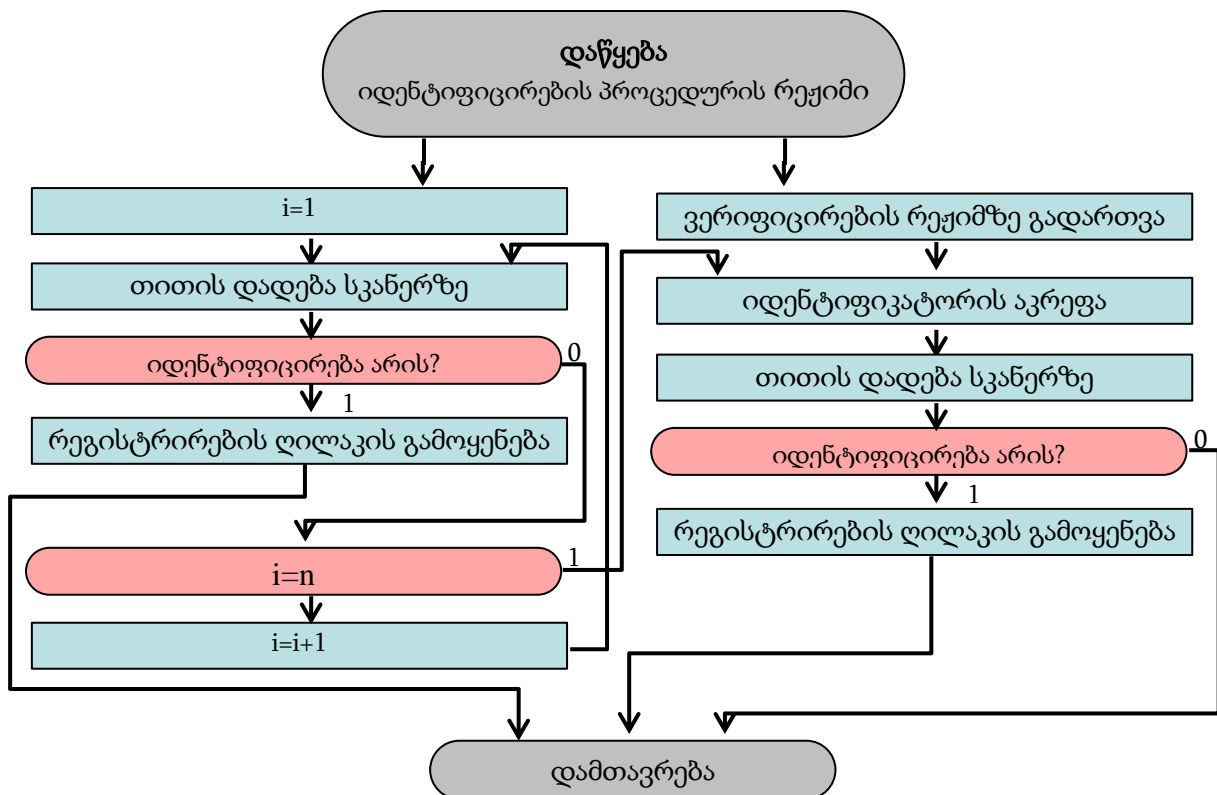
ნახ.4-დან კარგად ჩანს შემოთავაზებული მიდგომის უპირატესობა, როცა ვერიფიცირებისა და იდენტიფიცირების პროცედურების კომბინირებული გამოყენებით სისტემა უზრუნველყოფს სწრაფქმედების, საიმედოობის და ერგონომიულობის მაღალ დონეს.

დავუშვათ სისტემა დანიშნულია N იდენტიფიკატორის გამოყენებისათვის, რომელთა ეტალონური შაბლონი ინახება სისტემის მონაცემთა ბაზაში. დავუშვათ აგრეთვე, რომ N იდენტიფიკატორიდან N_H მაღალი ხარისხისაა, ხოლო N_L - დაბალი ხარისხის. შესაბამისად $N_H + N_L = N$. სისტემის ფუნქციონირებაში გამოიყენება FAR -ის ორი პარამეტრი: $FAR1$ და $FAR2$, რომლებისთვისაც მოქმედებს უტოლობა $0 < FAR1 < FAR2$.

პიროვნების იდენტიფიცირება ხორციელდება FAR -ის შემდეგ შუალედში: $[0 : FAR1]$, რომელიც განკუთვნილია იდენტიფიკატორების მაღალი ხარისხის მქონე N_H მომხმარებლისათვის, ხოლო ვერიფიცირება - შუალედში $[0 : FAR2]$, რომელიც განკუთვნილია იდენტიფიკატორების დაბალი ხარისხის მქონე N_L მომხმარებლისათვის.

სისტემის ფუნქციონირების ალგორითმი ნაჩვენებია ნახ.5-ზე. საწყის მდგომარეობაში სისტემა იმყოფება იდენტიფიცირების პროცედურის რეჟიმში.

თუ მომხმარებელი დარწმუნებულია, რომ მან უნდა გაიაროს რეგისტრირება ვერიფიცირების პროცედურით, მაშინ პირდაპირ ახდენს სისტემის გადართვას ვერიფიცირების პროცედურის რეჟიმში. სხვა შემთხვევაში იგი თითს ადებს სკანერზე. თუ მოხდა პიროვნების იდენტიფიცირება, მაშინ იგი ამთავრებს სისტემასთან ურთიერთობას. თუ არ მოხდა იდენტიფიცირება, მაშინ ხელმეორედ ადებს თითს სკანერს. ამ პროცედურის განმეორება შესაძლებელია მაგალითად $n=3$ -ჯერ. მე-3 ცდის შემდეგ სისტემა ავტომატურად გადადის ვერიფიცირების პროცედურის რეჟიმში და მომხმარებელს სთავაზობს დამატებითი იდენტიფიკატორის გამოყენებას.



ნახ.5. იდენტიფიცირებისა და ვერიფიცირების პროცედურების ერთობლივი გამოყენების ალგორითმი

იდენტიფიცირების პროცედურის რეჟიმში სისტემის სწრაფქმედების გაუმჯობესების მიზნით შემუშავებულია იდენტიფიცირების შემდეგი ხერხი. ცნობილია, რომ რაც უფრო ნაკლებია FAR, მით მეტი დრო იხარჯება სისტემის

მიერ N რაოდენობის ეტალონური იდენტიფიკატორიდან თითოეულთან ვერიფიცირების პროცედურაზე.

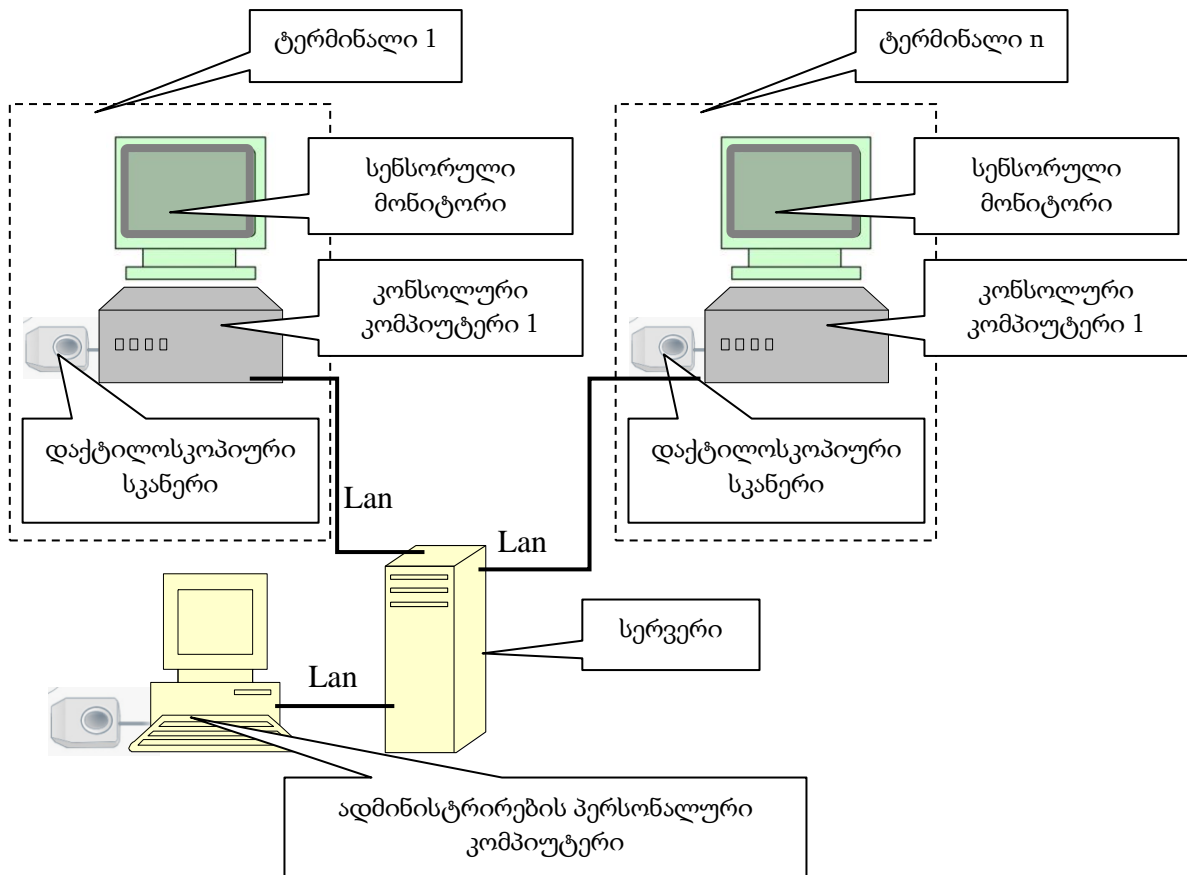
დავუშვათ, რომ მიმდინარე $FAR=FARI$. თუ იდენტიფიცირების პროცესში სისტემამ თანმიმდევრული ვერიფიცირების დროს რომელიმე ეტალონური იდენტიფიკატორისათვის დააფიქსირა $FAR < m$ ($FAR = m$ აიღება პრაქტიკული მოსაზრებებით და სხვადასხვა სისტემაში იგი შეიძლება სხვადასხვა იყოს, მაგრამ 0-თან მიახლოებული), მაშინ პროცესი ითვლება დამთავრებულად და თითქმის 100%-იანი გარანტიით შეიძლება ითქვას, რომ სწორად მოხდა საიდენტიფიკაციო პიროვნების გამოცნობა. თუ იდენტიფიცირების პროცესში სისტემამ დააფიქსირა $n < N$ ეტალონური იდენტიფიკატორი, რომელთათვისაც $m < FAR_{(1..n)} < FARI$, მაშინ იდენტიფიცირების პროცესი დამთავრებულად არ ითვლება და ამ n რაოდენობის ეტალონური იდენტიფიკატორისთვის თავიდან ხორციელდება თანმიმდევრული ვერიფიცირების პროცესი პირობით: $FAR = FARI$, ანუ საიდენტიფიკაციო იდენტიფიკატორისთვის იდენტიფიცირების პროცედურა გამკაცრდება. როგორც შემოთავაზებული ხერხის გამოყენების ანალიზი გვიჩვენებს, სისტემის მომხმარებელთა 75-80%-თვის იდენტიფიცირების პროცესი სრულდება $FAR < m$ პირობის გამოყენებით.

პედაგოგთა რეგისტრირების ბიომეტრიული სისტემა. სისტემის მიზნებს წარმოადგენს:

- პედაგოგთა იდენტიფიცირება;
- პედაგოგთა ლექციაზე გამოცხადების რეგისტრირება და აღრიცხვა;
- ჩასატარებელი, დამთავრებული, დაუმთავრებელი, შეწყვეტილი, ჩანაცვლებული და გაცდენილი ლექციების აღრიცხვა;
- ლექციის ჩატარების საზოგადოებრივი კონტროლი;
- მონაცემთა დაგროვებისა და ანალიზის შესაძლებლობა.

პედაგოგთა რეგისტრირების ბიომეტრიული სისტემის არქიტექტურა.

სისტემა მოიცავს n სამომხმარებლო ტერმინალს, რომლებიც კომპიუტერული ქსელითაა დაკავშირებული სერვერთან. სერვერი თავის მხრივ უკავშირდება სისტემის ადმინისტრირების პერსონალურ კომპიუტერს. მომხმარებლის ტერმინალი წარმოადგენს კონსოლურ კომპიუტერს, რომელიც აღჭურვილია სენსორული მონიტორითა და დაქტილოსკოპიური სკანერით (ნახ.6).



ნახ. 6. პედაგოგთა რეგისტრირების ბიომეტრიული სისტემის სტრუქტურა

სასწავლო დღის დასაწყისში სერვერიდან ტერმინალის სენსორულ მონიტორზე ავტომატურად (კალენდარული რიცხვის შესაბამისად) გამოიტანება იმ დღის სასწავლო ცხრილი მოცემულ სასწავლო კორპუსში. პედაგოგის მიერ დაქტილოსკოპიურ სკანერზე შეხებისას საერთო ცხრილიდან დაიფილტრება მხოლოდ მისი მოცემული თარიღის შესაბამისი ცხრილი და გამოიტანება მონიტორზე. თუ ამ მომენტისათვის ნებადართულია რომელიმე ლექციის დაწყების რეგისტრირება, პედაგოგი სენსორულ მონიტორზე თითოთ ეხება ცხრილის შესაბამის სტრიქონს. შედეგად შესაბამისი სტრიქონი გაყვითლდება, რაც ნიშნავს, რომ ლექციის დაწყების რეგისტრირება გავლილია. ლექციის დამთავრების შემდგომ (არ უნდა იყოს ამოწურული ლექციის დამთავრების რეგისტრირების დროის ლიმიტი) პედაგოგი გადის იგივე პროცედურას და თითოთ ეხება გაყვითლებულ სტრიქონს, რომელიც გამწვანდება. ამით ლექცია ითვლება დამთავრებულად. თუ პედაგოგი ლექციაზე არ გამოცხადდა, ან დაგვიანების ლიმიტის ამოწურვამდე ვერ მოასწრო ლექციის დაწყების პროცედურის გავლა, მაშინ სასწავლო ცხრილში შესამისი სტრიქონი გაწითლდება და ლექცია ითვლება გაცდენილად.

სისტემაში მოქმედებს პედაგოგის რეგისტრირების შემდეგი პირობები:

- მეცადინეობის დაწყების რეგისტრირება;
- მეცადინეობის დამთავრების რეგისტრირება;
- დაწყების რეგისტრირება - ლექციის დაწყების შემდგომ დაგვიანების ლიმიტის ამოწურვამდე ითვლება დაგვიანებულად;
- დაწყების რეგისტრირება - დაგვიანების ლიმიტის ამოწურვის შემდგომ არ მიიღება და ლექცია ითვლება გაცდენილად;
- დამთავრების რეგისტრირება ლექციის დამთავრებამდე (შეწყვეტილი ლექცია) - სენსორულ ეკრანზე იწვევს შეტყობინებას ორი „ღილაკით“:

„ჯგუფი არ გამოცხადდა“ და პედაგოგის მოთხოვნა“ (ლილაკების ამოქმედებას ახდენს პედაგოგი);

- პედაგოგის ჩანაცვლების რეგისტრირება (ჩამნაცვლებელი პედაგოგი სასწავლო ცხრილში თვითონ ირჩევს იმ პედაგოგის ლექციას, რომელსაც უნდა ჩაენაცვლოს).

რადგან მეცადინეობის დაწყება–დამთავრების რეგისტრირებას ახდენენ მხოლოდ ის პედაგოგები, რომლებიც მიმდინარე დღის ცხრილში არიან დაფიქსირებულნი, რეგისტრირების პროცედურის დროს პედაგოგის ანაბეჭდის მოდელის - სარეგისტრაციო შაბლონის შედარება ხდება მხოლოდ ამ პედაგოგების ანაბეჭდების ეტალონურ შაბლონებთან (რომლებსაც მიმდინარე დღეს აქვთ მეცადინეობები). ამით ბევრად მცირდება იდენტიფიცირების დრო და ასევე იზრდება სისტემის საიმედოობა, რადგან მცირდება სისტემის მომხმარებელთა რაოდენობა.

იდენტიფიცირების ალგორითმი. იდენტიფიცირების დაწყებისას სისტემა აყენებს *FAR*-ის ზღვრულ მნიშვნელობას. თუ კონკრეტულ ეტალონურ შაბლონთან შედარების *FAR* აღმოჩნდა ზღვრულ მნიშვნელობაზე ნაკლები, სისტემა ამ ორი შაბლონის იდენტურობაზე იძლევა დადებით პასუხს, წინააღმდეგ შემთხვევაში კი უარყოფითს. მაგალითად, თუ $FAR \leq m$, ე.ი. იდენტურობა დაფიქსირდა მაღალი ხარისხით, შედარების პროცესი წყდება, დროის მინიმიზირების მიზნით სისტემა პედაგოგის იდენტიფიცირებას ამთავრებს, სხვა შემთხვევაში სისტემა აგრძელებს შედარებას ბოლომდე. გადაირჩევა ის შემთხვევები, როცა იდენტურობაზე დადებითი პასუხები იქნა მიღებული. ამ ჯგუფიდან ამოირჩევა ყველაზე დაბალი *FAR*-ის შემთხვევა, როგორც ყველაზე იდენტური და იდენტიფიცირების პროცესი ამით მთავრდება. თუ იდენტურობის არცერთი შემთხვევა არ იქნა დაფიქსირებული,

ე.ი. სისტემამ პიროვნების იდენტიფიცირება ვერ მოახდინა და პედაგოგი რეგისტრირებას ვერ გაივლის.

ვერიფიცირების ალგორითმი. სისტემა აყენებს *FAR*-ის ნაკლებად მკაცრ ზღვრულ მნიშვნელობას, ვიდრე იდენტიფიცირების შემთხვევაში.

პედაგოგს თავდაპირველად შეაქვს მისი პირადი კოდი და შემდეგ ადებს სკანერზე თითს. ამ შემთხვევაში შედარება ხდება მოცემული საიდენტიფიკაციო შაბლონისა და ბაზაში შენახული ამ პიროვნების ეტალონურ შაბლონს შორის. თუ იდენტურობა დადასტურდა, სისტემა პედაგოგს აძლევს რეგისტრირების საშუალებას.

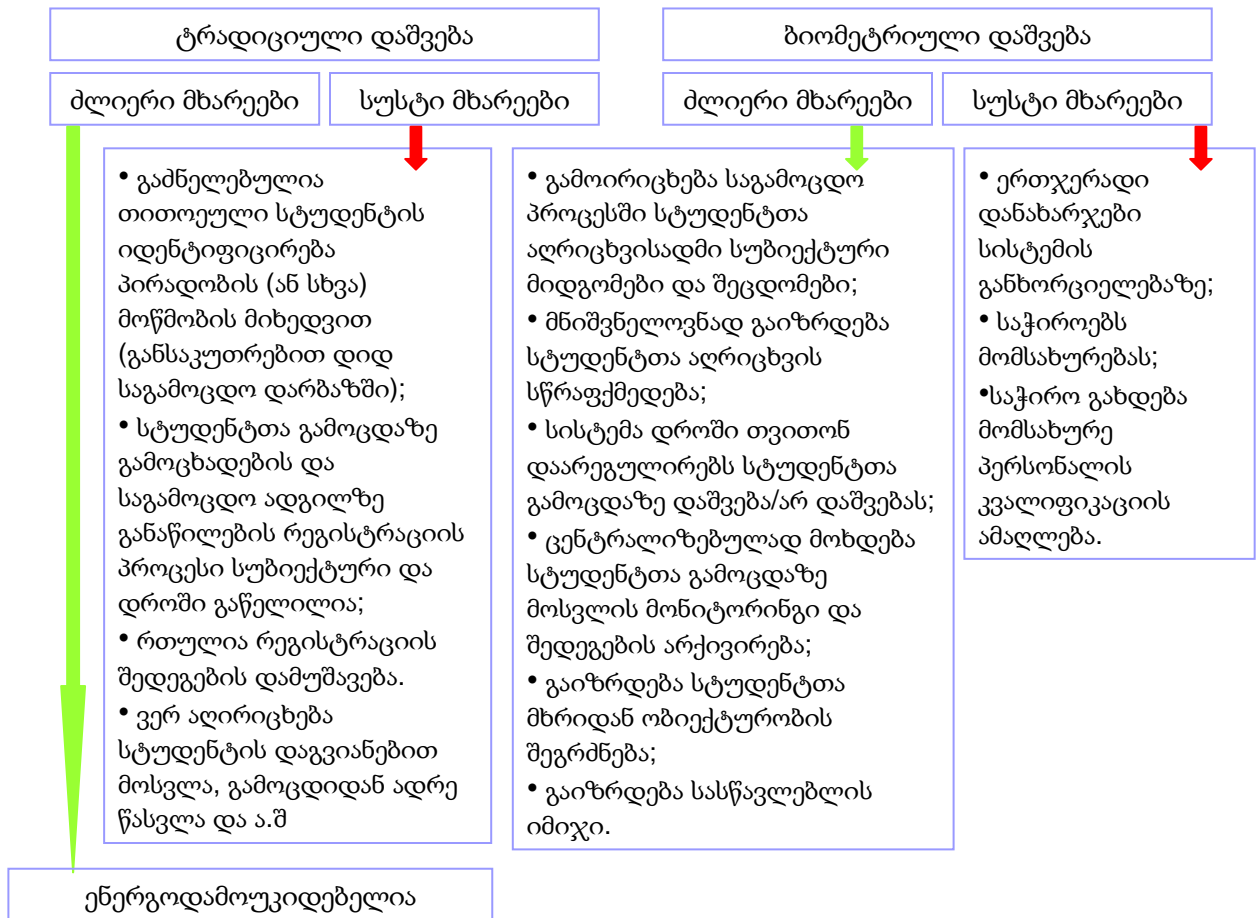
ჩანაცვლების პროცედურის გავლის დროს სისტემამ ორჯერ უნდა მოახდინოს პედაგოგის იდენტიფიცირება: ჩანაცვლების პროცედურის დროს და მეცადინეობის დაწყება–დამთავრების რეგისტრირების დროს. ჩანაცვლებელს ჩანაცვლების პროცედურის გავლა შეუძლია როგორც იდენტიფიცირების, ასევე ვერიფიცირების (კოდის დახმარებით) მეთოდით. ჩანაცვლების დროს, პედაგოგს შეიძლება ჩაენაცვლოს ბაზაში არსებული ნებისმიერი პედაგოგი. ამიტომ ჩანაცვლების პროცედურის დროს, თუ პიროვნება იყენებს იდენტიფიცირების მეთოდს, ამ დროს სასურველია გამკაცრდეს იდენტურობის შემოწმება, ამიტომ სისტემა ირჩევს *FAR*-ის უფრო მცირე ზღვრულ მნიშვნელობას.

სტუდენტთა საგამოცდო პროცესზე დაშვების ბიომეტრიული სისტემის არქიტექტურა.

საგამოცდო პროცესზე სტუდენტთა ტრადიციული და ბიომეტრიული დაშვებების შედარებითი ანალიზი მოცემულია ნახ. 7-ზე.

გამოსაცდელი სუბიექტის საგამოცდო პროცესზე დაშვების პრინციპები.

- თითოეული საგამოცდო სუბიექტისათვის სისტემის მონაცემთა ბაზაში წინდაწინ შეტანილია: სუბიექტის გვარი, სახელი, პირადი ნომერი, ჯგუფის ნომერი.
- სასწავლო ჯგუფებისათვის წინდაწინ შედგენილია საგამოცდო ცხრილი. საგამოცდო ცხრილში შეტანილია: ჯგუფის ნომერი, სასწავლო კურსის დასახელება, საგამოცდო თარიღი და დრო.
- სუბიექტი გამოცდაზე ცხადდება საგამოცდო ცხრილის შესაბამისად.
- არის საგამოცდო პროცესზე დაშვების დაგვიანების ლიმიტი. დაგვიანების ლიმიტის ამოწურვის შემდგომ სუბიექტი გამოცდაზე არ დაიშვება (დაგვიანების ლიმიტი რეგულირდება სისტემის ადმინისტრირების გვერდიდან).



ნახ. 7. ტრადიციული და ბიომეტრიული დაშვებების შედარებითი ანალიზი

- არის გამოცდაზე შესვლის და გამოცდიდან გამოსვლის რეგისტრირება.
- სისტემა საგამოცდო სუბიექტის რეგისტრირების შემდგომ ავტომატურად გამოწერს საგამოცდო ადგილის ნომერს, რომელიც შეირჩევა შემთხვევითი პრინციპით საგამოცდო დარბაზში ადგილების რაოდენობის და ბლოკირებული ადგილების გათვალისწინებით.

სუბიექტის საგამოცდო პროცესზე დაშვების პროტოკოლი.

- სისტემის ჩართვის მომენტში საგამოცდო ცხრილის გათვალისწინებით გააქტიურდება მოცემულ დღეს საგამოცდო პროცესზე დასაშვები ჯგუფების სია;
- სუბიექტი თითო ადებს დაქტილოსკოპიურ სკანერზე;
- მონიტორზე გამოდის შეტყობინება: „გვარი, სახელი, პირადი ნომერი, ჯგუფის ნომერი, სასწავლო კურსის დასახელება, საგამოცდო პროცესის დაწყების დრო, ხანგრძლივობა, დამთავრების დრო და სამუშაო ადგილის ნომერი“;
- იმავდროულად იბეჭდება: „გვარი, სახელი, პირადი ნომერი, ჯგუფის ნომერი, სასწავლო კურსის დასახელება, საგამოცდო პროცესის დაწყების დრო, ხანგრძლივობა, დამთავრების დრო და სამუშაო ადგილის ნომერი“;
- ეს შეტყობინება იხურება სხვა პროცედურის დაწყებისთანავე (მაგალითად, სხვა სუბიექტი ადებს თითო სკანერს, ან გადავდივართ სხვა ჯგუფზე და სხვა) ან გარკვეული დროის შემდეგ ავტომატურად იხურება და ვუბრუნდებით ჯგუფის გვერდს;
- სუბიექტი იღებს ნაბეჭდ ფურცელს და ჯდება სამუშაო ადგილზე.

სტუდენტთა მეცადინეობებზე დაშვების ბიომეტრიული სისტემა. მეცადინეობებზე სტუდენტთა დასწრების ბიომეტრიული აღრიცხვის სისტემა განკუთვნილია მეცადინეობებზე სტუდენტთა დასწრების ავტომატური აღრიცხვისათვის კერძოდ:

- სტუდენტთა იდენტიფიცირებისთვის;
- სტუდენტთა ლექციაზე გამოცხადების რეგისტრირებისთვის და აღრიცხვისთვის;
- ელექტრონული ლაბორატორიული ჟურნალის წარმოებისთვის;
- ლაბორატორიული სამუშაოების მიმდინარეობის პროცესის მონიტორინგისთვის;
- მონაცემთა დაგროვებისა და ანალიზისთვის.

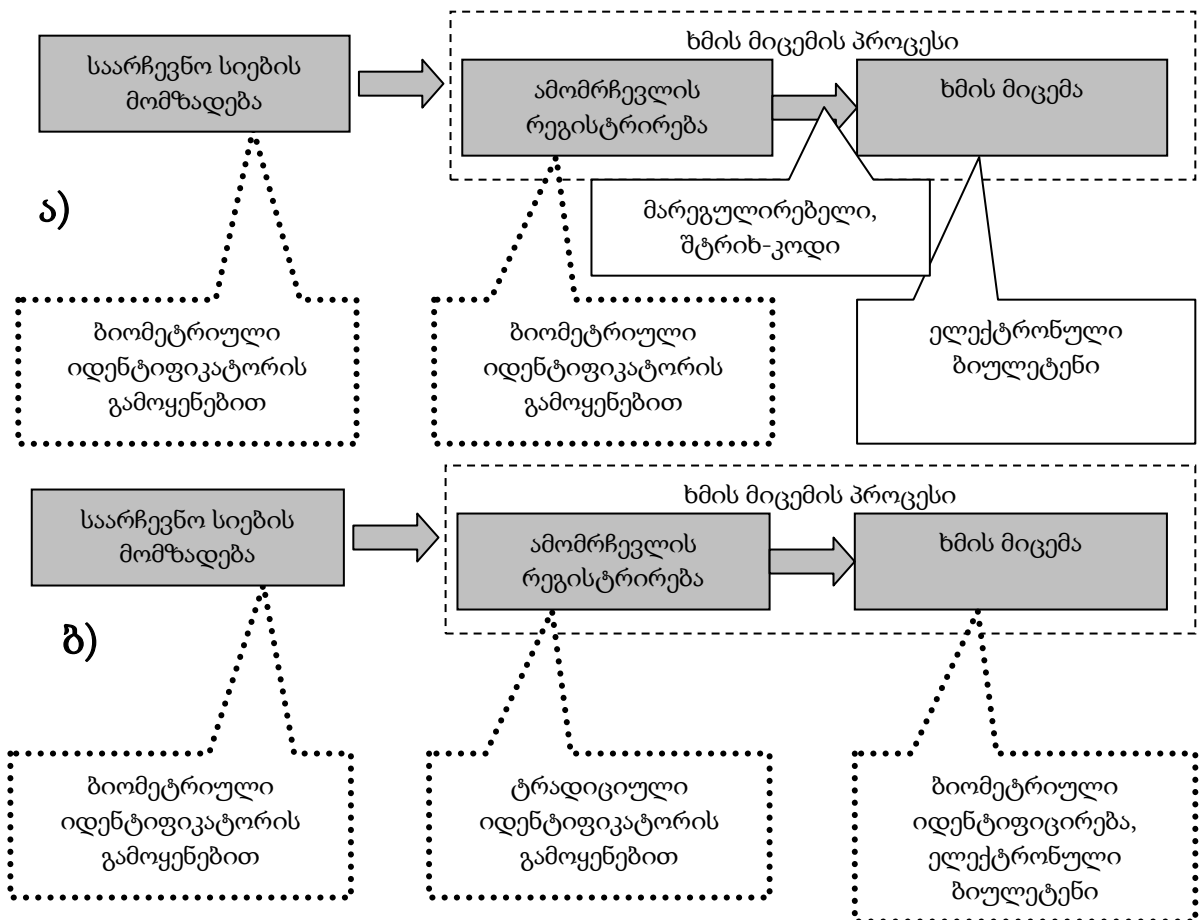
სისტემა სტრუქტურულად წარმოადგენს კომპიუტერულ ქსელს, იგი შედგება სერვერისა და ტერმინალებისგან, რომლებიც განლაგებულია ლაბორატორიებში. ტერმინალები დამატებით აღჭურვილია დაქტილოსკოპიური სკანერებით. მეცადინეობის დაწყების წინ სისტემის სერვერიდან ცალკეულ ტერმინალებში ჩაიტვირთება მეცადინეობაზე შემსვლელი ჯგუფის სია.

შემოტანილია მეცადინეობის “დაწყების” და “დამთავრების” ცნებები, რაც შინაარსობრივად ასახავს „ელექტრონული ლაბორატორიული ჟურნალის“ გახსნას და დახურვას. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ მეცადინეობის დაწყება (დამთავრება) არ ემთხვევა აკადემიური საათის დაწყებას (დამთავრებას). მეცადინეობის დაწყებას ახდენს პედაგოგი აკადემიური საათის დაწყებამდე ან მისი დაწყების შემდეგ.

ხმის მიცემის ბიომეტრიული სისტემის მოდელი და არქიტექტურა.
ტრადიციულ თუ ელექტრონულ საარჩევნო სისტემებს აქვთ ერთი ძირითადი

ნაკლი - პროცესის და შედეგების გაყალბების შესაძლებლობა. ამ ნაკლის გამოსწორება შესაძლებელია ბიომეტრიული მეთოდების გამოყენებით.

შემოთავაზებულია საარჩევნო სქემა (ნახ.8,ა), რომელიც ყველა ეტაპზე იყენებს ბიომეტრიულ ტექნოლოგიას. შედეგად, საარჩევნო პროცესის მთელი ციკლიდან გამორიცხულია ადამიანის ფაქტორი. საარჩევნო სიების ფორმირებისას ბიომეტრიის გამოყენება საშუალებას იძლევა ცალსახად იქნას იდენტიფიცირებული ამომრჩეველი და გამორიცხულ იქნას საარჩევნო სიების დუბლირება. ამომრჩევლის რეგისტრირების ეტაპზე ბიომეტრიული იდენტიფიცირება გამორიცხავს მომსახურე პერსონალის ფაქტორს და ამ ეტაპისათვის დამახასიათებელ მანკიერ მხარეებს. ხმის მიცემის ეტაპზე ბიომეტრიის გამოყენება გამორიცხავს მარეგულელებლის არსებობას და შტრიხ-კოდის გამოყენებას.



ნახ.8. ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემის სქემები: ა) ხმის მიცემისას რეგისტრირების ეტაპზე ბიომეტრიული კონტროლით, ბ) ხმის მიცემისას სრული ბიომეტრიული

ხმის მიცემის სისტემის არქიტექტურა, რომელიც ითხოვს სუბიექტის ბიომეტრიულ იდენტიფიცირებას როგორც რეგისტრირების, ასევე ხმის მიცემის ფაზაში, შედგება სუბიექტის რეგისტრირების ტერმინალისგან და ხმის მიცემის ტერმინალისგან, რომლებიც ერთმანეთთან ქსელითაა დაკავშირებული. ხმის მიცემის ტერმინალი წარმოადგენს კონსოლურ კომპიუტერს სენსორული მონიტორით. იგი დამატებით აღჭურვილია დაქტილოსკოპიური სკანერით. რეგისტრირების ტერმინალი წარმოადგენს პერსონალურ კომპიუტერს, რომელიც აღჭურვილია დაქტილოსკოპიური სკანერით.

შემოთავაზებული არქიტექტურის შემთხვევაში ხმის მიცემის პროცესი მიმდინარეობს შემდეგი თანმიმდევრობით:

ბიჯი 1. თუ რეგისტრირებულ სუბიექტთა (რომელთაც ჯერ ხმა არ მიუციათ) რაოდენობა არ აჭარბებს დაშვებულ ზღვარს, სუბიექტი გადის ბიომეტრიულ რეგისტრირებას. მის სახელზე ავტომატურად გაიცემა ბიულეტენი, მაგრამ ჯერ არ აისახება ხმის მიცემის ტერმინალზე;

ბიჯი 2. სუბიექტი შედის ხმის მიცემის კაბინაში;

ბიჯი 3. სუბიექტი გადის ბიომეტრიულ კონტროლს. ავტომატურად იხსნება (მონიტორზე აისახება) მასზე გაცემული ბიულეტენი;

ბიჯი 4. სუბიექტი აძლევს ხმას. ბიულეტენი ავტომატურად იხურება. ერთით მცირდება რეგისტრირებულ სუბიექტთა რაოდენობა;

ბიჯი 5. სუბიექტი გადის ხმის მიცემის სათავსოდან.

ამდენად, პროცესი მიმდინარეობს მომსახურე პერსონალის გარეშე და შესაბამისად, მათი მხრიდან სუბიექტური მოქმედებები და შეცდომები მთლიანად გამორიცხულია.

ხმის მიცემის პროცესის მოდელი. ხმის მიცემაში მონაწილეობს სიითი შემადგენლობის სუბიექტთა სიმრავლე $S_{list}=\{s_i\}$, სადაც $i = \overline{1, n}$. შესაბამისად არსებობს ბიულეტენთა სიმრავლე $B_{list}=\{b_j\}$, სადაც ასევე $j = \overline{1, n}$.

ხმის მიცემის პროცედურა ითვალისწინებს სუბიექტის რეგისტრირებას. ამდენად წარმოიშობა რეგისტრირებულ და დაურეგისტრირებელ სუბიექტთა სიმრავლეები - R და \bar{R} . ცხადია, რომ $(R \cup \bar{R} = S_{list}) \& (R \cap \bar{R} = \emptyset)$. ყოველი სუბიექტის რეგისტრირება ნიშნავს, რომ $(CardR = CardR + 1) \& (Card\bar{R} = Card\bar{R} - 1)$. ამასთან $CardR + Card\bar{R} = Card S_{list}$. აქვე შევნიშნავთ, რომ ხმის მიცემის პროცედურა საზოგადოდ დამთავრებულად ითვლება, თუ ამოიწურა ხმის მიცემის დრო (ვადა) ან $\bar{R} = \emptyset$, თუმცა შესაძლებელია არსებობდეს ხმის მიცემის კონკრეტული დებულება, რომელიც შეიძლება არ ცნობდეს $\bar{R} = \emptyset$ პირობას ხმის მიცემის პროცედურის დამთავრებისათვის.

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე, წარმოიშვება ასევე გაცემული და გაუცემელი ბიულეტენების სიმრავლეები - B და \bar{B} . ცხადია, რომ $(B \cup \bar{B} = B_{list}) \& (B \cap \bar{B} = \emptyset)$. გაცემული ბიულეტენების სიმრავლედან ნაწილი გამოიყენება ხმის მიცემისათვის - B_{vote} , ნაწილი გაბათილდება სუბიექტის მიერ - $B_{spoiled}$, ხოლო ნაწილი ანულირდება საარჩევნო კომისიის მიერ - $B_{revoked}$. ამრიგად, $(B_{vote} \cup B_{spoiled} \cup B_{revoked} = B) \& (B_{vote} \cap B_{spoiled} \cap B_{revoked} = \emptyset)$.

გაცემული და გაუცემელი ბიულეტენებისათვის მოქმედებს პირობა: $(CardB = CardB + 1) \& (Card\bar{B} = Card\bar{B} - 1)$. ამასთან $CardB + Card\bar{B} = Card B_{list}$.

შესაბამისი პირობები მოქმედებს ხმის მიცემისათვის გამოყენებული, გაბათილებული და ანულირებული ბიულეტენებისათვის:

თუ $(CardB_{vote} = CardB_{vote}+1) \vee (CardB_{spoiled} = CardB_{spoiled} + 1) \vee (CardB_{revoked} = CardB_{revoked} + 1)$, მაშინ $(Card\bar{B} = Card\bar{B} - 1)$. ცხადია, შენარჩუნდება ტოლობა: $CardB_{vote} + CardB_{spoiled} + CardB_{revoked} + Card\bar{B} = CardB_{list}$.

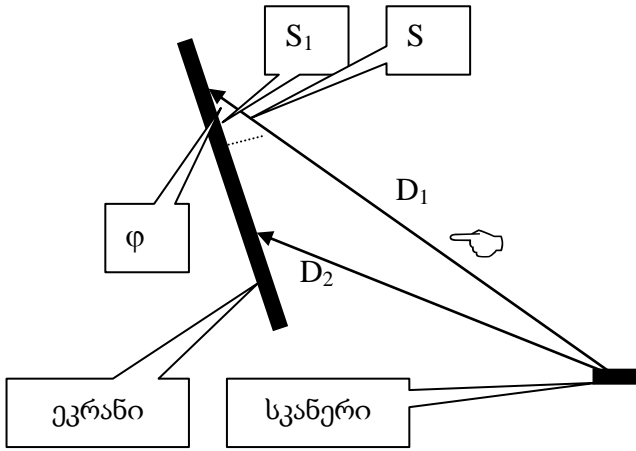
ხმის მიცემისთვის დარეგისტრირებულ სუბიექტზე $s_i \in R$ (სადაც $i = CardR$) სუბიექტზე გაუცემებელი ბიულეტენების სიმრავლიდან \bar{B} უნდა გაიცეს ერთი ბიულეტენი $b_j \in \bar{B}$ ($s_i \leftrightarrow b_j$) ისე, რომ $1 \leq j \leq Card\bar{B}$ (პროცესის დაწყების მომენტისათვის $Card\bar{B} = n$), ანუ s_i სუბიექტზე გაიცემა ნებისმიერი ერთი b_j ბიულეტენი \bar{B} სიმრავლიდან. საგულისხმოა, რომ \bar{B} სიმრავლიდან b_j ბიულეტენი ამოირჩევა შემთხვევითი წესით. ამასთან შესაძლებელია, რომ $i = j$.

ბიულეტენი სუბიექტს აძლევს საშუალებას ამოირჩიოს კანდიდატა (კანდიდატის სახით შეიძლება წარმოდგენილი იყოს სუბიექტი ან ობიექტი) სიმრავლე C_{vote} კანდიდატა საერთო სიმრავლიდან C . ჩვეულებრივ $C_{vote} \subset C$, მაგრამ საარჩევნო დებულებით შეიძლება დაშვებული იქნას $C_{vote} \subseteq C$ შემთხვევაც. კანდიდატებს მიღებულ ხმებად ჩათვლებათ B_{vote} ბიულეტენების მონაცემები, რომელიც დაიყოფა $CardC_{vote}$ ქვესიმრავლებად - $\{C_{vote}^i\}$, სადაც $i = \overline{1, CardC_{vote}}$. $CardC_{vote}^i$ არის i -ური კანდიდატის მიერ მიღებული ხმათა რაოდენობა. ტრივიალურ შემთხვევაში $i = 1$, ანუ ბიულეტენში წარმოდგენილია მხოლოდ ერთი კანდიდატი და შესაბამისად $CardC_{vote} = 1$. ამ კანდიდატის მიერ მიღებული ხმათა რაოდენობა იქნება $CardB_{vote}$.

ბიომეტრიული სისტემების სამომხმარებლო ინტერფეისის ინტერაქციის დროის შეფასების მოდელი. ფიტსის კანონის თანახმად, დრო, რომელიც საჭიროა ინტერფეისზე რომელიმე ელემენტის ამორჩევისა და ზემოქმედებისთვის, იანგარიშება შემდეგნაირად:

$$T_{ფიტსი} = a + b \cdot \log_2(D/S + 1),$$

სადაც D არის მანძილი სასტარტო წერტილიდან მიზნობრივ წერტილამდე,



ნახ. 9. ფიტსის კანონის მოქმედება პედაგოგის პირადი ცხრილისათვის

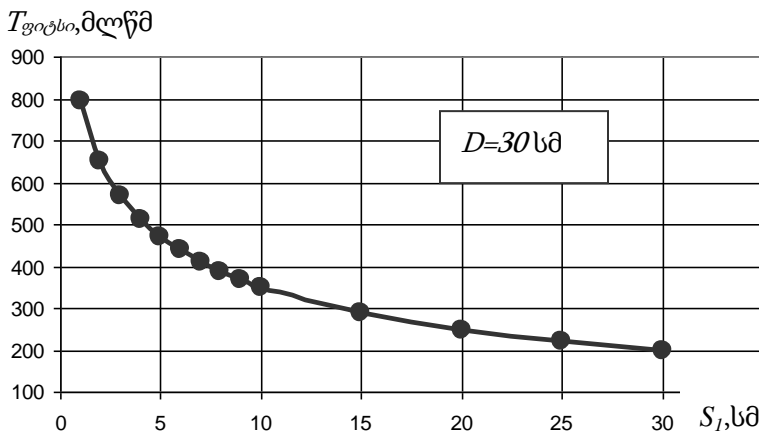
ხოლო S არის სამიზნე ობიექტის ზომა მოძრაობის მიმართულებით (ნახ.9). ამასთანავე მხედველობაში უნდა მივიღოთ დრო, რომელიც საჭიროა დაექტილოსკოპიურ სკანერზე თითის დადებისათვის და დრო, რომელიც ესაჭიროება სისტემას პიროვნების იდენტიფიცირებისათვის.

ბიომეტრიულ სისტემის არქიტექტურაში სენსორული მონიტორის გამოყენებისას კონკრეტული სამიზნე ობიექტის ზომები არ ემთხვევა ფიტსის კანონის სამიზნე ობიექტის ზომებს, რადგან ის მოძრაობის მიმართულებასთან მიმართებით მდებარეობს φ კუთხით. თუ მონიტორის ეკრანზე სამიზნე ობიექტის სიმაღლე არის S1, მაშინ

სამიზნე ობიექტის რეალური ზომა იქნება

$$S = S_1 \cdot \sin \varphi,$$

ანუ მისი ზომა კიდევ უფრო „შემცირდება“ და მასზე თითის „მორტყმის“ პროცედურა გართულდება.



ნახ. 10. დროის დამოკიდებულება სამიზნე ობიექტის ზომაზე. a=50 და b=150 მლწმ.

ნახ.10-ზე მოცემულია T_{ფიტსი} დროის

გათვლილი მნიშვნელობების დამოკიდებულება სამიზნე ობიექტის ზომაზე. ცხადია, სამიზნე ობიექტის სიმაღლის გაზრდა მნიშვნელოვან მოგებას იძლევა ინტერფეისის სწრაფქმედების თვალსაზრისით.

მნიშვნელოვანია ის მომენტი, რომ სუბიექტს ზოგადად უწევს სხვადასხვა სამიზნე ობიექტის ამორჩევა, რომლებიც ერთი და იგივე სასტარტო წერტილიდან სხვადასხვა მანძილზე არიან განლაგებული. ნახ.11-ზე ნაჩვენებია $T_{ფიტსი}$ დროის დამოკიდებულება სამიზნე ობიექტამდე მანძილზე.

მომხმარებლის ურთიერთობისას სამიზნე ობიექტთან მოქმედებაშია ჰიკის კანონიც, რომლის თანახმად დრო, რომელიც საჭიროა მონიტორზე n -დან ერთი ელემენტის ამორჩევაში, შეადგენს

$$T_{ჰიკი} = a + b * \log_2(n+1),$$

სადაც გამოყენებული a და b კოეფიციენტები ბევრ ფაქტორზეა დამოკიდებული.

ამდენად, ჯამური დრო, რომელიც საჭიროა სამიზნე ობიექტზე ზემოქმედებისათვის გაითვლება ფორმულით:

$$T_{\Sigma} = T_{ფიტსი} + T_{ჰიკი} + T_{იდენტიფიკაცია}.$$

როგორც ვხედავთ, T_{Σ} -ის შემცირებისათვის საჭიროა $T_{ფიტსი}$ და $T_{ჰიკი}$ დროების შემცირება. $T_{ფიტსი}$ -ის შემცირება შესაძლებელია სამი გზით: D მანძილის და ϕ კუთხის შემცირებით და სამიზნე ობიექტის S_1 ზომის გაზრდით.

პედაგოგთა რეგისტრირების სისტემის სამომხმარებლო ინტერფეისი შემცირებული ინტერაქციის დროით. ნაშრომში შემოთავაზებულია ლექციის რეგისტრაციის ახალი კონცეფცია, სადაც მნიშვნელოვნადაა გაუმჯობესებული ფიტსის კანონის მაჩვენებელი, ხოლო დროითი დანახარჯები ჰიკის კანონის მიხედვით საერთოდ არ გვაქვს. შესაბამისად დამუშავებულია მომხმარებლის სისტემასთან ინტერაქციის პროტოკოლები.

შემოთავაზებული ინტერფეისით ლექციის დაწყება/დამთავრების რეგისტრაციის დრო გაითვლება ფორმულით:

$$T_{\Sigma} = T_{\text{ვითხო} + T_{\text{იდენტიფიკაცია}}.$$

სადაც უკვე აღარ გვაქვს $T_{\text{პიკი}}$, რადგან მომხმარებელს სამიზნე ობიექტი რამდენიმედან ამოსარჩევი არ აქვს.

პედაგოგის პირადი ცხრილის შემოთავაზებულ ინტერფეისში მთავარი სამიზნე ობიექტი არის რეგისტრაციის ვირტუალური დილაკი, რომლის ზომაც, გამომდინარე იქედან რომ შემცირებულია სამიზნე ობიექტების რაოდენობა, იზრდება, რაც თავის მხრივ იწვევს $T_{\text{ვითხო}}$ დროის შემცირებას. აღსანიშნავია, რომ მცირდება და მინიმალური ხდება სასტარტო წერტილიდან სამიზნე წერტილამდე მანძილი D , რაც ასევე დადებითად აისახება $T_{\text{ვითხო}}$ დროის შემცირებაზე.

ძირითადი დასკვნები

1. დამუშავებულია ბიომეტრიული სისტემის მოდელი, რომელიც საშუალებას იძლევა ჩამოყალიბებული იქნას ბიომეტრიული სისტემის სინთეზის სქემა. ნაჩვენებია, რომ სისტემის სინთეზის სქემების ვარიანტების რაოდენობა დამოკიდებულია გამოყენებული პროტოკოლების რაოდენობაზე.
2. ბიომეტრიული ტექნოლოგიების განვითარების დღევანდელი დონის და მათი გამოყენების მასშტაბური არეალის სისტემური ანალიზით ბიომეტრიული სისტემების ეფექტურობის ძირითად მაჩვენებლებად მიჩნეულია სისტემის საიმედოობა, სწრაფქმედება და ერგონომიულობა.
3. დადგენილია რეგისტრირებული მომხმარებლის სისტემაში დაშვების ალბათობის დამოკიდებულება სისტემის მომხმარებელთა რაოდენობასთან. ნაჩვენებია, რომ იდენტიფიცირების მეთოდის

გამოყენებისას შესამჩნევად უარესდება სისტემის საიმედოობის მაჩვენებელი ვერიფიცირების მეთოდთან შედარებით, მაგრამ იმავდროულად მაღალია ერგონომიულობის მაჩვენებელი.

4. ბიომეტრიული სისტემის ეფექტურობის ამაღლების მიზნით შემოთავაზებულია სუბიექტის იდენტიფიცირების და ვერიფიცირების მეთოდების ერთდროული გამოყენების მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა მომხმარებლებთა დიდი რაოდენობის პირობებში შენარჩუნებული იქნას სისტემის საიმედოობის და ერგონომიულობის მისაღები დონე.
5. იდენტიფიცირების მეთოდზე დამყარებული ბიომეტრიული სისტემის სწრაფქმედების ამაღლების მიზნით შემუშავებულია თითის ანაბეჭდების ხარისხის მიხედვით რანჟირების მეთოდი და ადაპტიური ალგორითმები.
6. სისტემური ანალიზით შემუშავებულია პედაგოგთა რეგისტრირების ბიომეტრიული სისტემის ინოვაციური არქიტექტურა და ფუნქციონირების ალგორითმები. დამუშავებულია სისტემაში პედაგოგთა რეგისტრირების პირობები და პროტოკოლები, ნაჩვენებია სინთეზირებული სისტემის ეფექტურობა.
7. სისტემური მიდგომით შემუშავებულია სტუდენტთა ბიომეტრიული რეგისტრირების სისტემების არქიტექტურები და ალგორითმები, რომლებიც გამოირჩევიან იდენტიფიცირების მაღალი საიმედოობით და რეგისტრირების მაღალი სწრაფქმედებით.
8. ხმის მიცემის პროცესის წარმართვა ბიომეტრიული ტექნოლოგიების გამოყენებით ტრადიციულთან შედარებით უფრო საიმედო, სწრაფი და მატერიალურად მომგებიანია. ბიომეტრიული ტექნოლოგიების

გამოყენება პრაქტიკულად გამორიცხავს ხმის მიცემის პროცესის შედეგების გაყალბებას.

9. ხმის მიცემის სისტემის არქიტექტურა სუბიექტის ბიომეტრიულ მონაცემებს შეიძლება იყენებდეს, როგორც რეგისტრირების, ასევე ხმის მიცემის ფაზებში. ამასთან მეორე ვარიანტი უფრო საიმედოა.
10. პედაგოგთა რეგისტრირების ხმის მიცემის ბიომეტრიული სისტემების რეალიზაცია ადასტურებს, რომ სუბიექტის იდენტიფიცირებისათვის შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ბიომეტრიული სისტემებისათვის დამახასიათებელი როგორც იდენტიფიცირების, ასევე ვერიფიცირების მეთოდები, რაც მეტ მოქნილობას მატებს სისტემების ფუნქციონირებას და ამალვებს სისტემების საიმედოობას.
11. ხმის მიცემის ბიომეტრიული სისტემა სრულიად აკმაყოფილებს მათდამი წაყენებულ საზოგადოდ ცნობილ მოთხოვნებს ხმის მიმცემი სუბიექტის კონტროლის, ანონიმიურობის, კონტროლის უნივერსალობის, არადადასტურებადობის და სხვა თვალსაზრისით.
12. შემოთავაზებულია ბიომეტრიულ სისტემაში მომხმარებლის ინტერაქციის შეფასების მოდელი, რომელიც ერთდროულად იყენებს ფიტსის და ჰიკის კანონებს. შეფასების შედეგებზე დაყრდნობით შემოთავაზებულია ინტერაქციის დროის გაუმჯობესების ხერხი.
13. დამუშავებული სისტემების რეალიზაციის შედეგები ადასტურებენ სამუშაოში მიღებული სამეცნიერო შედეგების სისწორეს და საინჟინრო გადაწყვეტების ეფექტურობას.

დისერტაციის ირგვლივ გამოქვეყნებული ძირითადი ნაშრომების სია:

1. ფრანგიშვილი ა., იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ., ძნელაძე გ. ხმის მიცემის ბიომეტრიული სისტემა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დაარსებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „21-ე საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები“, თბილისი 19-21 სექტემბერი, 2012 წ. შრომები, ტომი 2, 2012 წ. გვ. 106-114.
2. იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ., ტიტვინიძე ა. იდენტიფიცირებისა და ვერიფიცირების მეთოდების ერთდროული გამოყენება ბიომეტრიულ სისტემებში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დაარსებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „21-ე საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები“, თბილისი 19-21 სექტემბერი, 2012 წ. შრომები, ტომი 2, 2012 წ. გვ. 130-134.
3. იმნაიშვილი ლ., ტიტვინიძე ა., ბედინეიშვილი მ., დათუკიშვილი გ. ელექტრონული სისტემების ეფექტურობა სასწავლო პროცესის მართვაში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დაარსებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „21-ე საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები“, თბილისი 19-21 სექტემბერი, 2012 წ. შრომები, ტომი 2, 2012 წ. გვ. 120-130.
4. იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ., ტიტვინიძე ა. ბიომეტრია: მითები და რეალობა. //ბიზნეს-ინჟინერინგი, #1, 2012, გვ. 43-50.
5. ფრანგიშვილი ა, იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ. პედაგოგთა ბიომეტრიული იდენტიფიკაციის და რეგისტრაციის სისტემა. გამოგონების პატენტი # P 2012 5620 B. ბიულეტენი # 16, 2012 წ.
6. A. Prangishvili, L. Imnaishvili, M. Bedineishvili, M. Sulaberidze, Electronic System of Teachers' Registration in the Highest Educational Institution. Information and Computer Technologies – Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC-2010 Devoted to the 80th Anniversary of I. Prangishvili. Nova Science Publishers. New York, 2012, pp.93-100
7. იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ., ტალიკაძე თ. პედაგოგთა რეგისტრაციის სისტემის სამომხმარებლო ინტერფეისის ინტერაქციის დროის შეფასება. შრომები „მართვის ავტომატიზირებული სისტემები“ N1(10), საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი, 2011წ., გვ. 334-340.

8. იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ. ციფრული ტექნოლოგიების ელექტროენერგეტიკაში გამოყენების გამოცდილება. საერთაშორისო სამეცნიერო-მეთოდური კონფერენცია „ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“, შრომები, ქუთაისი, 2010წ.
9. იმნაიშვილი ლ., ჩაჩხიანი ე., ბედინეიშვილი მ. ენერგეტიკული ობიექტის მართვის მომხმარებლის ინტერფეისის დამუშავების საკითხისათვის. //ენერჯია, 2009, # 4, 28-35 გვ.
10. Прангишвили А.И., Имнаишвили Л.Ш., Бединеишвили М.М. Система измерения и отображения электрических параметров. Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения (УКИ'08). Российская конференция с международным участием. Москва, 2008.