

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

ISSN 1512-3979 (print)

EISSN 1512-2174 (online)

DOI.org/10.36073/1512-3979

უ რ ო მ ე ბ ი

მართვის ავტომატიზებული სისტემები

TRANSACTIONS

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

N 1(37)



გამოცემა 2006 წლიდან

*პერიოდულობა:
2 ნომერი წელიწადში*

**თბილისი-TBILISI
2024**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ISSN 1512-3979 (print)
EISSN 1512-2174 (online)
DOI.org/10.36073/1512-3979

შ რ ო მ ე ბ ი

მართვის ავტომატიზებული სისტემები

TRANSACTIONS

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

Т Р У Д Ы

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

N 1(37)



გამოცემა 2006 წლიდან

*პერიოდულობა:
2 ნომერი წელიწადში*

თბილისი-TBILISI-ТБИЛИСИ
2024

სარედაქციო კოლეგია:

- აზმაიფარაშვილი ზ., ახობაძე მ., ბუაჩიძე ზ., გასიტაშვილი ზ., გიგინეიშვილი ა., გიორგაშვილი ლ., გოგიჩაიშვილი გ., გოცირიძე ი., თევდორაძე მ., იმნაიშვილი ლ., კაიშაური თ., კაპანაძე დ., კოტრიკაძე ქ., ლომინაძე ნ., ლომინაძე თ., ნატროშვილი დ., ოთხოზორია ნ., პეტრიაშვილი ლ., ჟვანია თ., სურგულაძე გ., ფრანგიშვილი ა. (თავმჯდომარე), ქართველიშვილი ი., ღურწყაია ზ., ჩხაიძე მ.
 - ბოსიკაშვილი ზ., თოფურია ნ., თურქია ე., კაკუბავა რ., კვარაცხელია ვ., კიკნაძე მ., მელაძე ჰ., ობგაძე თ., სამხარაძე რ., სესაძე ვ., ხუციშვილი ს., შანშიაშვილი ბ., შერმაზანაშვილი ლ., შონია ო.
 - გერმანია: ბოტჰე კ., ვედეკინდი ჰ., მაიერ-ვეგენერი კ., რეისიგი ვ.
 - აშშ: ტრივედი კ. (დუკის უნივერსიტეტი), ჩიხრაძე ბ. (კორპორაცია Apple)
 - კანადა: ქაჩიბაია ვ. (IT Industry)
 - **უნგრეთი: სტრიკ ი. დებრეცენის უნივერსიტეტი**
 - რუსეთი: ბაბაიანი რ. (მპი), ვასინი ა.(მსუ), შჩუკინი ბ.(მიფი), ფომინი ბ. (პეტერბურგის ტუ)
- პასუხისმგებელი რედაქტორი: გ. სურგულაძე. სტატიები: <http://www.gtu.ge/Journals/mas/>**

EDITORIAL BOARD:

- Akhobadze M., Azmaiparashvili Z., Buachidze Z., Chkhaidze M., Gasitashvili Z., Gigineishvili A., Giorgaschvili L., Gogichaishvili G., Goziriidze I., Ghurtskaia Z., Imnaishvili L., Kaishauri T., Kapanadze D., Kotrikadze K., Lominadze N., Lominadze T., Natroshvili D., Obgadze T., Prangishvili A. (Chairman), Petriashvili L., Surguladze G., Tevdoradze M., Zhvania T.
- Bosikashvili Z., Kakubava R., Kiknadze M., Kvaratskhelia V., Meladze G., Samkharadze R., Shermazanashvili L., Sesadze V., Shanshiashvili B., Shonia O., Topuria N., Tsveraidze Z., Tsintsadze A.,
- *Germany*: Bothe K.(Humboldt univ. Berlin), Meyer-Wegener K. (Erlangen univ.), Reisig W. (Humboldt univ.Berlin), Wedekind H.(Erlangen univ.)
- *USA*: Trivedi K. (Duke University), Chikhradze B. (Apple Co.)
- *Canada*: Kachibaia V. (IT Industry)
- ***Hungary*: Sztrik J. (University of Debrecen)**
- *Russia*: Babaian R.(IPU), Tshukin B.(Mepfi), Vasin A.(MSU), Fomin B.(St-Petersburg,Techn.Univ.)

Executive Editor: G. Surguladze.

References: <http://www.gtu.ge/Journals/mas/>

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- Азмаипарашвили З., Ахобадзе М., Буачидзе З., Гаситашвили З., Гигинеишвили А., Гиоргашвили Л., Гогичаишвили Г., Гоциридзе И., Гурцкая З., Жвания Т., Имнаишвили Л., Каишаури Т., Картвелишвили И., Капанაძე დ., კიკნაძე მ., კოტრიკაძე კ., ლომინაძე ნ., ლომინაძე თ., ნატროშვილი დ., პრანგიშვილი ა. (председатель), პეტრიაშვილი ლ., სურგულაძე გ., თევდორაძე მ., ჩხაიძე მ.
- Босикашвили З., Дзидзигури Г., Какубава Р., Кикнадзе М., Кварацхелия В., Меладзе Г., Обгадзе Т., Самхарадзе Р., Сесадзе В., Туркия Е., Шаншиашвили Б., Шермазанашвили Л., Шония О., Цвераидзе З., Цинцадзе А.
- *Германия*: Ботэ К., Рейсиг В. (Гумболдт унив. Берлин), Ведыкинд Х., Меиер-Вегенер К. (Ерланген унив.)
- *США*: Триведи К. (Университет Дюке), Чихрадце Б. (Apple корпорация)
- *Канада*: Качибая В. (IT Industry)
- ***Венгрия*: Стрик Я. Университет Дебрецена**
- *Россия*: Бабаян Р. (ИПУ), Васин А. (МГУ), Щукин Б. (МИФИ), Фомин Б. (ЛЭТИ.С-т Петербург)

Ответственный редактор: Г. Сургуладзе.

Статьи: <http://www.gtu.ge/Journals/mas/>

ISSN 1512-3979 (print), EISSN 1512-2174 (online), DOI.org/10.36073/1512-3979



გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2024

Publishing House `Technical University`, 2024

Издательство `Технический Университет`, 2024

აკადემიკოსი გოჩა ჩოგოვაძე
(11.01.1941 – 12.06.2022)



2024 წლის 11 იანვარს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ადმინისტრაციული კორპუსის გიორგი ნიკოლაძის სახელობის დარბაზში ჩატარდა UNESCO-ს საუნივერსიტეტო კათედრის – „ინფორმაციული საზოგადოება“ – დაარსებიდან 20 წლისთავის საიუბილეო, საზეიმო ღონისძიება.

სტუ-ის რექტორის, აკადემიკოს დავით გურგენიძის ინიციატივით იუნესკოს „ინფორმაციული საზოგადოების“ კათედრას მიენიჭა მისი დამაარსებლის, აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვაძის სახელი.

დარბაზში შეიკრიბნენ ამაგდარი პროფესორის ოჯახის წევრები, ახლობლები, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსები და სტუ-ის პროფესორები და კოლეგები, მისი აღზრდილი მეცნიერები და სტუდენტები.



აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვაძის ნათელი ხსოვნისადმი მიძღვნილ მის დაბადების დღეს – 11 იანვარს ესწრებოდნენ საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის პრეზიდენტი, აკადემიკოსი როინ მეტრეველი, ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსები, იუნესკოს სათავო ოფისის UNESCO-ს კათედრების კოორდინატორი ინგა ნიჩანიანი (ონლაინ ჩართვით პარიზიდან), აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვაძის ოჯახი, მეგობრები, მოსწავლეები, სტუ-ის კანცლერი, პროფესორი კარლო კოპალიანი, უნივერსიტეტის სამეცნიერო-აკადემიური წრეები, საზოგადო მოღვაწეები, სტუდენტები და სხვა მიწვეული სტუმრები.

იუნესკოს საუნივერსიტეტო კათედრის საიუბილეო ღონისძიება სტუ-ის რექტორმა, აკადემიკოსმა დავით გურგენიძემ გახსნა. რექტორი შეკრებილ საზოგადოებას მიესალმა, ისაუბრა აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვაძის იმ უდიდესი დამსახურების შესახებ, რომელიც მას მიუძღვის საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წინაშე, როგორც გამორჩეულ მეცნიერს, ნოვატორსა და ყოფილ რექტორს, ასევე, ყურადღება გაამახვილა მის იმ ღვაწლზეც, რომელიც საერთაშორისო სივრცეში საქართველოს ცნობადობის გაზრდას უკავშირდება.

ღონისძიებაზე დავით გურგენიძემ დამსწრე საზოგადოებას გააცნო აკადემიური საბჭოს გადაწყვეტილება, იუნესკოს საუნივერსიტეტო კათედრისთვის მისი დამაარსებლის, აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვადის სახელის მინიჭების შესახებ. აღნიშნულის თაობაზე აკადემიურ საბჭოს ინიციატივით რექტორმა მიმართა.

„11 იანვარი არა მხოლოდ იუნესკოს საუნივერსიტეტო კათედრის დაარსების თარიღია, არამედ მისი დამაარსებლის, ჩვენი უნივერსიტეტის ღირსეული კურსდამთავრებულის, 1988-1994 წლებში საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის პირველი არჩეული რექტორის, ცნობილი მეცნიერის, დიდი ნოვატორის, გამორჩეული საზოგადო მოღვაწისა და დიდებული პიროვნების, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ნამდვილი წევრის, აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვადის დაბადების დღეც არის. მას 83 წელი შეუსრულდებოდა. ფასდაუდებელია მისი ღვაწლი მშობლიური ალმა-მატერისა და ჩვენი ქვეყნის წინაშე. სახელიც, რომელსაც დღეს ჩვენი უნივერსიტეტი ატარებს, სწორედ გოჩა ჩოგოვადეს უკავშირდება. 1971 წელს მისი თაოსნობით უნივერსიტეტში დაარსდა მართვის ავტომატიზებული სისტემების კათედრა. კათედრასა და მასთან არსებულ დარგობრივ კვლევით ლაბორატორიას ბატონი გოჩა ხელმძღვანელობდა. რექტორობამდე კი, 1981-1986 წლებში, მუშაობდა პარიზში, ხელმძღვანელობდა იუნესკოს კულტურისა და განათლების სექტორს; წლების მანძილზე იყო საქართველოს უმაღლესი საბჭოს დეპუტატი, საქართველოს საგანგებო და სრულუფლებიანი ელჩი საფრანგეთის რესპუბლიკასა და ესპანეთის სამეფოში. იყო საქართველოს მუდმივი წარმომადგენელი იუნესკოში, ასევე, იუნესკოს აღმასრულებელი საბჭოს წევრი და მისი ვიცე-პრეზიდენტი. გარდა ამისა, ხელმძღვანელობდა იუნესკოს გაერთიანებული ერების განათლების, მეცნიერებისა და კულტურის ორგანიზაციის მისიას.

აკადემიკოსი გოჩა ჩოგოვადე მუდმივად ზრუნავდა საერთაშორისო სივრცეში საქართველოს ცნობადობის ამაღლების, მისი მეცნიერებისა და კულტურის პოპულარიზაციისთვის. ბატონი გოჩა ჩოგოვადის უდიდეს საერთაშორისო ავტორიტეტზე მეტყველებს თუნდაც ის ფაქტი, რომ მისი რეკომენდაციით საქართველო ფრანკოფონიის წევრი ქვეყანა გახდა, ხოლო 2002 წელს საფუძველი ჩაეყარა ფრანგულ-ქართულ ინსტიტუტს, რომელიც ინფორმატიკისა და ეკონომიკის მიმართულებით ახალგაზრდებს ამზადებს. გამორჩეულია აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვადის სამეცნიერო მოღვაწეობა - 20 მონოგრაფია, 6 გამოგონება, 100-ზე მეტი ნაშრომი და კვლევა. ის იყო ევროპის (ზალცბურგი) მეცნიერებათა და ხელოვნების აკადემიის ნამდვილი წევრი, საერთაშორისო ტექნიკური ასოციაციებისა და ორგანიზაციების გაერთიანების (UATI) პირველი ვიცე-პრეზიდენტი, საინჟინრო მეცნიერებებისა და ტექნოლოგიების საერთაშორისო საბჭოს (ICET) მმართველობის წევრი, საქართველოს ინფორმატიკის ეროვნული ასოციაციის საპატიო პრეზიდენტი, ჩეხეთის უნივერსიტეტის საპატიო დოქტორი და მრავალი სხვ.

აკადემიკოსი გოჩა ჩოგოვადე დაჯილდოებულია ღირსების ორდენით, საფრანგეთის „აკადემიური პალმის კომანდორის“ ორდენით, გიორგი ნიკოლაძის მედლით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აკადემიური საბჭოს გადაწყვეტილებით, უდიდესი ღვაწლისა და დამსახურებისთვის, როგორც მშობლიური უნივერსიტეტისა და ქვეყნის წინაშე, იუნესკოს საუნივერსიტეტო კათედრას, რომელიც აკადემიკოსმა გოჩა ჩოგოვადემ 20 წლის წინ დააარსა, დღეიდან მისი სახელი მიენიჭება“, - აღნიშნა თავის გამოსვლაში რექტორმა, დავით გურგენიძემ.

დამსწრე საზოგადოებას მიესალმნენ და აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვადის ღვაწლის, სტუ-ის იუნესკოს კათედრის საქმიანობისა და მნიშვნელობის შესახებ ისაუბრეს აკადემიკოსმა როინ მეტრეველმა, UNESCO-ს კათედრების კოორდინატორმა, ინგა ნიჩანიანმა, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის დეკანმა, იუნესკოს საუნივერსიტეტო კათედრის ხელმძღვანელმა, პროფესორმა თამარ ლომინაძემ, უნივერსიტეტის პრეზიდენტმა, აკადემიკოსმა არჩილ ფრანგიშვილმა.

აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვადის ცხოვრებიდან ეპიზოდები გაიხსენეს თბილისის სასულიერო აკადემიისა და სემინარიის რექტორმა, პროტოპრესვიტერმა გიორგი ზვიადაძემ, დიპლომატმა, ფილოლოგიურ მეცნიერებათა დოქტორმა ნათელა ლალიძემ, საქართველოს ტრანსპორტის ყოფილმა მინისტრმა და სტუ-ის ყოფილმა პრორექტორმა, მერაბ ადეიშვილმა, პროფესორებმა ალიკო ცინცაძემ და ვაჟა ოთარაშვილმა, ცნობილმა პოეტმა ლია სტურუამ, აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვადის მეგობრებმა, კოლეგებმა და მოსწავლეებმა.

აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვადის მეუღლემ, მანანა ჯიბლაძემ, ოჯახის სახელით, მადლობა გადაუხადა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რექტორს, აკადემიურ საბჭოსა და ღონისძიების მონაწილეებს, იუნესკოს საუნივერსიტეტო კათედრას კი, ქვეყნის საკეთილდღეოდ წარმატებული მოღვაწეობა უსურვა.

ღონისძიების დასასრულს, რექტორმა, აკადემიკოსმა დავით გურგენიძემ დამსწრე საზოგადოებას გაუზიარა ინფორმაცია იმის შესახებ, რომ დედაქალაქის მერიის გადაწყვეტილებით, თბილისში, ნამალაძევის რაიონში, ერთ-ერთ ქუჩას აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვადის სახელი მიენიჭება, ხოლო მისი საცხოვრებელი სახლის კედელზე კი ბატონი გოჩას ხსოვნის ბარელიეფი უკვე განთავსდა (თბილისი, აბაშიძის ქ. N22).



მოკლე ბიოგრაფია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რეფორმატორი რექტორი (1988-1994), იუნესკოს (პარიზი) კულტურისა და განათლების დეპარტამენტის დირექტორი (1981-1986), დიდი საზოგადო და სახელმწიფო მოღვაწე, საქართველოს იუნესკოს საქმეთა ეროვნული კომისიის ვიცე-პრეზიდენტი (2004-2012), ევროპის და რუსეთის მრავალი უნივერსიტეტის საპატიო დოქტორი და საერთაშორისო აკადემიების წევრი, დიპლომატი, საქართველოს საგანგებო და სრულუფლებიანი ელჩი საფრანგეთსა და ესპანეთის სამეფოში (1994-2004), სტუ-ს „მართვის ავტომატიზებული სისტემების“ (1971) და სტუ-ს UNESCO-ს „ინფორმაციული საზოგადოების“ (2003) კათედრების დამაარსებელი, მათი პირველი გამგე. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ნამდვილი წევრი (1994-დან), ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი (1975) - საპატიო პროფესორი - გოჩა გიორგის ძე ჩოგოვაძე - მრავალი სამეცნიერო წიგნის, პროექტისა და სტატიის ავტორი, მრავალი სტუდენტის აღმზრდელი და ახალგაზრდა მეცნიერის „სამეცნიერო ნათლია“, ქართული და უცხოური ლიტერატურის, პოეზიის, მუსიკისა და სიმღერის დიდი მოყვარული, საერთაშორისო მეგობრობის დიდოსტატი, სუფრის ორიგინალური თამადა, მოსიყვარულე და გულისხმიერი მეუღლე, მამა და ბაბუა, მუდამ სიკეთის მთესველი „ქართველი ფაუსტი“.

სიცოცხლის ბოლო წლები თბილისში გაატარა. თავის „იუნესკოს“ კათედრაზე მოსვლა და მის ყოფილ აღზრდილებთან („მართვის ავტომატიზებული სისტემების“ კათედრის ახლანდელი პროფესორა, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წევრ-კორესპონდენტ, პროფ. გოგი გოგიჩაიშვილის მეთაურობით) უყვარდა მსჯელობა განათლებისა და მეცნიერების საჭირობო საკითხებზე. 50 წელი ვშრომობდით ბატონ გოჩასთან ერთად საქართველოსა თუ მის გარეთ, საერთაშორისო კონფერენციებსა და სამეცნიერო სემინარებში. არ გვასვენებდა, ყოველთვის დინამიკაში იყო და ჩვენც დიდ სტიმულს გვაძლევდა.

ჩვენი დისკუსიები ხშირად ბუნებაში, თბილისის ან ქუთაისის ახლო რეგიონებში გრძელდებოდა სუფრასთან. აქ კი ბატონ გოჩას, როგორც თამადას, ბადალი არ ჰყავდა - გვატკობდა თავისი ინტელექტით და პოეზიით (ხუთ ენაზე ლექსების დიდი მარაგი ჰქონდა).

დიახ, გვინდა გავაგრძელოთ მისი გზა, იდეები, მისი სითბო გადავცეთ მომავალ თაობას, სამშობლოს სიყვარული, საქმის ერთგულება და მომავლის იმედი შთაგუნერგოთ. იამაყონ იმით, რომ ქართველებად დაიბადნენ საქართველოში – ისე, როგორც ამაყობდა გოჩა ჩოგოვადე, რომ იყო საქართველოს შვილი, რომ არ არსებობს სხვა ქვეყანა - საქართველოზე უკეთესი...!



აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვადის ხსოვნისადმი მიძღვნილი ბარელიეფის გახსნის ცერემონიალზე მისული მისი აღზრდილი პროფესორებისა და კოლეგების ერთი ჯგუფი (მარცხ.: ეკა რაზმაძე, გულბაათ ნარეშელაშვილი, კორნელი ოდიშარია, არმინა თანდილაშვილი, თამაზ შეროზია, ოთარ შონია და გია სურგულაძე)

2 წელი გავიდა ბატონი გოჩას გარდაცვალებიდან, ცხოვრება კი მიედინება ნაკადულივით თავისი გზით... მაღლობა უფალს, რომ ასეთ ადამიანთან მოგვიწია თანამოღვაწეობა, საინტერესო და დაუვიწყარი ორი საუკუნე გამოვიარეთ ერთად.

ნათელი, სამარადისო ხსოვნა ბატონ გოჩა ჩოგოვადეს !

შინაარსი - CONTENTS- СОДЕРЖАНИЕ

➤ აკადემიკოსი გოჩა ჩოგოვაძე (11 იანვარი 2024) // ACADEMICIAN GOCHA CHOGOVADZE (JANUARY 11, 2024) // АКАДЕМИК ГОЧА ЧОГОВАДЗЕ (11 ЯНВАРЯ 2024 г.)	3
➤ კომპიუტინგის ფაკულტეტის სტრუქტურის და აკადემიური პროცესის მოდელის ევოლუციური განვითარების შესახებ. გაა სურგულაძე, თალიკო ჟვანია, ლილი პეტრიაშვილი, დავით კაპანაძე // ON THE EVOLUTIONARY DEVELOPMENT OF THE COMPUTING FACULTY STRUCTURE AND ACADEMIC PROCESS MODEL. Surguladze Gia, Zhvania Taliko, Petriashvili Lili, Kapanadze Davit // ОБ ЭВОЛЮЦИОННОМ РАЗВИТИИ СТРУКТУРЫ ФАКУЛЬТЕТА ИНФОРМАТИКИ (КОМПЬЮТИНГА) И МОДЕЛИ ЕЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА. Сургуладзе Г., Жвания Т., Петриашвили Л., Капанадзе Д.	9
<u>თეორიული ინფორმატიკა – COMPUTER SCIENCE – ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА</u>	
➤ ცოცხალი სისტემების მულტიფრაქტალური სტრუქტურის შესახებ. თამაზ ობგაძე, თინათინ ჭყონია // MULTI-FRACTAL STRUCTURE OF LIVING SYSTEMS. Obgadze Tamaz, Chkonia Tinatin // О МУЛЬТИ ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ ЖИВЫХ СИСТЕМ. Обгадзе Т., Чкonia Т.	17
➤ დისკრეტული დინამიკური ფრაქტალების და ჟულიას სიმრავლეების მოდელირება. თამაზ ობგაძე, ნიკოლოზ კუნჭულია // SIMULATION OF DISCRETE DYNAMIC FRACTALS AND JULIA SETS. Obgadze Tamaz, Kunchulia Nikaoloz // МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ФРАКТАЛОВ И МНОЖЕСТВ ЖУЛИА. Обгадзе Т., Кунчулия Н.	23
➤ ეროვნული თვითმყობადობის ინდექსის დინამიკის მათემატიკური მოდელირება. თამაზ ობგაძე, სესილი თანდილაშვილი // MATHEMATICAL MODELING OF THE DYNAMICS OF THE IDENTITY INDEX OF GEORGIA. Obgadze Tamaz, Tandilashvili Cicely // МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИНДЕКСА САМОБЫТНОСТИ ГРУЗИИ. Обгадзе Т., Тандилашвили С.	35
➤ არამკაფიო დასკვნის მეთოდის შეფასების ერთი მიდგომის შესახებ. ნუგზარ ამილახვარი, აზიზ მამედოვი // ABOUT ONE APPROACH TO THE ASSESSMENT OF FUZZY INFERENCE METHOD. Amilakhvari Nugzar, Mamedov Aziz // ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ МЕТОДА НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА. Амилахвари Н., Мамедов А.	41
➤ პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის კვლევა ხელოვნური ინტელექტის ეპოქაში. ლუკა ქემოკლიძე // PRODUCTIVITY OPTIMIZATION RESEARCH IN THE ERA OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE. Luka Kemoklidze // ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ В ЭПОХУ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА. Кемоклидзе Л.	49
<u>გამოყენებითი ინფორმატიკა – APPLIED INFORMATICS – ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА</u>	
➤ ცეცხლის აღმოჩენის Web-სისტემის დაპროექტება ნივთების ინტერნეტის გამოყენებით. ნინო თოფურია, სერგი ყაშუაშვილი // DESIGNING A FIRE DETECTION SYSTEM USING THE INTERNET OF THINGS. Topuria Nino, Kashuashvili Sergi // ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕБ-СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ. Топурия Н., Кашуашвили С.	55
➤ ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრირება ანგულარ ფრეიმვორკში. გიორგი კაპანაძე // INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO THE ANGULAR FRAMEWORK. Kapanadze Giorgi // ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ФРЕЙМБОРК ANGULAR. Капанадзе Г.	59
➤ პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლების მოდელების დამუშავება LMS Moodle-ის ბაზაზე. გიორგი თანდილაშვილი // DEVELOPMENT OF PERSONALIZED E-LEARNING MODELS BASED ON LMS MOODLE. Tandilashvili George // РАЗРАБОТКА ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ LMS MOODLE. Тандилашвили Г.	65

ტექნიკური ინფორმატიკა – COMPUTER ENGINEERING – ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА

- ვირტუალურ ლოკალურ ქსელში აბონენტების ერთმანეთისაგან გამიჯვნის პრობლემები და მათი გადაწყვეტა კერძო VLAN-ის საშუალებით. ნიკოლოზ ბჟალავა, ლიანა კიკალიშვილი // SOLVING PROBLEMS OF VIRTUAL LOCAL NETWORKS USING PRIVATE VLAN. Bzhalava Nikoloz, Kikalishvili Liana // ПРОБЛЕМЫ ОТДЕЛЕНИЯ АБОНЕНТОВ ДРУГ ОТ ДРУГА В ВИРТУАЛЬНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ И ИХ РЕШЕНИЕ ПОСРЕДСТВОМ ЧАСТНОЙ VLAN. Бжалава Н., Кикалишвили Л.

74
- მაგნიტურ დისკებთან მუშაობის დაგეგმვის ვიზუალიზების ალგორითმების შემუშავება. ლია გაჩეჩილაძე, რომან სამხარაძე, ილკინ იბადოვი // DEVELOPMENT OF VISUALIZATION ALGORITHMS FOR PLANNING WORK WITH MAGNETIC DISKS. Gachechiladze Lia, Samkharadze Roman, Ibadov Ilkin // АЛГОРИТМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ МАГНИТНЫХ ДИСКОВ. Гачечиладзе Лия, Самхарაძე Р., Ибадов И.

78
- ცემენტის აქტივობის გაზომვის მეთოდებისა და საშუალებების ანალიზი. დათა დათაშვილი, ზაალ აზმაიფარაშვილი, გურამ მურჯიკნელი, პეტრე ბოჩიკაშვილი // ANALYSIS OF CEMENT MEASUREMENT METHODS AND TOOLS. Datashvili Data, Azmaiparashvili Zaal, Murjikneli Guram, Bochikashvili Petre // АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ АКТИВНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ЦЕМЕНТА. Даташвили Д., Азмаипарашвили З., Мурджикнели Г., Бочикашвили П.

83
- მეტალურგიის სამშობლოს ძიებისათვის. გელა ღვინეაძე // TOWARDS THE SEARCH FOR THE BIRTHPLACE OF METALLURGY. Gvinepadze Gela // К ПОИСКУ РОДИНЫ МЕТАЛЛУРГИИ. Гвинепадзе Г.

89

პრაქტიკული ინფორმატიკა – PRACTICAL INFORMATICS – ПРАКТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА

- თვითმომსახურების სისტემების ევოლუცია, ტენდენციები და გამოწვევები ინტერფეისის დიზაინში. თორნიკე ჩაკვეტაძე // EVOLUTION OF SELF-SERVICE SYSTEMS, TRENDS AND CHALLENGES IN INTERFACE DESIGN. Chakvetadze Tornike // ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ САМООБСЛУЖИВАНИЯ, ТЕНДЕНЦИИ И ПРОБЛЕМЫ В ДИЗАЙНЕ ИНТЕРФЕЙСОВ. Чакветაძე Т.

103
- შავი ზღვის მდინარეთა ესტუარების და ტბების ეკომონიტორინგის საინფორმაციო სისტემის აგების კონცეფცია ახალი ციფრული ტექნოლოგიებით. გია სურგულაძე, ლილი პეტრიაშვილი, ნინო თოფურია // Concept of building an information system for ecomonitoring of Black Sea rivers estuaries and lakes with new digital technologies. Surguladze Gia, Petriashvili Lili, Topuria Nino // Концепция построения информационной системы экомониторинга эстуариев и озер Черного моря с использованием новых цифровых технологий. Сургуладзе Г., Петриашвили Л., Топурия Н.

108
- რევერსული პროგრამირების CASE მეთოდი საინფორმაციო სისტემების ობ-დაპროექტების პროცესის სრულყოფისათვის. გია სურგულაძე, მარინე ბიტარაშვილი, ბეჟან გელაძე, გულბაათ ნარეშელაშვილი, ირაკლა შურღაია // CASE METHOD OF REVERSE PROGRAMMING FOR PERFECTING THE PROCESS OF OBJECT-ORIENTED DESIGN OF INFORMATION SYSTEMS. Surguladze Gia, Bitarashvili Marine, Geladze Bezhan, Nareshelashvili Gulbaat, Shurghaia Irakli // CASE-МЕТОД РЕВЕРСНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОО-ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ. Сургуладзе Г., Битарашвили М., Геладзе Б., Нарешашвили Г., Шургая И.

115

კომპიუტინგის ფაკულტეტის სტრუქტურის და აკადემიური პროცესის მოდელის ევოლუციური განვითარების შესახებ

გია სურგულაძე, თალიკო ჟვანია, ლილი პეტრიაშვილი, დავით კაპანაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

g.surguladze@gtu.ge, t.zhvania@gtu.ge, l.petriashvili@gtu.ge, david@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის 65-წლიანი არსებობის მანძილზე მისი ევოლუციური განვითარების ფრაგმენტები, მართვის ავტომატიზებული სისტემების კათედრის დაარსებისა და 50-წლიანი სამეცნიერო-საინჟინრო მიმართულების შედეგების ფონზე. ფაკულტეტის სტრუქტურული სქემა აგტ (ავტომატიკისა და გამოთვლითი ტექნიკის მოდელი) შეიცვალა იმ-ით (ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების მოდელით), ხოლო სასწავლო პროცესი ბოლონის კონვენციის საფუძველზე შეუერთდა ერთიან ევროპულ სივრცეს. დღეისათვის მნიშვნელოვანი გამოწვევაა საგანმანათლებლო პროგრამების მომზადება ABET-ის საერთაშორისო სტანდარტებით. ნაშრომში გაანალიზებულია ფაკულტეტის განვითარების ისტორიული ფაქტები, თანამედროვე მდგომარეობა და სამომავლო პერსპექტივები. კონკრეტულად განხილულია პროგრამული ინჟინერიის (მართვის ავტომატიზებული სისტემების), საწარმოო პროცესების ავტომატიზაციის სისტემების და მენეჯმენტის საინფორმაციო სისტემების სამეცნიერო-ტექნიკურ მიმართულებათა მსგავსებისა და განსხვავების, მათი ევოლუციური განვითარების შედეგები. წარმოდგენილია კომპიუტერული მეცნიერების და კომპიუტინგის (ინფორმატიკის) სამეცნიერო-საგანმანათლებლო დისციპლინათა ურთიერთმიმართების საკითხები.

საკვანძო სიტყვები: უნივერსიტეტი. განათლება. მეცნიერება. საგანმანათლებლო პროგრამა. სასწავლო პროცესი. კომპიუტინგი. კომპიუტერული მეცნიერება. პროგრამული ინჟინერია. ინფორმაციული სისტემა. ინფორმაციული ტექნოლოგია.

1. შესავალი

სტატის მიზანია მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნების უნივერსიტეტების ფონზე სტუ-ის ინფორმატიკის ფაკულტეტზე კომპიუტინგის (ინფორმატიკის), კომპიუტერულ მეცნიერებათა, პროგრამული ინჟინერიის (მართვის ავტომატიზებული სისტემების), მენეჯმენტის საინფორმაციო სისტემების, ინფორმაციული სისტემებისა და ტექნოლოგიების, კომპიუტერული ინჟინერიის, ხელოვნური ინტელექტის და სხვა აკადემიური დეპარტამენტების და საგანმანათლებლო კონცენტრაციების ფუნქციონირების და მათი განვითარების შესახებ მოკლე ექსკურსის გაკეთება. ამ მიმართულებით სტუ-ის UNESCO-ს „საინფორმაციო საზოგადოების“ კათედრასთან კოლაბორაციით (2003-2022 წწ., გამგე, აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვაძე) სტუდენტთა განათლებისა და მეცნიერული კვლევების სფეროში მნიშვნელოვანი შედეგები იქნა მიღებული, მათ შორის ჩატარდა ორი საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია იუნესკოს ეგიდით „საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები“ [1,2]. ამ მიმართულებით შემუშავებულია ახალი სასწავლო პროგრამები, შესრულებულია სადოქტორო დისერტაციები, გამოქვეყნებულია მონოგრაფიები „ინფორმაციული საზოგადოების“ ძირითად დისციპლინებში [3-6].

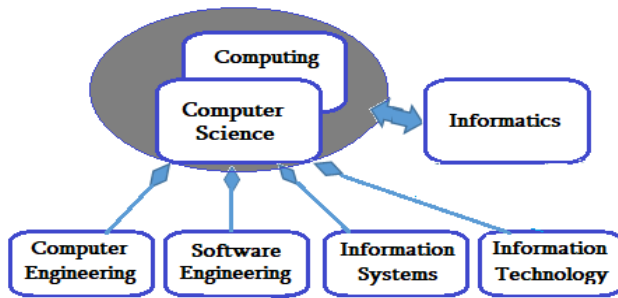
უპირველეს ყოვლისა შემოვიტანოთ ზოგიერთი განმარტება, რათა ცალსახად იყოს განსაზღვრული ინფორმაციული და კომუნიკაციური ტექნოლოგიების (ICT-სფეროს) ძირითად მიმართულებათა ტერმინები და მათი მნიშვნელობები.

სტუ-ის ავტომატიკისა და გამოთვლითი ტექნიკის (*ავტ*) ფაკულტეტი შეიქმნა 1957 წელს. ავტომატიზაციის პროცესები და მათი მართვა გამოთვლითი ტექნიკის აპარატურით – უკვე მნიშვნელოვანი პროგრესული ნაბიჯი იყო საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში (*სპი*).

➤ **Computing** – „კომპიუტერული გამოთვლები“ არის პროცესი (საქმიანობა), რომელიც კომპიუტერებს იყენებს ინფორმაციის მართვის, დამუშავებისა და კომუნიკაციისთვის. იგი მოიცავს ტექნიკურ და პროგრამულ უზრუნველყოფათა შემუშავებას. მისი ძირითადი კომპიუტერული დისციპლინებია კომპიუტერული და პროგრამული ინჟინერია, კომპიუტერული მეცნიერება, ინფორმაციული სისტემები და ტექნოლოგიები და ა.შ.

ხშირად ისმის კითხვა: რა განსხვავებაა Computing-სა და Computer science-ს შორის? [7]. მრავალი პროფესიონალის პასუხი ამ კითხვაზე მსავსია. მაგალითად: „computing არის კომპიუტერების გამოყენებით ინფორმაციის დამუშავება, როგორცაა მონაცემთა მოპოვება (data mining), მონაცემთა ანალიზი (data analysis) და ა.შ. კომპიუტერული მეცნიერება კი - ზოგადი ტერმინია, რომელიც მოიცავს კომპიუტერული ტექნოლოგიის ოთხ მთავარ დარგს: თეორია, ალგორითმები, პროგრამირების ენები და არქიტექტურა“.

არსებული სამეცნიერო წყაროებიდან, მათ შორის ინტერნეტიდან, არაა ცალსახად



გამოკვეთილი კომპიუტინგისა და კომპიუტერული მეცნიერებების ურთიერთმიმართების საკითხი. ისინი ბევრად არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან და სწორი იქნება თუ მათ ერთ სიბრტყეში განვიხილავთ, როგორც ურთიერთდამატებით ან ურთიერთმემცვლელ სისტემებს (ნახ.1).

ნახ.1. შედარება ძირითად ცნებებს შორის

ამავე ნახაზზე ჩანს განხილული ორი ტერმინის: კომპიუტინგის და კომპიუტერული მეცნიერების მიმართება ინფორმატიკის ცნებასთან. შეიძლება ითქვას, რომ ეს სინონიმური ცნებებია: „კომპიუტინგი“ – ამერიკულ-ინგლისური, ხოლო „ინფორმატიკა“ - ევროპული [8]. ამგვარად, ინფორმატიკაც მოიცავს ანალოგიურად კომპიუტერულ და პროგრამულ ინჟინერიას, ინფორმაციულ სისტემებსა და ტექნოლოგიებს.

ინფორმატიკის ცნების ევროპული (მაგალითად, გერმანული) მოდელი ოთხი ნაწილისგან შედგება [9]:

თეორიული ინფორმატიკა (Theoretical computer science) – შეისწავლის ფორმალურ ენათა თეორიას. მაგალითად, სისტემური ანალიზი და რთული სისტემების თეორია, სიმრავლეთა თეორია და ლოგიკა, ავტომატებისა და გრაფთა თეორია, პეტრის ქსელები, პრედიკატების აღრიცხვა და რელაციური ალგებრა, ფორმალური სემანტიკა და კატეგორიული ანალიზი, ოპერაციათა კვლევა, ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელირების მეთოდები, ოპტიმიზაციის მეთოდები, მასობრივი მომსახურების თეორია, ხელოვნური ინტელექტის მეთოდები და ა.შ. ყოველივე ეს ინფორმატიკის ფორმალური ხერხემალია.

პრაქტიკული ინფორმატიკა (Practical computer science) – ემსახურება ინფორმატიკის სფეროს კონკრეტული პრობლემების გადაწყვეტას, განსაკუთრებით კომპიუტერული დაპროგრამების განვითარებას პროგრამული უზრუნველყოფის ტექნოლოგიებისთვის (Software Engineering). აქ მნიშვნელოვანია დაპროგრამების ენები, ოპერაციული სისტემები, მონაცემთა და ცოდნის ბაზების მართვის სისტემები [10]. იგი გამოიმუშავებს ძირითად

კონცეფციებს ისეთი სტანდარტული ამოცანების გადასაწყვეტად, როგორცაა ინფორმაციის შენახვა და მართვა მონაცემთა სტრუქტურების საშუალებით.

მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს აქ მანქანურ ალგორითმებს, რომლებიც რთული და ხშირადგამოყენებადი ამოცანების ავტომატიზებულ გადაწყვეტას ემსახურება. პრაქტიკული ინფორმატიკის ცენტრალური და მუდამ აქტუალური თემაა რთული გამოყენებითი სისტემების (Windows- და Web-აპლიკაციების) აგების პროგრამული ტექნოლოგიების შექმნა და განვითარება. ესაა სტრუქტურული, ობიექტ-ორიენტირებული, ვიზუალური, ჰიბრიდული და მობილური პროგრამირების მეთოდები, Agile და UML მეთოდოლოგიები, მათი ავტომატიზებული დაპროგრამების რეალიზაციის CASE ინსტრუმენტული საშუალებანი [11].

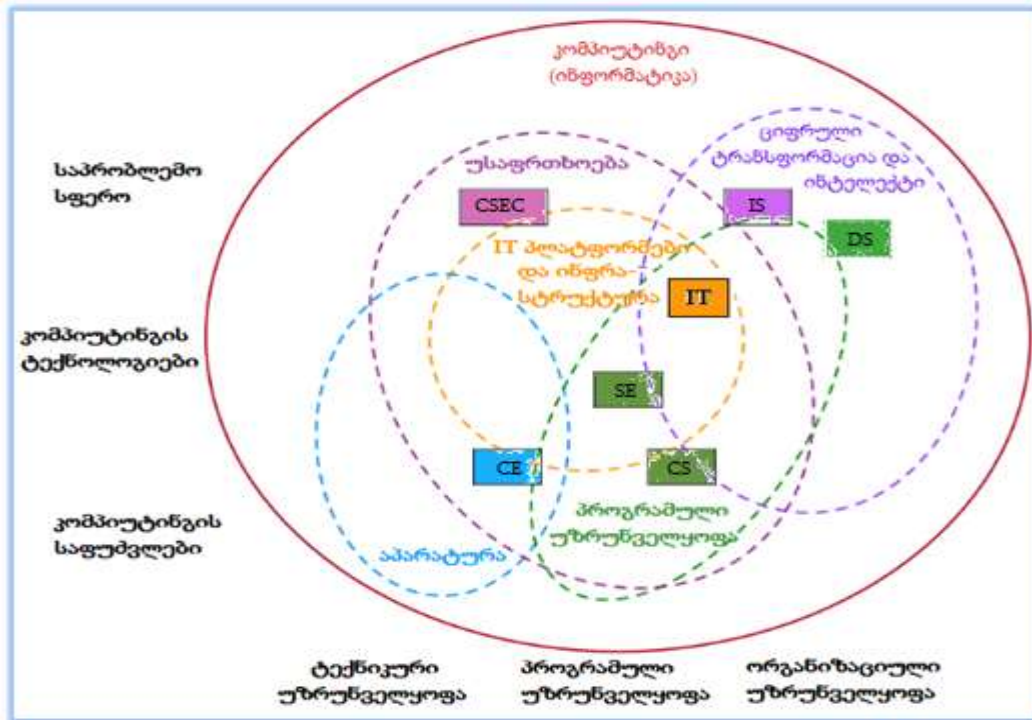
ტექნიკური ინფორმატიკა (Computer engineering) – შეისწავლის ინფორმატიკის ტექნიკური უზრუნველყოფის (Hardware) საფუძვლებს, როგორცაა მიკროპროცესორული ტექნიკა, კომპიუტერული არქიტექტურები, ქსელური და კომუნიკაციური სისტემები, კონტროლერები და პერიფერიული მოწყობილობანი, რობოტოტექნიკური და სენსორული სისტემები და ა.შ. იგი უშუალო კავშირშია ელექტროტექნიკასთან, განსაკუთრებით ციფრულ ტექნოლოგიებთან, აგრეთვე ლოგიკასა და დისკრეტულ მათემატიკასთან, გადამრთველ სქემათა თეორიასთან. ბოლო წლებში განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა კლასტერულ და გრიდ ტექნოლოგიებს, მულტიმედიური სისტემების შექმნას და განვითარებას და ა.შ. [12, 15].

გამოყენებითი ინფორმატიკა (Applied informatics) – ფართო სპექტრის მეცნიერებაა. იგი ეყრდნობა თეორიულ, პრაქტიკულ და ტექნიკურ ინფორმატიკათა მიღწევებს და შეისწავლის მათ პრაგმატულ გამოყენებას სხვადასხვა დარგების (ეკონომიკა და ბიზნესი, იურისპრუდენცია, ენერგეტიკა, მრეწველობა, ტრანსპორტი, მედიცინა, სოფლის მეურნეობა, განათლება, ენათმეცნიერება და სხვ.) რთული ტექნოლოგიური პროცესების კომპიუტერიზაციის, ინფორმაციული საცავების შექმნისა და ადმინისტრირებისათვის, ნანოტექნოლოგიების პროგრამული მხარდაჭერის განვითარებისათვის [13]. გადაწყვეტილებათა მიღების მხარდაჭერი კომპიუტერული სისტემები ყოველი დარგის აუცილებელი ინსტრუმენტი ხდება [16]. ექსპერტული სისტემები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს თანამედროვე დიაგნოსტიკისა და პროგნოზის ამოცანების გადასაწყვეტად [14].

➤ *„კომპიუტერული მეცნიერება“ (Computer science)* – არის ყველა ის მეცნიერული დისციპლინა, რომლებიც გამოიყენება კომპიუტერული სისტემების ასაგებად. კერძოდ, ესაა: გამოთვლების თეორია, ალგორითმები და მონაცემთა სტრუქტურები, პროგრამირების მეთოდოლოგია, მეთოდები და ენები, კომპიუტერის არქიტექტურა და ელემენტები. აგრეთვე პროგრამული უზრუნველყოფის ინჟინერია, ხელოვნური ინტელექტი, კომპიუტერული ქსელი და კომუნიკაცია, მონაცემთა ბაზის სისტემები, პარალელური და განაწილებული გამოთვლები, ადამიან-კომპიუტერული ინტერაქციები, კომპიუტერული გრაფიკა, ოპერაციული სისტემები და ა.შ. (IEEE Computer Society) [17].

2. ძირითადი ნაწილი

კომპიუტინგის (ანუ ინფორმატიკის) საგანმანათლებლო პროგრამა, რომლის ნიმუშის ბოლო ვერსია შემოთავაზებულია UNESCO-ს მიერ, იყენებს Association for Computing Machinery (ACM) და IEEE Computer Society (IEEE-CS) მეთოდოლოგიის სტანდარტს [17]. იგი მოიცავს შემდეგ საბაკალავრო პროგრამებს: კომპიუტერული ინჟინერია, კომპიუტერული მეცნიერება, კიბერუსაფრთხოება, ინფორმაციული სისტემები, ინფორმაციული ტექნოლოგია, პროგრამული ინჟინერია მონაცემთა მეცნიერებასთან ერთად. მათი ურთიერთკავშირი ასახულია მე-2 ნახაზზე.



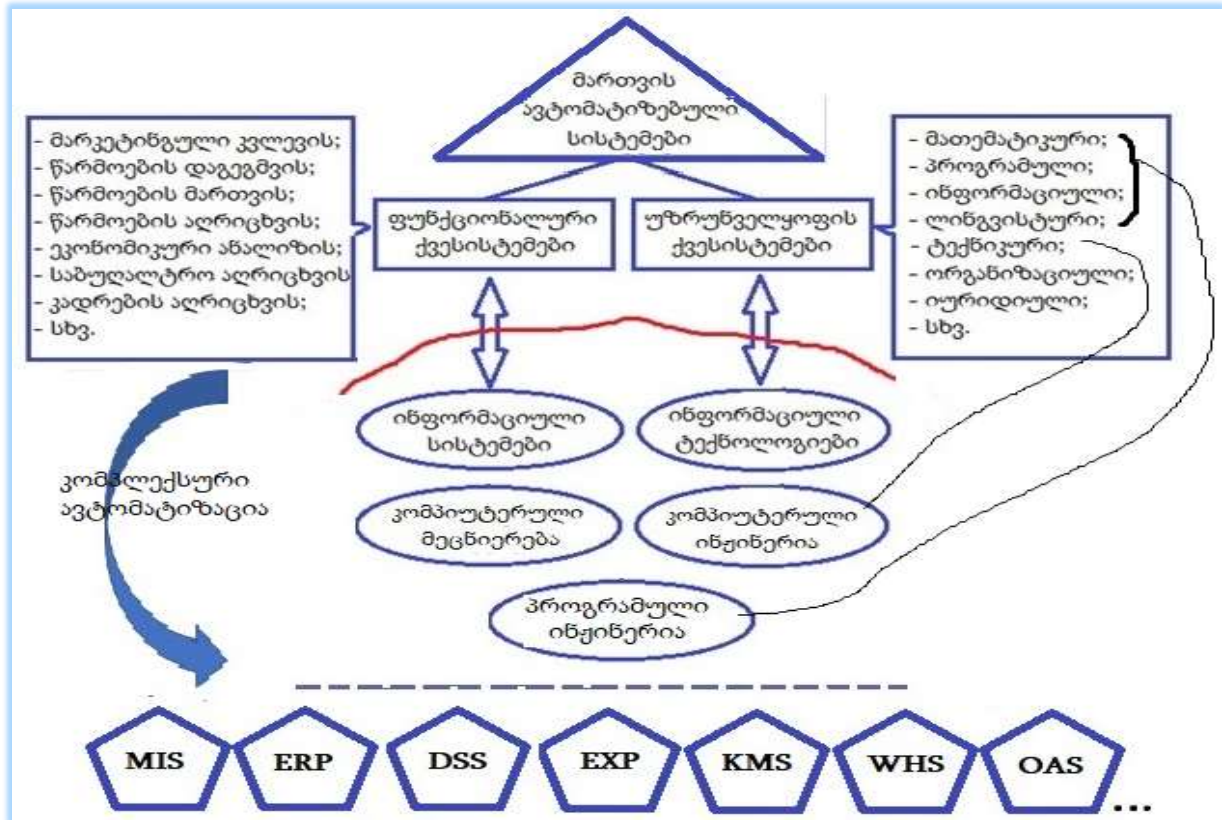
ნახ.2. კომპიუტიზის (ინფორმატიკის) სპეციალობაზე განათლების თანამედროვე შეხედულება (ACM და IEEE ორგანიზაციების სტანდარტით [17])

როგორც ამ ნაშრომშია აღნიშნული, შვიდ ძირითად დისციპლინისგან შეკრული კომპიუტიზის პროგრამა სასწავლო პროცესში ყურადღებას ამახვილებს სტუდენტთა ინდივიდუალურ პროფესიონალურ ცოდნაზე, კრიტიკულ აზროვნებაზე, კომუნიკაციასა და გუნდურ მუშაობაზე.

ახლა განვიხილოთ სპი-ის აგტ ფაკულტეტზე 1971 წელს შექმნილი „მას“ (მართვის ავტომატიზებული სისტემების კათედრის სტრუქტურა (ნახ.3) და შინაარსი [18].

ნახაზის ქვედა რიგში წარმოდგენილია ინფორმაციულ სისტემათა ტიპები, რომელთა დაპროექტება და პროგრამული რეალიზაცია (დეველოპმენტი) „ინფორმაციის დამუშავებისა და მართვის ავტომატიზებული სისტემების (იდმას)“ სპეციალობით ისწავლებოდა სტუ-ის ინფორმატიკის, დაუსწრებელი სწავლების და მისი რეგიონალური ფილიალების ფაკულტეტებზე (ბათუმი, სოხუმი, ქუთაისი, გორი, სენაკი და სხვ.). კერძოდ, MIS - Management Information System (მენეჯმენტის საინფორმაციო სისტემები); ERP - Enterprise Resource Planing (საწარმოო რესურსების დაგეგმვა (მართვა); DSS - Decision Support System (გადაწყვეტილების მხარდამჭერი სისტემები); EXP - Expert Systems (AI, ექსპერტული სისტემები (ხელოვნური ინტელექტი); KMS -Knowledge Management System (ცოდნის მართვის სისტემები); WHS - Warehousing System (OLAP, Data Mining, BigData) (მონაცემთა საცავების სისტემები); OAS - Office Automation System (ოფისის ავტომატიზაციის სისტემები, მაგ., Office-365) და სხვ.

შეიძლება ითქვას, რომ რაც იუნესკომ და ACM & IEEE ასოციაციებმა შემოგვთავაზეს კომპიუტიზის სფეროში 2020 წლის კურიკულუმის სახით, ჩვენ ფაკულტეტზე უკვე ისწავლებოდა (1971-2020 წლებში), მართვის ავტომატიზებული სისტემების (აკად. გ. ჩოგოვაძე, აკად.წევრ-კორესპ. გ. გოგიჩაიშვილი), ეკონომიკური ინფორმატიკის (პროფ. ნ. ლომინაძე), კომპიუტერული ინჟინერიის (პროფ. ვ. კამკამიძე, პროფ. ლ. იმნაიშვილი), ხელოვნური ინტელექტის (პროფ. ო. ვერულავა, აკად. რ. ხუროძე, პროფ. მ. ჩხაიძე) და სხვ.



ნახ.3. მას-ის ევოლუციური გარდასახვა და მისი როლი სხვადასხვა ტიპის საინფორმაციო სისტემების დეველოპმენტის მიზნით [56]

„მართვის ავტომატიზებული სისტემა“ არის ინფორმატიკის, როგორც ინტერდისციპლინური მეცნიერების ერთ-ერთი მიმართულება, რომელიც ადამიან-მანქანური სისტემების შექმნის თეორიასა და პრაქტიკას შეისწავლის, ეყრდნობა ეკონომიკურ-მათემატიკურ მეთოდებს და თანამედროვე კომპიუტერულ ტექნოლოგიებს ორგანიზაციული სისტემების მართვის (მენეჯმენტის) პროცესების ავტომატიზაციის მიზნით [19-22].

იგი აერთიანებს საკვლევი ობიექტის მართვის პროცესების შინაარსობრივ აღწერას (სემანტიკური მოდელირება), მათი გადაწყვეტის ალგორითმული სქემების აგებას (ლოგიკური მოდელირება) და კომპიუტერის ენაზე ამ უკანასკნელთა რეალიზაციას (ლინგვისტური მოდელირება). ეს საკითხები მჭიდრო კავშირშია პროგრამულ ინჟინერიასთან, როგორც მეცნიერული, ასევე აკადემიური თვალსაზრისით, რაც დასმული თემატიკის კვლევის ობიექტი და საგანია [23].

მე-2 და მე-3 ნახაზების და აკადემიური კურსების შინაარსის შედარებით ადვილი დასაგენია, რომ საქმე გვაქვს მსგავს იდეოლოგიებთან. განსხვავება მდგომარეობს აღნიშნულ აკადემიურ კურსებში ახალი, განვითარებული თემებისა და ლაბორატორიებში ახალი ტექნიკის და ტექნოლოგიების დანერგვაში (რაც დროის ფაქტორია).

მართვის ავტომატიზებული სისტემების კათედრაზე არსებული საგანმანათლებლო „იღმას“-ის სპეცპროგრამა (ინფორმაციის დამუშავება და მართვის ავტომატიზებული სისტემები) - ერთ კათედრაზე აერთიანებდა ზემოხსენებულ აკადემიურ კურსებს.

ამ კურსებს 1971 წლიდან ხელმძღვანელობდნენ ახლადშექმნილი კათედრის ახალგაზრდა მეცნიერ-თანამშრომლები. მაგალითად, „საწარმოთა მართვის ავტომატიზებული სისტემები“ -

პროფ. გ. ჩოგოვაძე; „დარგობრივი მართვის ავტომატიზებული სისტემები და ხელოვნური ინტელექტი“ – პროფ. გ. გოგიჩაიშვილი, გ. ნარეშელაშვილი; „მას-ის ტექნიკური უზრუნველყოფა, კომპიუტერის არქიტექტურა, ინფორმაციის კოდირება და გადაცემა“ – პროფ. ვ. დიდმანიძე, პროფ. გ. ჩაჩანიძე, დოც. ო. გაბედავა; „ინფორმაციული უზრუნველყოფა და მონაცემთა ბაზები“ – დოქტორანტები გ. სურგულაძე, ვ. ქაჩიბაია, გ. ღარიბაშვილი და ბოლოს დოც. ბ. მეფარიშვილი; „მათემატიკური უზრუნველყოფა (მოდელირება)“ – პროფ. ა. ცინცაძე, დოც. გ. ბუაძე, დოც. კ. ლოლობერიძე და სხვ.; „პროგრამული უზრუნველყოფა“ – მეცნიერთანამშრომლები ნ. და ს. კვანტალიანი, კ. სილინსკი, ვ. ცხვედაძე და სხვ., „კიბერუსაფრთხოება“ – პროფ. ო. შონია, ასოც. პროფ. კ. ოდიშარია; ბიზნესპროცესების მოდელირება და მენეჯმენტი, BI ტექნოლოგია და მონაცემთა მეცნიერება – ე. თურქია, ლ. პეტრიაშვილი, დ. გულუა, ნ. თოფურია, მ. ოხანაშვილი, მ. კაშიბაძე და სხვ.

3. დასკვნა

ამგვარად, 1971 წლიდან ერთ „მას“ კათედრაზე იყო თავმოყრილი ყველა ის აკადემიური დისციპლინა, რომელიც სჭირდებოდა გამოყენებითი კომპიუტერული სისტემების დაპროექტებას და პროგრამულ რეალიზაციას (თუმცა გარკვეული პროცენტი ასეთი საგნებისა სხვა დეპარტამენტებშიც იკითხებოდა). ამჯერად, სწორედ ასეთი სტრუქტურისა და შინაარსის აკადემიურ კურსებს გვთავაზობს იუნესკო ACM-ის 2020 წლის სანიმუშო კურიკულუმით!

ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ახალი რეფორმული „ტალღა“ 2021 წელს განხორციელდა, როდესაც მოხდა ე.წ. დეპარტამენტების „რესტრუქტურირაცია“, ანუ შეიქმნა ახალი დეპარტამენტები (არსებულის მოდიფიკაციის საფუძველზე). მე-3 ნახაზზე ოვალებში ნაჩვენებია ეს ახალი დეპარტამენტები.

ფაქტობრივად, თუ გავაანალიზებთ „მას“ დეპარტამენტის სტრუქტურას, მივხვდებით, რომ მოხდა მისი დაშლა 3 ახალ დეპარტამენტად: პროგრამული ინჟინერია, ინფორმაციული სისტემები (მას-ის ფუნქციონალური ქვესისტემებიდან) და ინფორმაციული ტექნოლოგიები (მას-ის უზრუნველყოფის ქვესისტემებიდან). კომპიუტერული ინჟინერიის და ხელოვნური ინტელექტის დეპარტამენტებმა შეინარჩუნა თავისი სტატუსი (და მას-ის შესაბამისი აკადემიური დისციპლინები მთლიანად გადაეცათ მათ). საბოლოო ჯამში მვიდეთ ფაკულტეტის ახალი, ამერიკული მოდელი (იუნესკოს რეკომენდაციების შესაბამისად).

ლიტერატურა – References – Литература:

1. International Scientific-Technical Conference: Information Society and Technologies for Intensification of Education. The selected articles comprise a collection of scientific works presented to 15th anniversary of the UNESCO Chair "Information Society" at Georgian Technical University http://conf-unesco.gtu.ge/files/Tbilisi_2018_conf-UNESCO.pdf

2. 2nd International scientific conference "Information Society and Technologies for Intensification of Education" on May 20-22, 2021, dedicated to the 50th anniversary of the department of "Automated Control Systems" of GTU and to its founder, head of the UNESCO department, 80th anniversary of Academician Gocha Chogovadze.. <http://conf-unesco.gtu.ge/eng.php>

3. Chogovadze G., Prangishvili A., Surguladze G., Shonia O. (2019). From automated control systems to management information systems: a modern metamorphosis. Transactions of Georgian Technical University: "Automated Control Systems", No 2(29), pp. 9-18 (in Georgian).

4. Chogovadze G., Surguladze G., Topuria N., Kharitonashvili M. (2021). Information Society and interdisciplinary Teaching Based on Digital Technologies. GTU. © „IT-Consulting scientific center” of GTU, ISBN 978-9941-8-3338-0. Tbilisi, 360 p., (in Georgian)

5. Surguladze G., Papavadze S., Machaladze O. (2023). Information Society and Didactics of Informatics. ISBN 978-9941-8-5443-9. Publ. „IT-Consulting scientific center” of GTU, -260 p. (in Georgian)
6. Surguladze G., Gogshelidze D., Dalakishvili G. (2023). Information Society: Publishing Marketing and Machine Learning. ISBN 978-9941-8-5442-2. Publ. „IT-Consulting scientific center” of GTU, Tbilisi, 216p. (in Georgian)
7. Difference between Computing Science and Computer Science. Internet resource: <https://www.quora.com/How-is-Computing-Science-different-from-Computer-Science>
8. International Kolloquium, Dresden. 26.02.1968. <https://de.wikipedia.org/wiki/Informatik>
9. Chogovadze G., Prangishvili A., Gogichaishvili G., Didmanidze V., Surguladze G. (2016). Management Information Systems and Software Engineering - Innovations in University Education. Transact.of GTUniv. “Automated Control Systems”, No1(21), Tb., pp. 9-24, (in Georgian)
10. Chogovadze G., Surguladze G., Shonia O. (1996). Bases of Construction of Database and – Knowledge. GTU, “Techn.Univ.”, Tb., -375 p. (in Georgian)
11. Surguladze G. (2019). Computer Programming Methods and Methodologies (SP, OOP, VP, Agile, UML). GTU, “IT Consulting Center”, Tb., 200 p. (in Georgian)
12. Kiviladze T. (2015). Distributed Programming Environment. Georgia University of Patriarchate. Publishing house "Georgian University". ISBN 978-9941-9450-4-5
13. Chogovadze G. (2015). Thoughts on the future. Tbilisi. -198 p.
14. Prangishvili A., Samkharadze R. (2002). Theory of Construction Eexpert Ssystems for the Management of Power Systems. Monograph., "Mezniereba", Tbilisi.
15. Surguladze G., Gulua D., Kakheli B. (2019). Development of Software Applications using Virtualization. GTU, “IT Consulting Center”, Tb., -150 p.
16. Computing Curricula (2020). CC2020. Paradigms for Global Computing Education. Copyright © 2021 by ACM and IEEE. New York. ISBN: 978-1-4503-9059-0. DOI: 10.1145/3467967
17. Surguladze G. (2022). Georgian Technical University Celebrates the 100th Anniversary – the Contribution of Academician G. CHOGOVDZE, the founder of the department of ACS, to the field of Education and Science Development. Transactions of GTU "Automated Control Systems". DOI.org/10.36073/1512-3979
18. Chogovadze G., Gogichaishvili G., Surguladze G., Sherozia T., Shonia O. (2001). Design and Building of the Management Information Systems (Theoretical and practical informatics). ISBN99928-882-7-X. GTU, Tbilisi, 2001, 742 p., (in Georgian)
19. Gogichaishvili G., Prangishvili A., Surguladze G. (2007). Computer Science, Program Technologies and Modern Directions of their Development and Training. Transact.of GTUniv. “Automated Control Systems”, No1(2), Tb., pp.7-15, (in Georgian)
20. Kitov A.I. (1972). Programming Economic and Managerial Tasks. -Moscow, Publishing House „Statistics” (in Russian)
21. Glushkov V.M. (1982). Basics of Paperless Computer Science. "Nauka" (in Russian)
22. Chogovadze G., Prangishvili A., Surguladze G. (2017). Hybrid Software Technologies and Data Engineering for Management Information Systems. Monograph, ISBN 978-9941-20-790-7. GTU, „Techn.Univ.”, Tb., -1001 p., (in Georgian)

(სტატია მიღებულია 1.03.2024)

ON EVOLUTIONARY DEVELOPMENT OF COMPUTING FACULTY STRUCTURE AND ACADEMIC PROCESS MODEL

Surguladze Gia, Zhvania Taliko, Petriashvili Lili, Kapanadze Davit

Georgian Technical University

g.surguladze@gtu.ge, t.zhvania@gtu.ge, l.petriashvili@gtu.ge, david@gtu.ge

Summary

Fragments of the evolutionary development of the Faculty of Informatics and Management Systems of the Technical University of Georgia are discussed, against the background of the establishment of the Department of Automated Management Systems (1971) and the results of its 50-year scientific-academic work. The structural scheme of the AC faculty (the model of Automation and computing) was replaced by the IMS (the model of informatics and control systems), and the educational process was joined to the single European space of education on the basis of the Bologna Convention. Currently, an important challenge is to prepare educational programs according to the international standards of ABET. Historical facts of the faculty's development, current situation and future perspectives are analyzed in the paper. The similarities and differences of the scientific-technical directions of software engineering (automated management systems), production process automation systems and management information systems, as well as the results of their evolutionary development, are specifically discussed. Also presented are issues of the relationship between the scientific and educational disciplines of Computer Science, Computing and Informatics.

(Received 1.03.2024)

ОБ ЭВОЛЮЦИОННОМ РАЗВИТИИ СТРУКТУРЫ ФАКУЛЬТЕТА ИНФОРМАТИКИ (КОМПЬЮТИНГА) И МОДЕЛИ ЕЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Сургуладзе Г., Жвания Т., Петриашвили Л., Капанадзе Д.

Грузинский Технический Университет

g.surguladze@gtu.ge, t.zhvania@gtu.ge, l.petriashvili@gtu.ge, david@gtu.ge

Резюме

Обсуждаются фрагменты эволюционного развития факультета информатики и систем управления ГТУ на фоне создания кафедры Автоматизированных систем управления (1971 г.) и результатов ее 50-летней научно-академической работы. Структурная схема факультета АВТ (модель Автоматики и вычислительной техники) была заменена на ИСУ (модель Информатики и систем управления), а образовательный процесс был присоединен к единому европейскому пространству образования на базе Болонской Конвенции. В настоящее время важной задачей является подготовка образовательных программ по международным стандартам АБЕТ. В статье анализируются исторические факты развития факультета, современное состояние и перспективы на будущее. Особо обсуждаются сходство и различия научно-технических направлений программной инженерии (автоматизированных систем управления), систем автоматизации производственных процессов и информационных систем управления, а также результаты их эволюционного развития. Также представлены вопросы взаимосвязи научно-учебных дисциплин Компьютерных наук, Компьютинга (информатики).

(Поступила 1.03.2024)

ცოცხალი სისტემების მულტიფრაქტალური სტრუქტურის შესახებ

თამაზ ოზგამე, თინათინ ჭყონია

ცხუმ-აფხაზეთის მეცნიერებათა აკადემია

შპს სამეცნიერო-საწარმოო ფირმა ალმასი

tamaz@mail.ru; tikatchkonია@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია გეომეტრიულად კონსტრუირებადი იდეალური ფრაქტალები: მოცემულია მათი აგებისა და სტრუქტურირების მეთოდი, გაანალიზებულია მათი გამოყენების საზღვრები ცოცხალი სისტემების ევოლუციის მოდელირებისათვის. განხილულია დენდრიტების ზრდის მექანიზმები, როგორც იდეალურ, ასევე, ღია სისტემებში. შემოთავაზებულია მამა ფრაქტალის ცნება და ცოცხალი სისტემების მულტიფრაქტალური სტრუქტურის ზოგადი სქემა.

საკვანძო სიტყვები: ფრაქტალი. ცოცხალი სისტემა. დენდრიტი.

1. შესავალი

ცოცხალი სისტემები თვითორგანიზებადი და თვითწარმოქმნადი, გარე სამყაროსთან ურთიერთქმედები ღია სისტემებია, რომელთაც ახასიათებს, ცოცხალი ორგანიზმებისათვის დამახასიათებელი თვისებები [1].

სოციალურ-ეკონომიკურ სისტემებზე ახასიათებთ ცოცხალი სისტემებისათვის დამახასიათებელი თვისებები. ეს ცოცხალი სისტემებია თავისი უჯრედებით, ნივთიერებათა ცვლით და ნერვული სისტემით. მასში თითოეულ საზოგადოებრივ ინსტიტუტს აქვს თავისი დანიშნულება ორგანიზმის სიცოცხლისუნარიანობის შესანარჩუნებლად. მაგალითად, არმია მოქმედებს, როგორც ორგანიზმის იმუნური სისტემა, რათა დაიცვას ქვეყანა უცხოთა შემოჭრისაგან, ხოლო მთავრობა ასრულებს ტვინის ფუნქციას, რათა მიიღოს გადაწყვეტილება და მართოს პროცესები. ეს აზრი ჯერ კიდევ არისტოტელეს მიერ გაჟღერდა ანტიკურ ხანაში [1].

ცოცხალი სისტემა აგრეთვე ეკოლოგიური სისტემაა. მათ შორისაა პლანეტებიც და გალაქტიკებიც. ასეთ სისტემებში, რთული ადაპტური მართვა ხორციელდება ორგანიზმის სხვადასხვა ავტონომიური კომპონენტის ურთიერთქმედების ხარჯზე.

აღნიშნული სისტემებისათვის 1978 წელს ჩამოყალიბდა ცოცხალი სისტემების ზოგადი თეორია, რომლის ავტორებიცაა: მილერი, რუბინი, რიზნიჩენკო და სხვები [2].

ყველა ცოცხალი სისტემისათვის დამახასიათებელია რიგი თვისებებისა, რაც მას განასხვავებს არაცოცხალი სისტემებისაგან (თუმცა, არაცოცხალი სისტემებიც, უმეტეს შემთხვევაში, შეიცავს სხვადასხვა ცოცხალ ელემენტს):

- 1) **ნივთიერებათა ცვლა.** ხდება ენერჯის გაცვლა გარე სამყაროსთან;
- 2) **რეპროდუქცია.** სტრუქტურის გართულება-გამრავლება თვითმსგავსებით, გენეტიკური ინფორმაციის გათვალისწინებით, უფრო მცირე მასშტაბში;
- 3) **ევოლუცია.** ცოცხალ სისტემაში წარმოიქმნება სტრუქტურა, რომელიც უზრუნველყოფს სისტემის მდგრად განვითარებას ფილოგენეზს;

4) **რეფლექსია.** ცოცხალ სისტემას გააჩნია საკუთარი ნერვული სისტემა, რაც აძლევს საშუალებას გარე ზემოქმედებისას მიიღოს შესაბამისი *რეაქცია*, რათა უზრუნველყოს საკუთარი სტრუქტურის მდგრადობა;

5) **მულტიფრაქტალური სტრუქტურა** ახასიათებს ცოცხალ სისტემას. თითოეული ელემენტი არის მისთვის ინდივიდუალურად დამახასიათებელ სტრუქტურის ფრაქტალი, რაც საშუალებას აძლევს მთლიან სისტემას დაზიანებული *ელემენტის განახლება-რეგენერაცია* აწარმოოს სხვა ელემენტების ურთიერთქმედების ხარჯზე *ავტორეგულაციით*. ცოცხალ სისტემას აქვს *რითმულობა* (რაც დაკავშირებულია გარე პროცესების ციკლურობაზე) და *ენერგოდამოკიდებულება* (რაც განპირობებულია ინდივიდუალური რესურსით).

ყოველივე ზემოთქმულიდან, შეგვიძლია დავასკვნათ რომ ცოცხალი სისტემები წარმოადგენს ღია, თვითრეგულირებად და თვითწარმოქმნად სისტემებს, რომელთაც აქვს მულტიფრაქტალური სტრუქტურა.

განვიხილოთ გეომეტრიული ფრაქტალები და მათთან დაკავშირებული ცნებები.

2. გეომეტრიული ფრაქტალები

კომპიუტერზე გეომეტრიულად კონსტრუირებადი ფრაქტალების ასაგებად, ხშირად, გამოიყენება აფინურ გარდაქმნათა ნახევარჯგუფი [2]. სიბრტყეზე აფინური გარდაქმნა: გაჭიმვა-კუმშვის, მობრუნებისა და სიმეტრიის ასახვა. გეომეტრიულად კონსტრუირებადი იდეალური ფრაქტალი შეგვიძლია წარმოვადგინოთ ზოგადი ფორმულით:

$$GKIFR \stackrel{\text{def}}{=} Fr(m, f, geinformation) \quad (1)$$

სადაც m – დედა-ფრაქტალია (საწყისი სიმრავლე), f – მამა-ფრაქტალი (ყოველ ბიჯზე დამატებადი მასშტაბირებული გეომეტრიული აგრეგატი – ზრდის წესი), ხოლო პარამეტრი $geinformation$ ფრაქტალის *ევოლუციის გენეტიკური კოდია*, რომელიც მიუთითებს თუ, რამდენი ბიჯი კეთდება *თვითმსგავსების პრინციპით აგებისას* და როგორია ფრაქტალის *ზრდის კანონის გენეტიკა* (ევოლუციის წესი).

ფრაქტალს ვუწოდებთ იდეალურს, როცა არ მიიღება მხედველობაში, გარემო პირობების შემთხვევითი **RND** ზემოქმედება

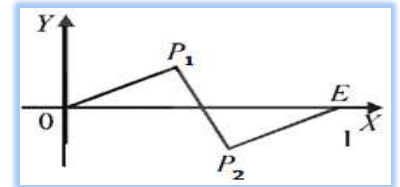
ამგვარად, წარმოდგენილი ფრაქტალები, ფართოდ გამოიყენება ცოცხალი სისტემების მოდელირებისას. თუ, ვიცით დედა-ფრაქტალის, მამა-ფრაქტალისა და გენეტიკური კოდის სახე, მაშინ შეგვიძლია ავაგოთ გეომეტრიულად კონსტრუირებადი იდეალური ფრაქტალი. ასეთი ამოცანის ამოსახსნელად, არსებობს შესაბამისი ალგორითმებიც [2].

თუმცა, გაცილებით მნიშვნელოვანია ისეთი ალგორითმის დამუშავება, რომელიც ამოგვიხსნის შებრუნებულ ამოცანას: *ანუ როცა ვიცით ცოცხალი სისტემის გეომეტრიული ფორმა, როგორ დავადგინოთ შესაბამისი დედა-ფრაქტალი, მამა-ფრაქტალი და გენეტიკური კოდი*. მართლაც, ცნობილია რომ ადამიანის შინაგანი ორგანოები გეომეტრიულად, წარმოადგენს ფრაქტალებს, რომელთაგან თითოეულს აქვს თავისი დედა-ფრაქტალი, მამა-ფრაქტალი და გენეტიკური კოდი. მათი ცოდნა გაგვიადვილებდა შინაგანი ორგანოების ლაბორატორიულ პირობებში აღდგენის პრობლემას და დაავადებული ორგანოების შეცვლას. ცნობილია, რომ კიბოსაც ფრაქტალური სტრუქტურა აქვს. თუ შევძლებთ მისი დედა-ფრაქტალის, მამა-ფრაქტალისა და გენეტიკური კოდის დადგენას, მაშინ გვეცოდინება თუ როგორ ვებრძოლოთ ამ დაავადებას უფრო ეფექტურად, ვიდრე ეს დღესაა შესაძლებელი.

ამრიგად, მეტად მნიშვნელოვანია გეომეტრიულად კონსტრუირებადი იდეალური ფრაქტალის სახეთა გამოცნობის ამოცანის ამოხსნა, რაც ამ შემთხვევაში ნიშნავს მისი აგების შებრუნებული ალგორითმის დადგენას.

3. გეომეტრიულად კონსტრუირებადი ფრაქტალის აგების ალგორითმი

ვთქვათ დედა-ფრაქტალი შედგება n რაოდენობის მონაკვეთისგან, ხოლო მამა-ფრაქტალის ფრაგმენტი მოიცავს m მონაკვეთს. დედა-ფრაქტალისა და მამა-ფრაქტალის მონაკვეთთა ბოლოების კოორდინატებით, ადვილად გამოითვლება მონაკვეთების სიგრძეც და აიგება შესაბამისი ფრაქტალიც, როცა წინასწარაა განსაზღვრული გენეტიკური კოდი. ვთქვათ, მოცემულია მამა-ფრაქტალი (ნახ. 1).

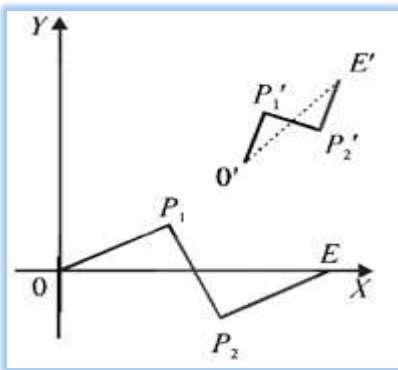


ნახ. 1. მამა-ფრაქტალი

O წერტილი კოორდინატთა სათავეა კოორდინატებით $(0;0)$, ხოლო E წერტილის კოორდინატებია $(1;0)$. შუალედური წვეროების კოორდინატებია $P_1(0.4;0.2)$, $P_2(0.6;-0.2)$. მაშინ გვექნება, რომ

$$OP_1 = P_1P_2 = P_2E = \frac{1}{\sqrt{5}}.$$

დედა-ფრაქტალად განვიხილოთ კვადრატი წვეროებით $(1;1)$, $(-1;1)$, $(-1;-1)$, $(1;-1)$. თუ, ბიჯების რაოდენობაა k , მაშინ OE მამა-ფრაქტალის მოქმედებით დედა-ფრაქტალის ყოველ მონაკვეთზე მივიღებთ $m^k - 1$ წვეროს მქონე ტეხილს. ამ ტეხილის წვეროების კოორდინატები გამოითვლება მსგავსების გარდაქმნით:



$$\begin{cases} x' = (x_2 - x_1) \cdot x - (y_2 - y_1) \cdot y + x_1 \\ y' = (y_2 - y_1) \cdot x + (x_2 - x_1) \cdot y + y_1 \end{cases}$$

ამ გარდაქმნის გეომეტრიული ინტერპრეტაცია ნათლად ჩანს მე-2 ნახაზზე. შესაბამისად, გვაქვს ასახვა: $O(0;0) \rightarrow O'(x_1; y_1)$,

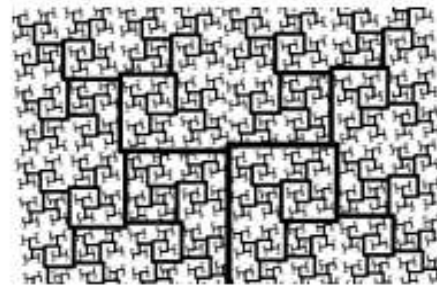
$$E(1;0) \rightarrow E'(x_2; y_2), P(x; y) \rightarrow P'(x'; y').$$

ნახ. 2. მსგავსების გარდაქმნა

მანდელბროტთან განხილულია ფრაქტალური ხის მოდელის აგების წესი (ნახ.3-4) [1]:



ნახ. 3. მანდელბროტის ფრაქტალური ხის დედა-ფრაქტალი და ზემოთა აგრეგატი (მამა-ფრაქტალი)

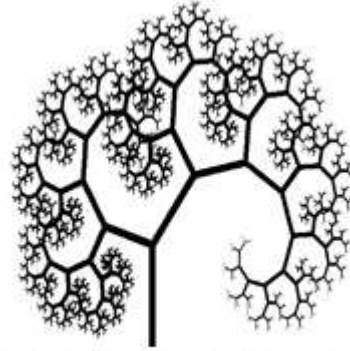


ნახ. 4. მანდელბროტის ფრაქტალური ხე

მანდელბროტმა ააგო რეალური ფრაქტალური ხის მოდელიც (ნახ.5-6).



ნახ. 5. რეალური ფრაქტალური ხის მოდელი



ნახ. 6. რეალური ფრაქტალური ხე

განვიხილოთ შესაბამისი ბუნებრივი ფრაქტალების სურათები (სურ. 1-11).



სურ. 1. დედამიწის ზედაპირის სურათები კოსმოსიდან გვამლეკს ფრაქტალური ფორმის ლანდშაფტს



სურ. 2. თხევადი ან გაზობრივი ნივთიერების კრისტალიზაციით წარმოქმნილი მიწურალის ფრაქტალი



სურ. 3. ქვიშის დიუნის წყლით ნაწილობრივი მორეცხვის შედეგად წარმოქმნილი ფრაქტალი



სურ. 4. ხის ტოტები - ბუნებრივი ფრაქტალი



სურ. 5. ხის ტოტები იყოფა ორად, შემდეგ ბიჯზე, თითოეული ტოტი კვლავ იყოფა და ა.შ. გარკვეულ სასრულ რაოდენობამდე (როგორც მის გენეტიკურ პროგრამაშია ჩადებული) ესაა დენდრიტის ტიპის ფრაქტალი



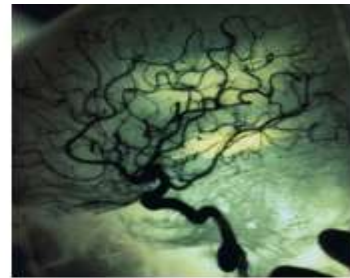
სურ. 6. ბაობაბი ფრაქტალური კანონით იტოტება, თუმცა ყველა ხეს აქვს თავისი გენეტიკური კოდი (დატოტვის წესი)



სურ. 7. ამოფრქვეული ვულკანის გაცივებული ლავა ინარჩუნებს დინების ფრაქტალურ ფორმას



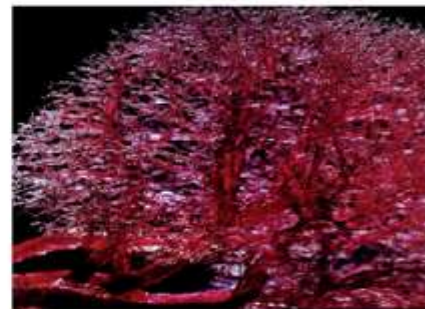
სურ. 8. მცენარეთა ფრაქტალური ფორმაა - დენდრიტი



სურ. 9. ადამიანის ტვინის სისხლძარღვთა სისტემაც დენდრიტია



სურ. 10. მდინარეთა დატოტვის ფრაქტალიც დენდრიტია



სურ. 11. ფილტვი შეიცავს ერთმანეთში გადაჯაჭვულ სამ ფრაქტალს: სასუნთქი ფრაქტალი, სისხლძარღვთა ვენოზური სისხლის და არტერიული სისხლძარღვების ფრაქტალები

4. დასკვნა

როგორც ვხედავთ, ცოცხალი სისტემების მოდელირებისათვის საკმაოდ კარგად მუშაობენ გეომეტრიულად კონსტრუირებადი იდეალური ფრაქტალები, რომელთათვისაც დამახასიათებელია თვითმსგავსების თვისება ანუ ფორმის მასშტაბური ინვარიანტულობა. თუმცა, გარემო პირობების სისტემატიურად ცვლილების გამო, იცვლება ცოცხალი სისტემების ზრდის (ევოლუციის) ტემპიც და ზოგჯერ ხდება გენეტიკური მუტაციაც, რაც თავის მხრივ განაპირობებს მისი დინამიკის მცირედ განსხვავებას იდეალური ფრაქტალური კანონისაგან. ამ პრობლემის ამოსახსნელად ზოგჯერ იყენებენ შემთხვევით პროცესებსაც. თუმცა, ბუნება იმდენად მრავალფეროვანია და საიდუმლოებებით სავსე, რომ ცოცხალი სისტემების საბოლოოდ ფორმალიზაცია ჯერ-ჯერობით ვერ ხერხდება.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Mandelbrot B. (2002). Fractal geometry of nature. Transl. from English. Izhevsk (in Russian)
2. Kronover P.M. (2000). Fractals and Chaos in Dynamic Systems. Transl. from English. –M., (in Russian)
3. Julia G. (1918). Memoir sur l'iteration des fonctions rationnelles. J. de Mathematiques pures et appliquees, v. 1, Paris
4. Mandelbrot B (2004). Fractals, Cases and Finance. Transl. from French. Izhevsk, -M. (in Russian)
5. Mandelbrot B.(2009). Fractals and chaos. The Mandelbrot Set and Other Miracles. Transl. from English. Izhevsk, -M. (in Russian)
6. Richardson L.F.(1922). Weather Prediction by Numerical Process. Cambridge University press.

(სტატია მიღებულია 25.04.2024)

MULTI-FRACTAL STRUCTURE OF LIVING SYSTEMS

Obgadze Tamaz, Chkonia Tinatin
Academy of Sciences of Tskhum-Abkhazia,
Scientific-production firm Almas Ltd
tamaz@mail.ru; tikatchkonia@gmail.com

Summary

The paper considers geometrically constructed ideal fractals: the method of construction and structuring is given, the limits of their applicability in modeling the evolution of living systems are analyzed. Mechanisms of Dendrite Growth Considered, As in Ideal, and in open systems. The concept of the paternal fractal and the general scheme of the multi-fractal structure of living systems are proposed.

(Received 25.04.2024)

О МУЛЬТИ ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ ЖИВЫХ СИСТЕМ

Обгадзе Т., Чкония Т.
Академия наук Цхум-Абхазии,
ООО Научно-производственная фирма Алмас
tamaz@mail.ru; tikatchkonia@gmail.com

Резюме

Рассматриваются геометрически конструируемые идеальные фракталы: дан метод построения и структурирования, проанализированы пределы их применимости при моделировании эволюции живых систем. Рассмотрены механизмы роста дендритов, как в идеальном, так и в открытых системах. Предложено понятие отцовского фрактала и общая схема мульти фрактальной структуры живых систем.

(Поступила 25.04.2024)

დისკრეტული დინამიკური ფრაქტალების და ჟულიას სიმრავლეების მოდელირება

თამაზ ოზგამე, ნიკოლოზ კუნჭულია

ცხუმ-აფხაზეთის მეცნიერებათა აკადემია,

შპს სამეცნიერო-საწარმოო ფირმა ალმასი

tamaz@mail.ru; nikakunchulia3@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია დისკრეტულ დინამიკურ სისტემებში წარმოქმნილი ფრაქტალები. შესწავლილია კვადრატული ფუნქციის შესაბამისი იტერირებად ფუნქციათა სისტემა. აგებულია ჟულიას სიმრავლეები და შესაბამის მუდმივთა მანდელბროტის ფრაქტალი.

საკვანძო სიტყვები: დისკრეტული ფრაქტალი. ჟულიას სიმრავლე. მანდელბროტის ფრაქტალი.

1. შესავალი

ფრაქტალთა სამყარო მეტად ფართოა და მრავალფეროვანი. ფრაქტალებს ვხვდებით მექანიკასა და აკუსტიკაში, ქიმიასა და ბიოლოგიაში. ახალი რიცხვითი მეთოდები, საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ მოსალოდნელი სოციალური კატასტროფებიც. სინერგეტიკის სპეციალისტები უკვე დარწმუნდნენ, რომ ქიმიური, ფიზიკური, ბიოლოგიური და სოციალურ-ეკონომიკური პროცესები უფრო ზუსტად აღიწერება ფრაქტალური სტრუქტურებით, ვიდრე კლასიკური უწყვეტი და გლუვი ფუნქციებით [1-3]. ფრაქტალები ახალი მიმართულება გახდა ხელოვნებაშიც, სადაც მათი საშუალებით იქმნება საოცარი სილამაზისა და მიმზიდველობის სურათები. თუმცა, ჩვენი ინტერესების სფეროა ის მათმატიკური კანონზომიერებები, რაც დაკავშირებულია ფრაქტალებთან.

1. დისკრეტული დინამიკური ფრაქტალები

ფრაქტალის ძირითადი მახასიათებელია თვითმსგავსების თვისება, რაც გამოიხატება მამაფრაქტალის და გენეტიკური კოდის საშუალებით, რომლებიც საშუალებას იძლევა დედაფრაქტალიდან შესაბამისი რეკურსით (რეკურენტული ფორმულით) მივიღოთ დინამიკური ფრაქტალი.

განვიხილოთ $z = x + iy$ კომპლექსური ცვლადი და კომპლექსური რიცხვი $c = a + ib$. მათი საშუალებით შევადგინოთ რეკურენტული ფორმულა:

$$z_{n+1} = z_n^2 + c, \quad (1)$$

რომელიც შვეიძლია გადავწეროთ სხვა სახითაც, თუ გამოვყოფთ მასში ნამდვილ და წარმოსახვით ნაწილებს, მართლაც:

$$x_{n+1} + iy_{n+1} = (x_n + iy_n)^2 + a + ib, \quad (2)$$

ანუ

$$x_{n+1} = x_n^2 - y_n^2 + a, \quad (3)$$

$$y_{n+1} = 2x_n y_n + b. \quad (4)$$

განვიხილოთ კონკრეტული შემთხვევა, როცა

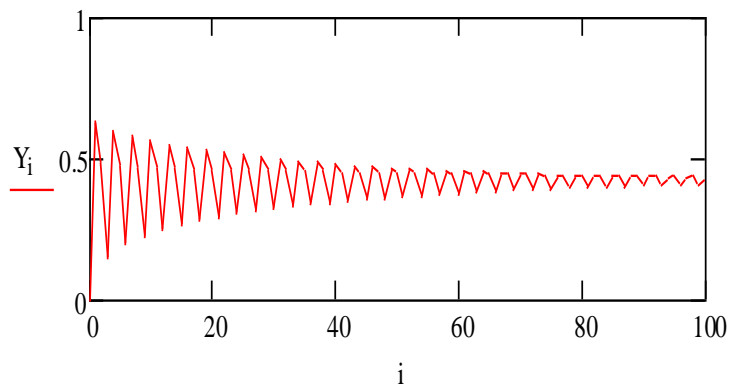
$$x_0 = 0, y_0 = 0, a = -0.1194, b = 0.6289. \quad (5)$$

შევადგინოთ პროგრამა და გამოვთვალოთ (x_i, y_i) წერტილების მნიშვნელობები $n = \overline{1,100}$ მნიშვნელობებისათვის, რომლის გრაფიკიც მოცემულია 1-ელ ნახაზზე, ხოლო შესაბამისი სისტემის ფაზური პორტრეტი კი – 1.ა ნახაზზე.

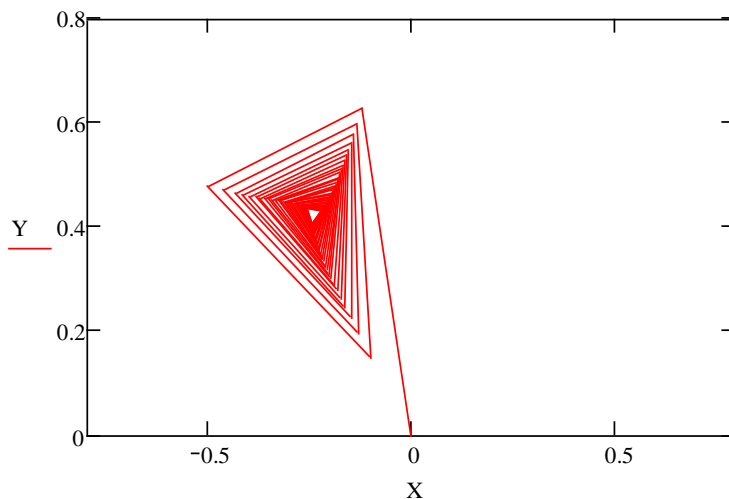
შევადგინოთ შესაბამისი პროგრამა და ვაწარმოოთ გამოთვლა Mathcad პროგრამის ბაზაზე:

$$X_0 := 0 \quad Y_0 := 0 \quad i := 0..100$$

$$a_i := -0.1194 \quad b_i := 0.6289 \quad \begin{pmatrix} X_{i+1} \\ Y_{i+1} \end{pmatrix} := \begin{bmatrix} (X_i)^2 - (Y_i)^2 + a_i \\ 2 \cdot X_i \cdot Y_i + b_i \end{bmatrix}$$

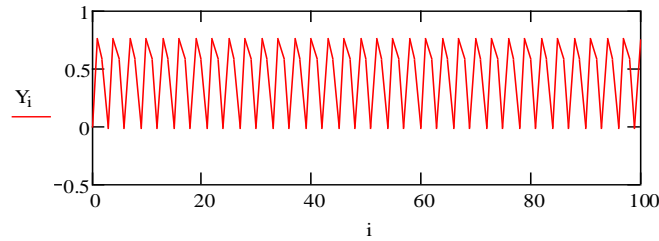


ნახ.1. დისკრეტული დინამიკური სისტემის დინამიკა, $a = -0.1194$, $b = 0.6289$

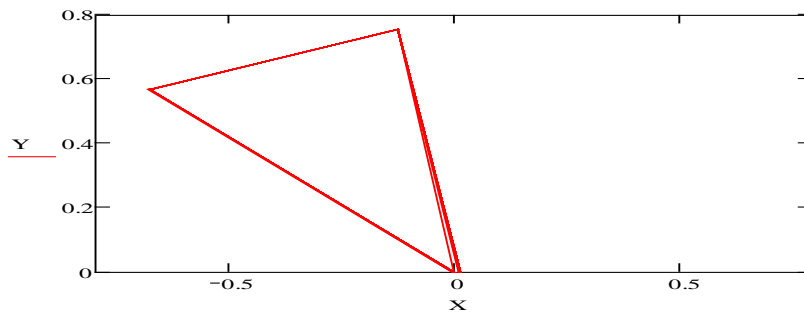


ნახ.1.ა. დისკრეტული დინამიკური ფრაქტალის ორბიტა, როცა $a = -0.1194$, $b = 0.6289$

ანალოგიურად, თუ $(a;b)$ პარამეტრების მნიშვნელობებია $a = -0.1244$, $b = 0.756$, გვექნება პერიოდულად ცვლადი დინამიკური სისტემა (ნახ.2), ხოლო შესაბამისი ფაზური პორტრეტს ექნება სახე (ნახ. 2.ა).

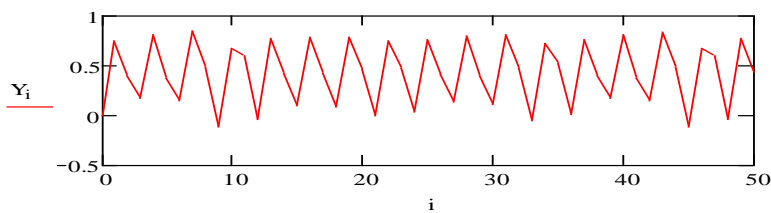


ნახ. 2. დისკრეტული დინამიკური სისტემის დინამიკა, როცა $a = -0.1244$, $b = 0.756$



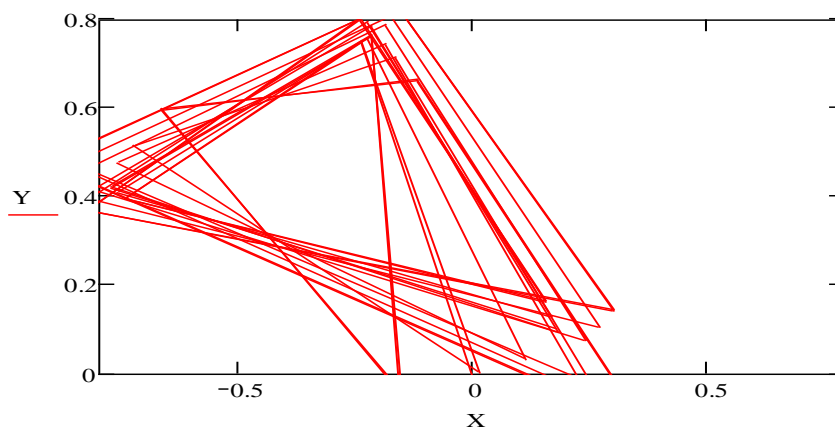
ნახ. 2.ა. დისკრეტული, სამის პერიოდის მქონე, დინამიკური სისტემის პერიოდული ორბიტა, როცა $a = -0.1244$, $b = 0.756$

თუ (a; b) პარამეტრების მნიშვნელობებია $a = -0.237$, $b = 0.75$,



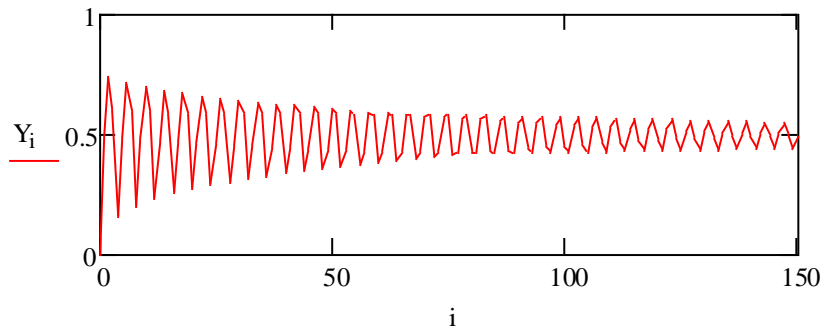
ნახ.3. დისკრეტული ქაოსური სისტემის დინამიკა, როცა $a = -0.237$, $b = 0.75$

გვექნება ქაოსური დინამიკური სისტემა (ნახ.3), შესაბამისი ფაზური პორტრეტით (ნახ.3.ა).



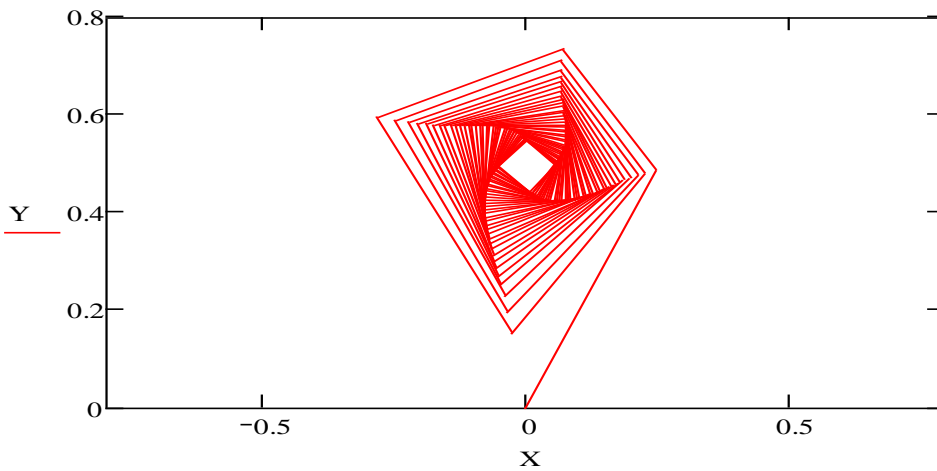
ნახ. 3.ა. დისკრეტული ქაოსური, უსასრულობისკენ მიმავალი სისტემის ორბიტა, როცა $a = -0.237$, $b = 0.75$

თუ (a; b) პარამეტრების მნიშვნელობებია $a = 0.25$, $b = 0.49$,



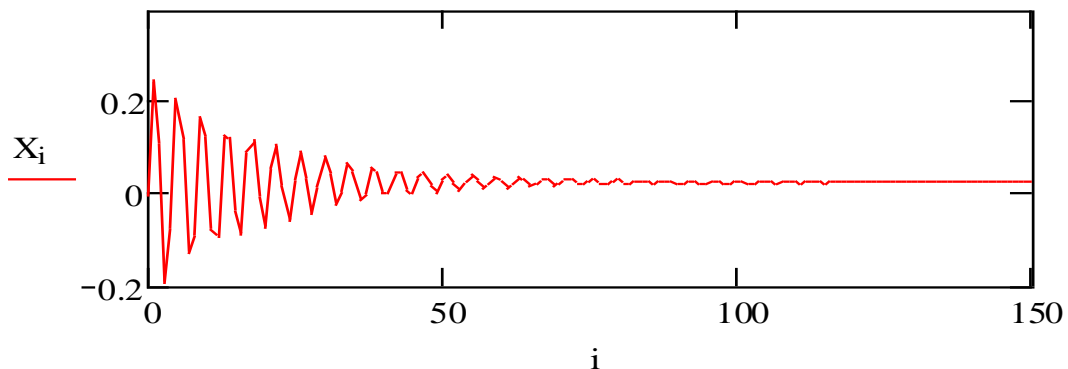
ნახ. 4. ფრაქტალური ცენტრისკენ მიმავალი სისტემა

მაშინ გვექნება ფრაქტალური ცენტრისაკენ მიმავალი სისტემის დინამიკა (ნახ.4), რომლის ფაზურ პორტრეტს აქვს ფრაქტალური ორბიტის სახე (ნახ.4.ა).

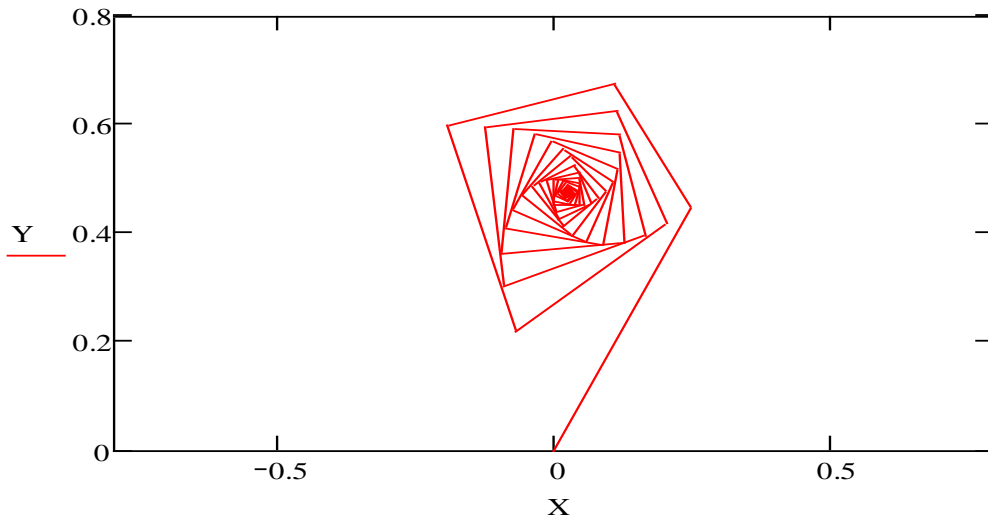


ნახ. 4.ა. ფრაქტალური ცენტრისკენ კრებადი სისტემის ორბიტა, როცა $a = 0.25$, $b = 0.49$

თუ განვიხილავთ (a; b) პარამეტრების მნიშვნელობებს: $a = 0.25$, $b = 0.45$, მაშინ კვლავ გვაქვს ცენტრისაკენ კრებადი დინამიკური სისტემა (ნახ.5), შესაბამისი ფაზური პორტრეტით (ნახ. 5.ა).

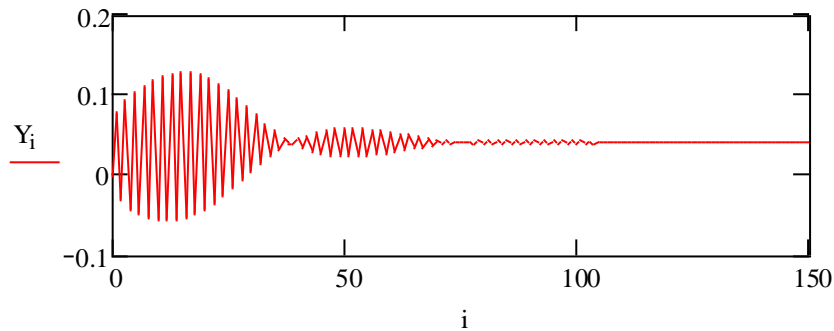


ნახ. 5. ფრაქტალური ცენტრისაკენ მიმავალი სისტემის დინამიკა, როცა $a = 0.25$, $b = 0.45$

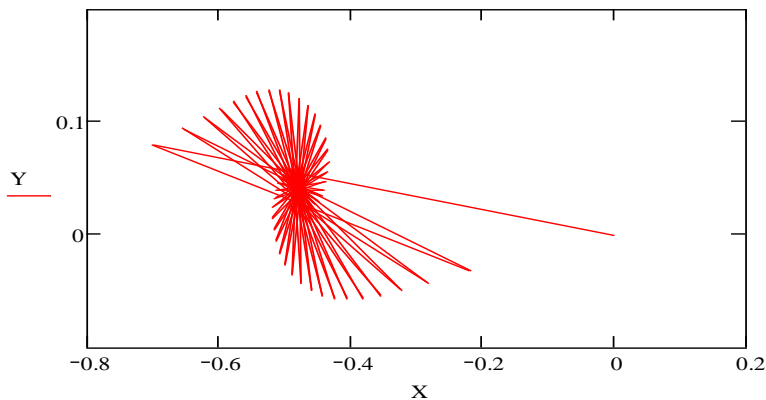


ნახ. 5.ა. ფრაქტალური ცენტრისკენ კრებადი სისტემის ორბიტა, როცა $a = 0.25$, $b = 0.45$

განვიხილოთ (a; b) პარამეტრების მნიშვნელობებს: $a = -0.7$, $b = 0.08$, მაშინ კვლავ გვაქვს ცენტრისკენ კრებადი დინამიკური სისტემა (ნახ.6), შესაბამისი ფაზური პორტრეტით, რომელიც გამოსახავს დინამიკური სისტემის ორბიტას (ნახ. 6.ა).

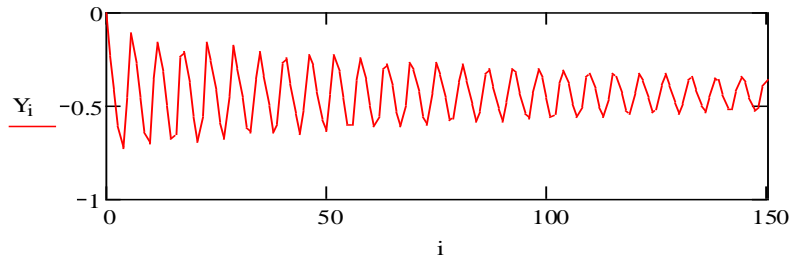


ნახ. 6. ფრაქტალური ცენტრისკენ მიმავალი სისტემის დინამიკა, როცა $a = -0.7$, $b = 0.08$

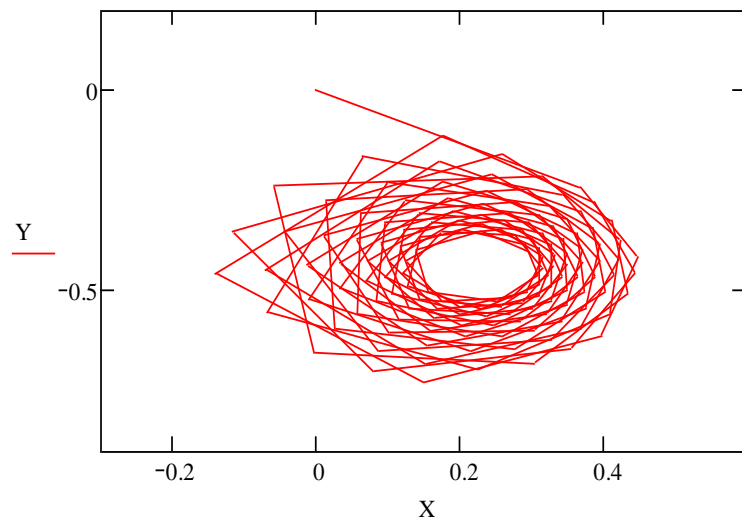


ნახ. 6.ა. ფრაქტალური ცენტრისკენ კრებადი სისტემის ორბიტა, როცა $a = -0.7$, $b = 0.08$

განვიხილო (a; b) პარამეტრების მნიშვნელობებს: $a = 0.37$, $b = -0.24$, მაშინ კვლავ გვაქვს ცენტრისაკენ კრებადი დინამიკური სისტემა ნახ. 7, შესაბამისი ნახ.7, შესაბამისი ნახ. 7.a, ფაზური პორტრეტით, რომელიც გამოსახავს დინამიკური სისტემის ორბიტას.

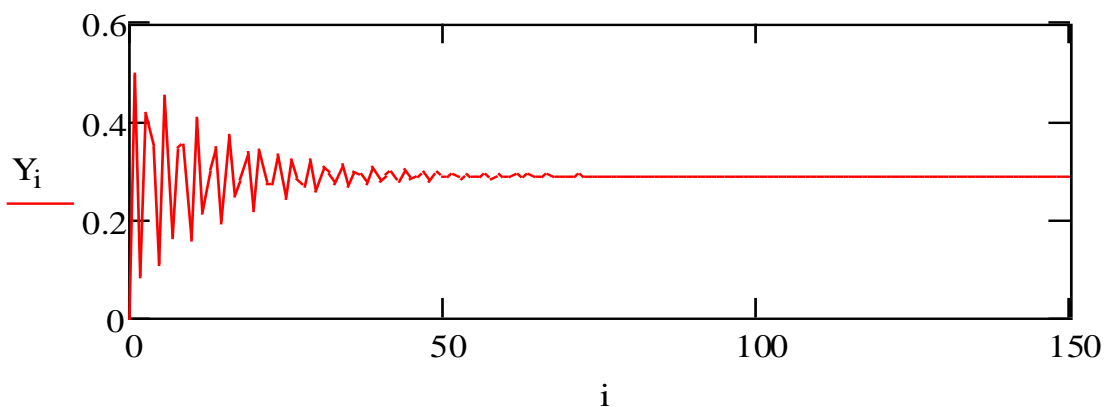


ნახ. 7. ფრაქტალური ცენტრისკენ მიმავალი სისტემის დინამიკა, $a = 0.37$, $b = -0.24$

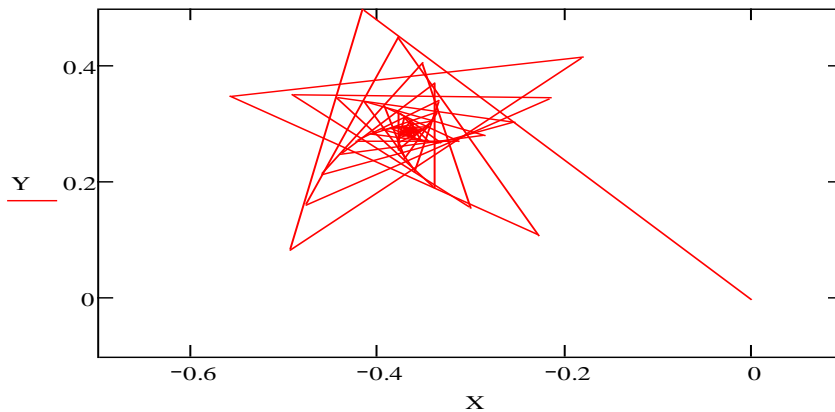


ნახ. 7.ა. ფრაქტალური ცენტრისკენ კრებადი სისტემის ორბიტა, როცა $a = 0.37$, $b = -0.24$

განვიხილოთ (a; b) პარამეტრების მნიშვნელობები: $a = -0.4161$, $b = 0.5$, მაშინ კვლავ გვაქვს ცენტრისაკენ კრებადი დინამიკური სისტემა ნახ. 8, შესაბამისი ფაზური პორტრეტით, რომელიც გამოსახავს დინამიკური სისტემის ორბიტას (ნახ. 8.ა).



ნახ. 8. ფრაქტალური ცენტრისკენ მიმავალი სისტემის დინამიკა, როცა $a = -0.4161$, $b = 0.5$



ნახ. 8. ა. ფრაქტალური ცენტრისკენ კრებადი სისტემის ორბიტა, როცა $a = -0.4161$, $b = 0.5$

განვიხილოთ (3) და (4) იტერაციული ფორმულებით მოცემული დისკრეტული დინამიკური სისტემის (x, y) ორბიტები, რომლებიც წარმოიშობა სისტემის სხვადასხვა საწყისი (a, b) პირობების შემთხვევაში. ნახ.1.ა. არის დისკრეტული დინამიკური ფრაქტალი, რომელიც წარმოიშობა (5) საწყისი პირობების შემთხვევაში და მიისწრაფვის $(-0.2381; 0.4242)$ მიზიდულობის ცენტრისაკენ. ნახ. 2.ა. არაა ფრაქტალი, ის არის პერიოდული ორბიტა, რომლის პერიოდიცაა სამი, თუმცა, მისი საწყისი პირობები დიდად არ განსხვავდება წინა (ნახ.1.ა) ფრაქტალის საწყისი პირობებისაგან. ნახ.3.ა არის უსასრულობისკენ მიმავალი იტერაციული ორბიტა, რომელიც შეესაბამება ქაოსურ სისტემას. ამრიგად, ჩვენ განვიხილეთ სამი სხვადასხვა ტიპის ორბიტა: ა) ფრაქტალური, მიზიდულობის ცენტრისკენ მიმავალი ორბიტა (ნახ.1.ა; 4ა-8ა); ბ) პერიოდული ორბიტა (ნახ.2.ა); გ) ქაოსური, უსასრულობისკენ მიმავალი ორბიტა (ნახ.3.ა). ყველაზე მეტ ყურადღებას იმსახურებს ფრაქტალური ორბიტები.

1. ფრაქტალური ორბიტები და ჟულიას სიმრავლეები

განვიხილოთ უფრო დეტალურად (1) დისკრეტული დინამიკური სისტემა, რათა გავერკვეთ თუ, რატომ არსებობს საწყის მონაცემებსა და პარამეტრის არჩევაზე დამოკიდებული სამი სხვადასხვა ტიპის ორბიტა [4-7].

ამ პრობლემის შესწავლის მიზნით, განვიხილოთ ჯერ (1) დინამიკური სისტემის მსგავსი, ნამდვილი ცვლადის (6) დინამიკური სისტემა:

$$f(x): x_{n+1} = x_n^2 + a, \quad a = \text{const}. \quad (6)$$

დავუშვათ, რომ $a = 0$, მაშინ (6) სისტემა მიიღებს სახეს:

$$x_{n+1} = x_n^2. \quad (7)$$

ამ სისტემის უძრავი (წონასწორობის) წერტილების საპოვნელად უნდა ვიგულისხმოდ, რომ

$$x_{n+1} = x_n = x_0. \quad (8)$$

მაშინ (7) იტერაციული ფორმულიდან მივიღებთ, რომ

$$x_0 = x_0^2 \text{ ანუ } x_0 = 0 \vee x_0 = 1 \vee x_0 = \infty. \quad (9)$$

რაც იმას ნიშნავს, რომ (7) დინამიკურ სისტემას აქვს სამი წერტილი $x_0 = 0$, $x_0 = \infty$ და $x_0 = 1$.

შევისწავლოთ მათი მდგრადობის საკითხი. ამისათვის, წონასწორობის წერტილს უნდა მივცეთ მცირე ნაზრდი $0 < \delta_n \ll 1$ და (7) სისტემიდან გამომდინარე შევისწავლოთ ნაზრდის დინამიკა. თუ ის იზრდება, მაშინ შესაბამისი წერტილი არაა მდგრადი, ხოლო თუ უფროსკენ მიისწრაფვის, მაშინ გვაქვს მდგრადობა. განვიხილოთ ცალ-ცალკე წონასწორობის წერტილების მდგრადობის საკითხი.

ა) $x_0 = 0$. მაშინ განვიხილავთ ამ წერტილის შემოფოთებას ანუ $x_n = 0 + \delta_n$. (10)

თუ გავითვალისწინებთ (7) სისტემის სახეს, გვექნება

$$\delta_{n+1} = \delta_n^2 \quad (11)$$

რაც ნიშნავს, რომ

$$\frac{\delta_{n+1}}{\delta_n} = \delta_n \ll 1, \quad (12)$$

მაშასადამე,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \delta_n = 0. \quad (13)$$

ე.ი. წონასწორობის წერტილი $x_0 = 0$ მდგრადია. ეს ნიშნავს, რომ ჩვენ თუ ავიღებთ სისტემის საწყის მდებარეობად $|x_0| < 1$ მნიშვნელობას, მაშინ სისტემას აქვს ფრაქტალური მიზიდვის ცენტრი $x = 0$ და ნებისმიერი ასეთი $|x_0| < 1$ საწყისი პირობის შემთხვევაში, მისი ორბიტა მიიზიდება ამ ცენტრის მიერ. ასევე, მიზიდულობის ცენტრია $x_0 = \infty$ და მისკენ მიიზიდება ისეთი წერტილების ორბიტები, რომელთათვისაც $|x_0| > 1$.

ბ) $x_0 = 1$. მაშინ განვიხილავთ ამ წერტილის შემოფოთებას ანუ

$$x_n = 1 + \delta_n. \quad (14)$$

თუ გავითვალისწინებთ (7) სისტემის სახეს, გვექნება

$$1 + \delta_{n+1} = (1 + \delta_n)^2, \quad \text{ანუ} \quad (15)$$

$$1 + \delta_{n+1} = 1 + 2\delta_n + \delta_n^2, \quad \text{მაშინ} \quad (16)$$

$$\frac{\delta_{n+1}}{\delta_n} = 2 + \delta_n. \quad (17)$$

და რადგან $0 < \delta_n \ll 1$, მივიღებთ რომ

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \delta_n = \infty. \quad (18)$$

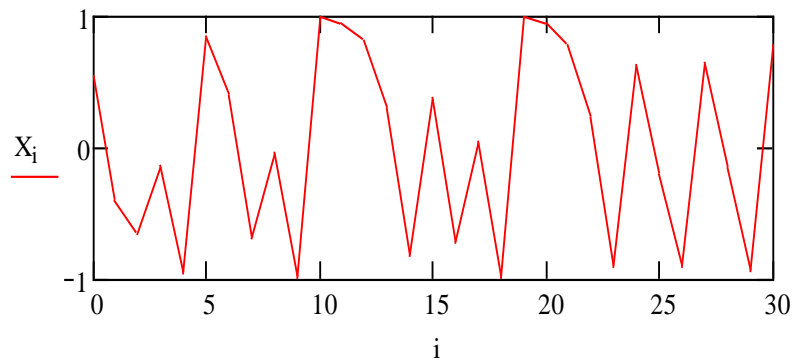
რაც იმას ნიშნავს, რომ $x_0 = 1$ წონასწორობის წერტილი არაა მდგრადი. მაშასადამე, თუ სისტემის საწყისი მდგომარეობა $x_0 = 1$ მაშინ მცირე შემოფოთებაც კი საკმარისია რომ სისტემის ორბიტა წავიდეს უსასრულობაში, თუმცა შემოფოთების არ არსებობის შემთხვევაში არ არსებობის შემთხვევაში, სისტემა იძლევა პერიოდულ პროცესს. თუ საწყისი მნიშვნელობა $|x_0| > 1$, მაშინ სისტემა იძლევა უსასრულობაში მიმავალ ორბიტას. ეს სამი შემთხვევა მოცემულია 1.ა - 3.ა ნახაზებზე.

ახლა განვიხილოთ კომპლექსური ცვლადების შემთხვევა (1).

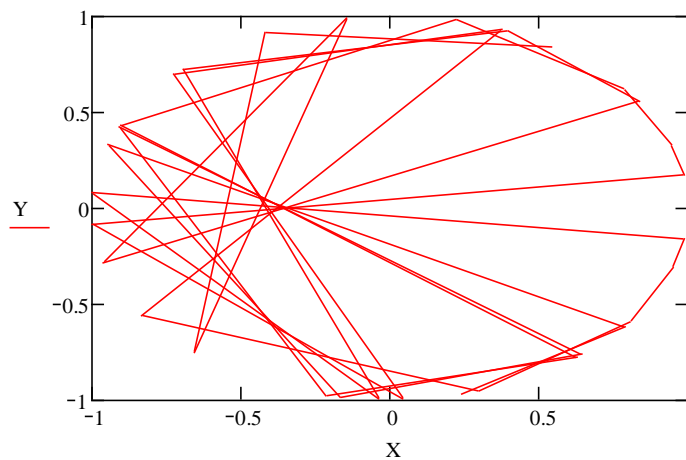
$$z_{n+1} = z_n^2 + c. \quad (19)$$

თუ იტერაციის რომელიმე ბიჯზე $|z_n| > 1$ მაშინ ფუნქცია მოგვცემს უსასრულობაში მიმავალ ორბიტას. არსებობს ზღვრული შემთხვევა $|z_n| = 1; c = 0$.

მაგალითად, თუ $x_0 = \cos 1; y_0 = \sin 1$, მაშინ წერტილები ლაგდებიან ერთეულოვანი რადიუსის წრეწირზე, თუმცა, რამდენიმე ბიჯის შემდეგ თანდათან ცილდებიან მას ნახ.9, ნახ.9.ა. ითვლება რომ, წრეწირზე მდებარე წერტილები არამდგრადია და ისინი ან მოგვცემენ უსასრულობაში მიმავალ ორბიტას ან მიიზიდებიან წრის რომელიმე შიგა წერტილის მიერ.



ნახ. 9. სისტემის დინამიკა როცა $|z_n| = 1; c = 0$



ნახ. 9. ა. დისკრეტული დინამიკური სისტემის ორბიტას, როცა $|z_n| = 1; c = 0$

$f(z)$ ფუნქციის $J(f)$ ჟულიას სიმრავლე, ეწოდება იმ z წერტილების სიმრავლის საზღვარს რომელთა ორბიტაც უსასრულობისკენ მიდის n -თან ერთად:

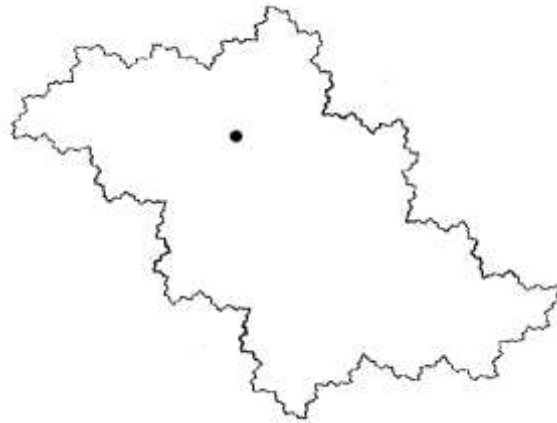
$$J(f) = \partial \left\{ z: \lim_{n \rightarrow \infty} z_n \rightarrow \infty \right\}. \quad (20)$$

ან სხვანაირად:

$J(f)$ ჟულიას სიმრავლე არის f ფუნქციის ყველა მიზიდულობის წონასწორობის წერტილის (მათ შორის ∞ -ის), მიზიდულობის ველის საზღვარი.

უმარტივესი $z_{n+1} = z_n^2$ სისტემისათვის ჟულიას სიმრავლეს აქვს სახე $|z| = 1$. აქ გვაქვს ქაოსი, თუმცა ეს სიმრავლე არ წარმოადგენს ფრაქტალს, მაგრამ როგორც წესი, ჟულიას სიმრავლე ფრაქტალია [21]. ამიტომ როგორც წესი, განიხილავენ მოცემული c მნიშვნელობისათვის z -ის ისეთ მნიშვნელობებს, რომელთათვისაც $|z| < 2$ და შესაბამისი წერტილების სიმრავლე ჟულიას შიდა სიმრავლეს უწოდებენ. ითვლება, რომ თუ $|z| > 2$ მაშინ შესაბამისი ორბიტა მიდის უსასრულობისაკენ. ჟულიას შიდა სიმრავლის საზღვარს ჟულიას წირს უწოდებენ. ხოლო ჟულიას წირის დამატებით სიმრავლეს - ფატუს სიმრავლეს [4], [22].

1.ა ნახაზზე გამოსახულ დისკრეტული დინამიკური სისტემის შესაბამის ჟულიას სიმრავლეს აქვს სახე (ნახ.10).



ნახ.10. დისკრეტული დინამიკური სისტემის ჟულიას სიმრავლე, რომლის ორბიტაც გამოსახულია ნახ.1. ა -ზე

განვიხილოთ $z_{n+1} = z_n^2 + c$ სქემისათვის ჟულიას შიდა სიმრავლის აგების პროგრამა ფსევდოკოდებში, სადაც $c = a + ib$:

მონაცემების შეტანა:

a, b

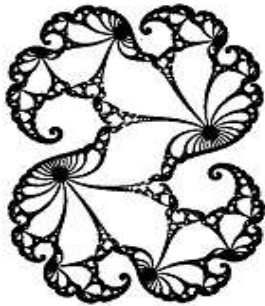
(c, d) (ფანჯრის ცენტრი)

s (ფანჯრის ზომები)

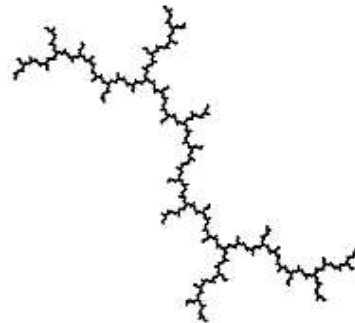
p (პიქსელების რაოდენობა ფანჯრის ყოველ გვერდში) შედეგების გამოტანა:

ჟულიას შიდა სიმრავლის გამოსახვა ინიციალიზაცია:

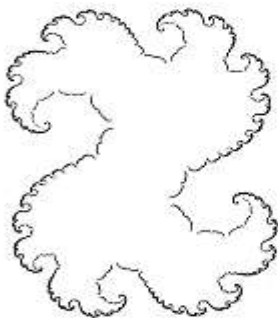
უფრო ხშირად განიხილავენ ჟულიას შიდა სიმრავლის საზღვარს და მას უწოდებენ ჟულიას წირს, რომელთა მაგალითებიც გამოსახულია 11 -14 ნახაზებზე.



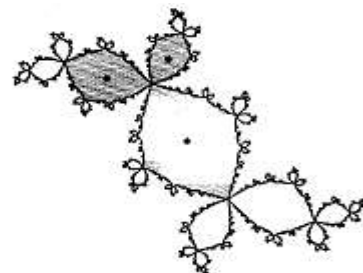
ნახ.11. ჟულიას წირი. პარაბოლური შემთხვევა, როცა $c = -0.48 - 0.53i$



ნახ.12 ჟულიას წირი. დენდრიტი როცა $c = i$



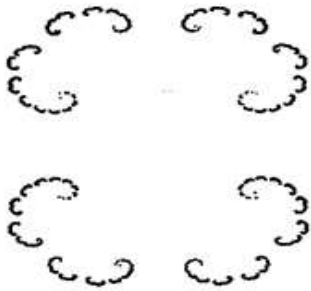
ნახ.13. ჟულიას წირი როცა $c = -0.32 + 0.043i$



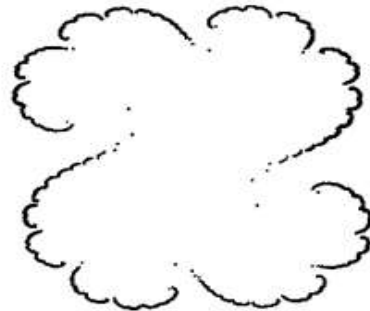
ნახ.14. დისკრეტული სამის პერიოდის მქონე დინამიკური სისტემის ჟულიას სიმრავლე, რომლის ორბიტაც გამოსახულია 2.ა ნახაზზე

4. მანდელბროტის სიმრავლე

როგორც უკვე ვიცით, $f(z) = z^2 + c$ ფუნქციის ჟულიას სიმრავლე შეიძლება იყოს სხვადასხვა ტიპის, იმის მიხედვით თუ როგორია c პარამეტრის მნიშვნელობა. ამის მიუხედავად, ამ ფუნქციისათვის არსებობს მხოლოდ ორი ტიპის ჟულიას სიმრავლე: ა) ბმული სიმრავლე; ბ) სრულიად არა ბმული. ბმული ჟულიას სიმრავლეები ერთმანეთისაგან შეიძლება წარმოადგენდნენ შეკრულ წირებს ფრაქტალური სტრუქტურით, როგორც მაგალითად, $0 < |c| < 0.25$ შემთხვევაში; ხოლო სრულიად არაბმულ ჟულიას სიმრავლეებს აქვთ კანტორის მტვერის გეომეტრიული სტრუქტურა (ნახ.15, 16).

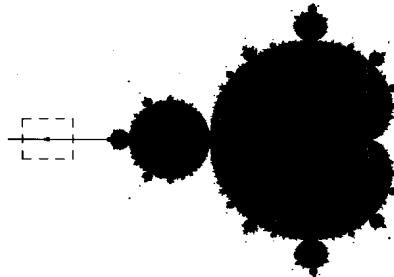


ნახ.15 ჟულიას სიმრავლე, როცა $c=0.5$



ნახ.16. ჟულიას სიმრავლე, როცა $c = 0.31 + 0.04i$

მოცემული $f(z) = z^2 + c$ ფუნქციის ჟულიას სიმრავლის ტიპის ინდიკატორს წარმოადგენს მისი მანდელბროტის სიმრავლე, რომლის ყველა შიგა c წერტილს შეესაბამება ბმული ჟულიას სიმრავლე (ნახ.17).



ნახ.17. მანდელბროტის სიმრავლე

მანდელბროტის სიმრავლის ყოველ c წერტილს შეესაბამება ბმული ჟულიას სიმრავლე, ხოლო მის დამატებით სიმრავლეს კი სრულიად არაბმული ჟულიას სიმრავლე (კანტორის მტვერი).

განსაზღვრება: $f(z) = z^2 + c$ ფუნქციის მანდელბროტის სიმრავლე ეწოდება ისეთი $c \in \mathbb{C}$ კომპლექსური რიცხვების სიმრავლეს, რომლებსთვისაც 0 წერტილის ორბიტები შემოსაზღვრულია.

2. დასკვნა

როგორც ვხედავთ, ისეთი მარტივი ერთბიჯიანი იტერაციული სისტემებისათვისაც კი, როგორცაა კვადრატული ასახვით წარმოქმნილი სქემა, დამახასიათებელია გეომეტრიულად არარეგულარული რეჟიმების არსებობა. თუმცა, ცოცხალი სისტემებისათვის დამახასიათებელი „არჩევანის თავისუფლება“, რასაც გამოხატავენ ხოლმე ასახვის დაკავშირებით შემთხვევით პროცესებთან, განაპირობებს ფრაქტალური პორტრეტების მრავალფეროვნებას.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Mandelbrot B. (2002). Fractal geometry of nature. Transl. from English. Izhevsk (in Russian)
2. Lauwerier H.A. (1991). Fractals – images of chaos. Princeton Univ., press
3. Kronover P.M. (2000). Fractals and Chaos in Dynamic Systems. Transl. from English. –M., (in Russian)
4. Julia G. (1918). Memoir sur l’iteration des fonctions rationnelles. J. de Mathematiques pures et appliquees, v. 1, Paris
5. Mandelbrot B. (2004). Fractals, Cases and Finance. Transl. from French. Izhevsk, -M. (in Russian)
6. Mandelbrot B. (2009). Fractals and chaos. The Mandelbrot Set and Other Miracles. Transl. from English. Izhevsk, -M. (in Russian)
7. Richardson L.F.(1922). Weather prediction by numerical process. Cambridge University press

(სტატია მიღებულია 24.04.2024)

SIMULATION OF DISCRETE DYNAMIC FRACTALS AND JULIA SETS

Obgadze Tamaz, Kunchulia Nikaoloz

Academy of Sciences of Tskhum-Abkhazia,
LLC Almasi Scientific Production Company

tamaz@mail.ru; nikakunchulia3@gmail.com

Summary

The paper deals with fractals arising in discrete dynamical systems. The system of iterated functions arising from quadratic mappings has been studied. The Julia sets and the Mandelbrot set of corresponding constant mappings are constructed

(Received 24.04.2024)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ФРАКТАЛОВ И МНОЖЕСТВ ЖУЛИА

Обгадзе Т., Кунчулия Н.

Академия наук Цхум-Абхазии,

ООО научно-производственная форма Алмаси

tamaz@mail.ru; nikakunchulia3@gmail.com

Резюме

Рассматриваются фракталы, возникающие в дискретных динамических системах. Изучены система итерированных квадратических функций. Строятся графические картины множества Жюлиа и соответствующие множества Мандельброта.

(Поступила 24.04.2024)

ეროვნული თვითმყობადობის ინდექსის დინამიკის მათემატიკური მოდელირება

თამაზ ობგაძე, სესილი თანდილაშვილი

შპს სამეცნიერო-საწარმოო ფირმა ალმასი

tamaz@mail.ru; sesilitandilashvili@yahoo.com

რეზიუმე

შესწავლილია ქართული ხასიათის ის მთავარი ელემენტები, რაც განაპირობებს ეროვნული თვითმყობადობის საფუძველს. გამოყოფილია კავკასიური კულტურის ძირითადი საბაზისო ელემენტები და ქართული ბაზისისათვის დამახასიათებელი ის დამატებითი პარამეტრები, რაც ქმნის ქართულ ხასიათს. ჩამოყალიბებულია, ეროვნული თვითმყობადობის დინამიკის განმსაზღვრელი, აგრეგირებული პარამეტრების საბაზისო სისტემა. შემოღებულია ეროვნული თვითმყობადობის ინდექსის ცნება. შესწავლილია, გლობალიზაციის გავლენა ეროვნული თვითმყობადობის ინდექსის ზრდაზე. ჩამოყალიბებულია ეროვნული თვითმყოფადობის ზრდის შემაფერხებელი მიზეზების სისტემა და აგებულია ეროვნული თვითმყობადობის ინდექსის დინამიკის შესაბამისი მათემატიკური მოდელი საქართველოს 1990-2023 წლების მონაცემების გათვალისწინებით.

საკვანძო სიტყვები: ეროვნული თვითმყობადობის ინდექსი. გლობალიზაცია. საბაზისო სისტემა. საქართველოს ეთნო-კულტურული ევოლუცია.

1. ქართული ხასიათი

სოციალურ-პოლიტიკური სისტემა ხასიათდება მრავალი სხვადასხვა პარამეტრით: ეკონომიკური, სოციალური, კულტურული, ეთნიკური, ტერიტორიული, პოლიტიკური, ისტორიული, ენობრივი, რელიგიურ-ეთიკური შინაარსის და ა.შ. ჩვენი ამოცანის მიზანია, შევისწავლოთ საქართველოს თვითმყობადობის განვითარების შესაძლო სცენარები და იმ პარამეტრების დინამიკა, რომლებიც განმსაზღვრელია ჩვენი ამოცანიდან გამომდინარე. ვირჩევთ იმ პარამეტრებს, რომლებიც ახასიათებს განსახილველი სისტემის აგრეგირებულ პარამეტრებს ანუ პარამეტრებს, რომლებიც საშუალებას იძლევა ავსახოთ ამა თუ იმ შინაარსის გლობალურ-ჯამური ყოფაქცევა. ეს შესაძლებელს ხდის აიგოს მოცემული სისტემის ევოლუციური მათემატიკური მოდელი.

საქართველოს ეროვნული თვითმყობადობის დინამიკა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული კავკასიელთა კულტურისათვის დამახასიათებელ ისეთ ფაქტორებთან, როგორცაა *უფროსების მიმართ მოკრძალებული დამოკიდებულება, ტრადიციების პატივისცემა, ტრადიციული ცეკვებისა და სიმღერების სიყვარული, ქალისა და დედის კულტი, ვაჟკაცური (რაინდული) ცხოვრების წესი, მეგობრისადმი ერთგულება, მტრისადმი დაუმორჩილებლობა;* ქართველისათვის, ამას ემატება *საკუთარი ენისა და ლიტერატურული მემკვიდრეობის პატივისცემა* (განსაკუთრებულად ამაყობენ ქართველები შოთა რუსთაველის "ვეფხისტყაოსნით"), *მართლმადიდებლური რწმენისადმი ფაქიზი დამოკიდებულება*, რაც დაკავშირებულია ჩვენი ეთნოსის ცხოვრების წესთან და ისტორიულ წარსულთან (ქართველები ამაყობენ იმ 100000 ქართველით, რომლებმაც მტერს უარი უთხრა მართლმადიდებლური ხატების შეურაცხყოფაზე და თავის მოკვეთით სიკვდილი არჩია რწმენის ღალატს). არ

შეიძლება არ აღინიშნოს ქართული ეთნოსის განსაკუთრებული სიყვარული სამშობლოსადმი, რომელიც ხშირად, დედის სიყვარულის რანგში ადის. ამიტომაც, რომ ემიგრანტი ქართველისათვის (სხვებისაგან განსხვავებით), ნოსტალგია მოუჩვენებელი ავადმყოფობაა. ხშირად, ქართული მუსიკისა თუ კულტურის სხვა გამოვლინებასთან შეხვედრა, ემიგრანტის თვალეზში მონატრების ცრემლს აჩენს და აშიშვლებს ნოსტალგიის უდიდეს ტკივილს. არ შეიძლება დავივიწყოთ ჩვენი გმირული საბრძოლო წარსული. საქართველო ყოველთვის ამაცობდა თავისი გმირებით. ქართული ხასიათის ფორმირებაში დიდი როლი შეასრულა ვაჟმა და ქართულმა ღვინომ, საქართველო ხომ ღვინის სამშობლოა. საყოველთაოდ ცნობილია ქართული სუფრის კულტურა. მაშინ როცა, მსოფლიოს უმრავლეს ქვეყანაში სასმელი თრობისა და დროსტარების საშუალება იყო, საქართველოში ქართული სუფრა იყო თაობათა შორის დაგროვილი ცოდნის გადაცემის ადგილი, ამიტომაცაა, რომ ქართველები ქართულ სუფრას აკადემიასაც უწოდებდნენ. ქართველებისათვის სტუმარი იმდენად სასურველ პიროვნებად ითვლებოდა, რომ არსებობს გამოთქმა: "სტუმარი ღვთისააო". საქართველო ხორბლის მრავალი ჯიშის სამშობლოცაა. ქართველების მიერ გამოჭედილი ხმალი საყოველთაოდ იყო ცნობილი. ქართველები ამაცი და თავმოყვარე, მშრომელი ხალხია (არსებობს ქართული გამოთქმა „ცდა ბედის მონახვერეაო“). აი ესაა, ის საბაზისო ელემენტები, რასაც ქართულ ხასიათს ვეძახით და ვამაყოფთ მისი არსებობით.

2. საქართველოს ეროვნული თვითმყოფადობის დინამიკის განმსაზღვრელი პარამეტრების დადგენა

ცხადია, რომ საქართველოს მოქალაქეთაგან (რომელთა საერთო რაოდენობაა $M(t)$), რაც უფრო მეტ ადამიანს აქვს ქართული ეროვნული ხასიათი და მაშასადამე, ეროვნული თვითმყოფადობის შენარჩუნების სურვილი (ვთქვათ მათი რაოდენობაა $N(t)$), მით უფრო მეტია ეროვნული თვითმყოფადობის შენარჩუნების ალბათობაც. ამიტომ ბუნებრივია, ეროვნული თვითმყოფადობის დინამიკური მახასიათებელი ანუ ეროვნული თვითმყოფადობის ინდექსი $I(t)$, განისაზღვროს როგორც ამ ორი პარამეტრის ფარდობა

$$I(t) = \frac{N(t)}{M(t)}. \quad (1)$$

ეროვნული თვითმყოფადობის ინდექსი იცვლება $I(t) \in [0; 1]$ შუალედში. ამ ინდექსის მნიშვნელობაა 1, როცა გვაქვს სრული ეროვნული თვითმყოფადობა; მნიშვნელობაა 0, თუ ქვეყანა სრულად კარგავს თვითმყოფადობის სურვილს და იქცევა მერკანტილურ, მანქურთთა ერთობად და მაშასადამე, რაც უფრო ახლოსაა ეს ინდექსი მნიშვნელობასთან ერთი, მით მეტია ქვეყნის ეროვნული სულისა და ხასიათის შენარჩუნების შესაძლებლობაც. ახლა შევისწავლოთ ეროვნული თვითმყოფადობის განმსაზღვრელი $M(t)$ და $N(t)$ პარამეტრების ცვლილების თავისებურებები, რისთვისაც გვჭირდება შესაბამისი მათემატიკური მოდელის შედგენა [1].

ცხადია, რომ მოსახლეობის $M(t)$ რაოდენობის ცვლილება, მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული რელიგიურ-ეთიკური გავლენის RE პარამეტრზე და სოციალურ-ეკონომიკური პოლიტიკის გავლენის XEC ფუნქციაზე.

ასევე, საქართველოს ეროვნული თვითმყოფადობის მსურველთა $N(t)$ რაოდენობის ცვლილება დამოკიდებულია რელიგიურ-ეთიკური გავლენის RE ფუნქციაზე, მასმედიის

გავლენის *IMAS* ფუნქციაზე და საქართველოს მოსახლეობის $M(t)$ რაოდენობის ივერი ფრანგიშვილის $IVPR(M, N(M, \dots))$ დინამიკურ ფუნქციაზე, ანუ გვაქვს განტოლებათა სისტემა

$$\dot{M} = f(RE, XEC), \tag{1}$$

$$\dot{N} = g(RE, IMAS) + IVPR(M, N). \tag{2}$$

თუ ამ განტოლებათა სისტემის მარჯვენა მხარის ფუნქციებს, გავშლით ტეილორის ფორმულით და შევინარჩუნებთ მხოლოდ წრფივ წევრებს, მივიღებთ

$$\dot{M} = \alpha_0 + \alpha_1 RE + \alpha_2 XEC, \tag{3}$$

$$\dot{N} = \beta_0 + \beta_1 IVPR(M_n, N_n) + \beta_2 RE + \beta_3 IMAS. \tag{4}$$

საწყის პირობებს აქვთ სახე:

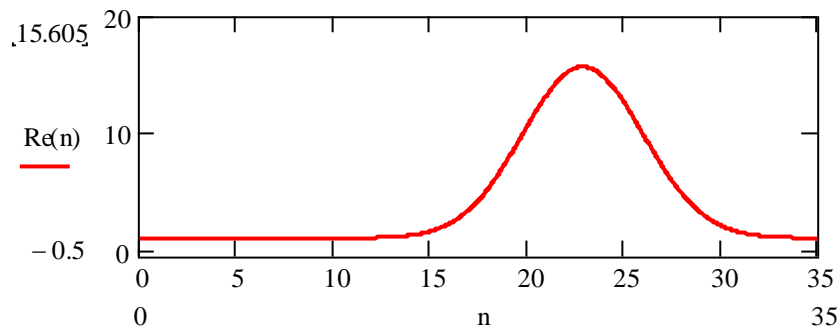
$$M(0) = 5.45, \tag{5}$$

$$N(0) = 4.8. \tag{6}$$

ამ ამოცანას ამოვხსნით რუნგე-კუტას მეთოდით ცვლადი ბიჯით.

ახლა განვიხილოთ მოდელის განმსაზღვრელი პარამეტრების დადგენის მეთოდიკა.

ამ პარამეტრების დინამიკის დასადგენად, საჭიროა, გამოვიყენოთ უახლესი ისტორიის 1990-2023 წლების გამოცდილება და შესაბამისი ინფორმაცია გადავამუშაოთ რეგრესიული ანალიზის ბაზაზე. მაშინ, $RE(n)$ რელიგიურ-ეთიკური გავლენის ფუნქციისათვის გვექნება გამოახლება (ნახ.1)



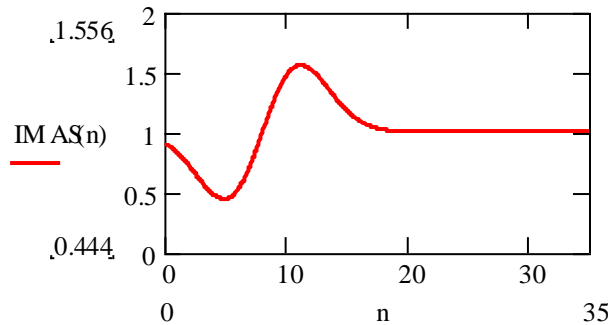
ნახ.1. რელიგიურ-ეთიკური გავლენის ფუნქციის გრაფიკი

ამ ნახაზზე, n - ის მნიშვნელობა 0 შეესაბამება 1990 წელს, რომელიც აღებულია საწყის დონედ, n - ის მნიშვნელობა 1 შეესაბამება 1991 წელს და ა.შ. როგორც ვხედავთ, რელიგიურ-ეთიკურის გავლენა სტაბილურად მცირე იყო 1990-2005 წლებში, ხოლო 2005-2012 წლებში მიმდინარეობდა რელიგიურ-ეთიკური განწყობების ზრდა, რამაც მიაღწია მაქსიმუმს 2012 წელს და შემდეგ დაიწყო ეთიკური ღირებულებების დათრგუნვის პროცესი (გადაჭარბებული მოლოდინების მსხვერვა), 2020 წლიდან კი რელიგიურ-ეთიკურის გავლენა დასტაბილურდა. ამ ფუნქციისათვის გვაქვს ანალიზური მიახლოება (7):

$$RE(n) = 0.029n^2 e^{-0.05(n-22)^2} + 1. \tag{7}$$

ანალოგიურად, მასმედიის გავლენის $IMAS(n)$ ფუნქციისათვის გვაქვს გრაფიკი (ნახ.2). მასმედიის გავლენის ფუნქცია დიდია, როცა საქმე გვაქვს მაღალპროფესიონალ ჟურნალისტიკასთან და სწორ ინფორმაციულ პოლიტიკასთან. უფრო მეტიც, მასმედიას შეუძლია ხალხის მასების ცნობიერებით მანიპულაცია; რასაც კარგად იყენებენ ფინანსურად უზრუნველყოფილი პოლიტიკოსები და უცხოური სპეცსამსახურები, არჩევნების წინა პერიოდში. თუმცა, როდესაც საქმე გვაქვს არაპროფესიონალიზმთან, მასმედიამ შეიძლება უკუეფექტიც კი

გამოიწვიოს (როცა ღალატობს ზომიერების გრძნობა, ნაკლებად იცნობს მოსახლეობის უმრავლესობის პრობლემებს და ინფორმაციის გადმოცემისას აღიზიანებს მტკივნეული თემებით).

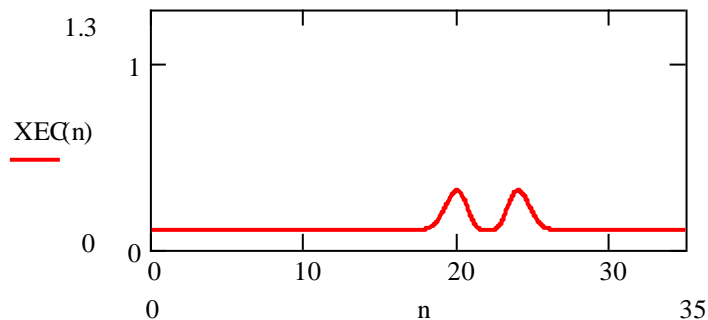


ნახ. 2. მასმედიის გავლენის ფუნქციის გრაფიკი

როგორც ვხედავთ, მასმედიის გავლენის ფუნქცია 1990-1995 წლებში მკვეთრად ეცემა 0.9 მნიშვნელობიდან 0.4 - მდე, ხოლო შემდგომში, ამ ფუნქციის გავლენა იზრდება 2000 წლამდე ანუ მოსახლეობა ენდობა მასმედიას. 2000 წლიდან იწყება მასმედიის გავლენის შემცირება და 2005 წელს სტაბილურდება. შესაბამისი ფუნქცია ანალიზურად გამოისახება ფორმულით (8):

$$IMA(n) := 0.29(n - 8) \cdot e^{-0.05(n-8)^2} + 1. \quad (8)$$

სოციალურ-ეკონომიკური პოლიტიკის გავლენის ფუნქციის გრაფიკს აქვს სახე ნახ. 3.



ნახ.3. სოციალურ-ეკონომიკური გავლენის ფუნქციის გრაფიკი

სოციალურ-ეკონომიკური გავლენის ფუნქცია ანალიზურად გამოისახება ფორმულით (9). გრაფიკიდან ნათლად ჩანს, რომ 1990-2008 წლამდე გვექონდა ეკონომიკური სტაგნაცია, 2008 წლიდან იწყება ეკონომიკის ზრდა (უცხოეთის დახმარება ომში ჩართვისათვის) 2010 წლამდე, შემდეგ იწყება სწრაფი ვარდნა და 2012 წლიდან იწყება ეკონომიკის გაჯანსაღება-სტაბილიზაცია. 2014-2020 წლებში გვექონდა ეკონომიკური ზრდა, შემდეგ ისევ დაცემა და სტაბილიზაცია:

$$XEC(n) = 0.1(n - 22)^4 e^{-0.5(n-22)^2} + 0.1. \quad (9)$$

ივერი ფრანგიშვილის $IVPR(M, N)$ დინამიკურ ფუნქციას 1990 წლიდან დაწყებული დროის ყოველი t - წლისათვის აქვს სახე (10):

$$IVPR(M, N) = 0.01M e^{(N-0.618M)0.02}. \quad (10)$$

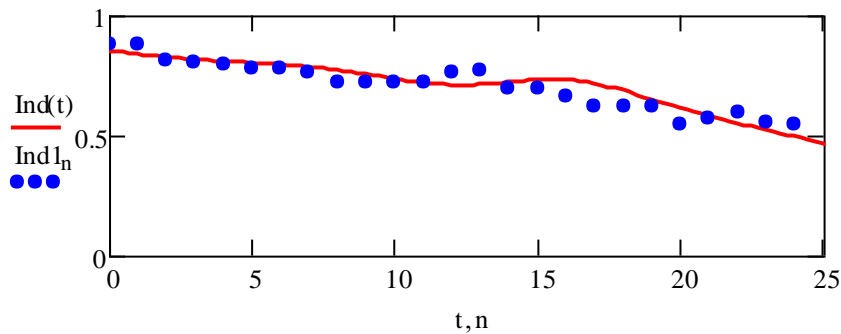
ივერი ფრანგიშვილის ფუნქცია $IVPR(M, N)$ გამოსახავს ივერის პოსტულატს, იმის შესახებ, რომ თუ ორგანიზაციულ სისტემაში დესტრუქციულ წევრთა რაოდენობამ გადააჭარბა ოქროს

კვეთიდან მოსულ რიცხვს 61.8%, მაშინ ორგანიზაციული სისტემა ვარდება შავი ხვრელის ატრაქტორში და საბოლოოდ იღუპება. ამ ფუნქციას ჩვენი ამოცანის შემთხვევაში შეესაბამება ის ფაქტი, რომ თუ ეროვნული თვითმყობადობის მსურველთა – ეროვნული მოსახლეობის ნაწილის საპირისპირო ანტიეროვნული - მანქურთული ძალები გადაჭარბებენ 62%-ს, მაშინ საქართველოს ეროვნული თვითმყობადობის ინდექსი დაიწყებს მონოტონურად დაცემას და საქართველო დარჩება ქართული სულის გარეშე. სხვანაირად რომ ვთქვათ, თუ ეროვნული თვითმყობადობის ინდექსის $I(t)$ მნიშვნელობა დაეცა და მიაღწია ზღვრულ 0.38 მნიშვნელობას, მაშინ ვედარაფერი გვიშველის გადაგვარებისაგან.

ჩვენ დისკრეტულ მათემატიკურ მოდელში (3), (4) განსასაზღვრავი დაგვრჩა მხოლოდ α_i , β_j $i = 0,2, j = 0,3$ კოეფიციენტები. ამ კოეფიციენტებს ვპოულობთ მოსახლეობის რაოდენობის დინამიკის ცნობილი სტატისტიკური მნიშვნელობების ბაზაზე, გაუსის უმცირეს კვადრატთა მეთოდის საშუალებით.

$$\alpha := \begin{pmatrix} 0.11 \\ 0.08 \\ -0.29 \end{pmatrix}; \quad \beta := \begin{pmatrix} -0.1 \\ 0.25 \\ 0.029 \\ -0.11 \end{pmatrix}.$$

აგებული მოდელიდან გამომდინარე, ეროვნული თვითმყობადობის ინდექსი აღიწერება მე-4 ნახაზის საშუალებით.



ნახ.4. ეროვნული თვითმყობადობის ინდექსის დინამიკა

უწყვეტი წირი გამოსახავს თეორიულ შედეგს, ხოლო წერტილები შეესაბამება ფაქტობრივ ანუ პრაქტიკულ-სტატისტიკური მონაცემების დონეს

როგორც ვხედავთ, 1992-2002 წლებში მიმდინარეობდა ეროვნული თვითმყობადობის ინდექსის ნელი შემცირება, ხოლო 2002-2005 წლებში მიმდინარეობდა ეროვნული ინდექსის სტაბილური ზრდა, შემდგომ 2005-2010 წლებში ინდექსი მცირდება, რაც მნიშვნელოვნად იყო განპირობებული ანტიეროვნული და ანტირელიგიური, მანქურთულ-სოროსული მასმედი-პროპაგანდით. 2012 წლიდან კი შეინიშნება ინდექსის დინამიკის შედარებითი სტაბილიზაცია.

3. დასკვნა

ინდექსის მნიშვნელობა (ნახ.4) ზღვრულს უახლოვდება, რაც იმას ნიშნავს რომ, თუ გვინდა შევინარჩუნოთ წინაპართა ღირსეული ტრადიციები, მაშინ აუცილებელია:

ა) სოროსის მავნე ორგანიზაციის გაუქმება საქართველოში და მისი მიმდევრებისათვის პოლიტიკური და ჟურნალისტური მოღვაწეობის აკრძალვა;

ბ) ეროვნულ-პატრიოტული მასმედია-პროექტების შემუშავება, სასკოლო პროგრამების ადაპტაცია ეროვნულ ინტერესებიდან გამომდინარე და სატელევიზიო – საინფორმაციო პოლიტიკის ეროვნული ინტერესების მიმართულებით წარმართვა.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Obgadze T. (2015). Mathematical Modeling. Monography. Georgian Technical University. Tbilisi, (in Georgian)

(სტატია მიღებულია 28.04.2024)

**MATHEMATICAL MODELING OF THE DYNAMICS
OF THE IDENTITY INDEX OF GEORGIA**

Obgadze Tamaz, Tandilashvili Cicely

Limited Liability Company Almasi,

Research and Production Company

tamaz@mail.ru; sesilitandilashvili@yahoo.com

Summary

In the work those features of the Georgian character are studied, which define national identity. The main basic elements of the Caucasian character and those additional parameters are highlighted... What creates the Georgian character. Introduction of Identity Index. The basic system of aggregate parameters is built, Dynamics of the National Identity Index. The influence of globalization on the nature of the growth of the index of identity of national cultures is studied. The Case of Georgia 1990-2023. The corresponding mathematical model for the dynamics of the identity index is constructed.

(Received 28.04.2024)

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ
ИНДЕКСА САМОБЫТНОСТИ ГРУЗИИ**

Обгадзе Т., Тандилашвили С.

ООО Научно-производственная фирма Алмаси

tamaz@mail.ru; sesilitandilashvili@yahoo.com

Резюме

Рассматриваются те черты грузинского характера, которые определяют национальную самобытность. Выделены основные базисные элементы кавказского характера и те дополнительные параметры, что создаёт грузинский характер. Введено понятие индекса самобытности. Построена базисная система агрегированных параметров, определяющих динамику индекса национальной самобытности. Изучается влияние глобализации на характере роста индекса самобытности национальных культур. На примере Грузии 1990-2023 г. построена соответствующая математическая модель для динамики индекса самобытности.

(Поступила 28.04.2024)

ABOUT ONE APPROACH TO THE ASSESSMENT OF FUZZY INFERENCE METHOD

Amilakhvari Nugzar, Mamedov Aziz
Georgian Technical University
n.amilakhvari@gtu.ge; azizmamedov2022@gmail.com

Abstract

It is formulated and tested a new approach to the estimation of bilingual education for students, which is based on the fuzzy inference method. For alternative estimation of bilingual classes it is selected block of assessment criterions by which on the basis of appropriate marks of observations it is made an assessment of an audience as a whole, the individual student and the teacher.

Key Words: bilingual education. Fuzzy inference method. Estimation.

1. Introduction

Bilingual education integrating a substantial part of learning and natural language is, in a sense, a very "sensitive" and "delicate" process. During its implementation and follow-up realization it is very important do not impair the current knowledge and the advancing progress of the student, his intellectual potential and innate abilities. Therefore, from a methodological point of view there are two obvious and fundamental problems: how to provide the necessary academic level of student's knowledge when he (she) studies on a second (non-native) language and how to assess adequately the level of acquirement in a particular subject and its progress in mastering a second language?

Under exist evaluation methods it is almost impossible separately certify the student on language and substantive components of learning. Herewith it is possible a misunderstanding, when the lack of lexical dictionary of student is interpreted for the benefit of his failure to fully understand of the essence of the subject. Obviously, when bilingual education would be wise to evaluate the student by two specialists: for informal theory by teacher of a subject, and for language by the second language teacher. However, this approach is still artificial, illogical and ultimately does not attract the interest of the student.

Moreover, the parallel evaluation of a bilingual education is unacceptable, and other very important (from methodological point of view) the position. In subjects where language training is not important (for example, in mathematics) student easily solving the problem, because of the lack of knowledge of the language can not correctly interpret the problem formulation, especially if it is not clearly formulated or presence of "new words". For example, improperly imprinted comma can radically change the essence of the sentence.

2. Main part

Testing, which is currently used to evaluate the bilingual education in pilot educational institutions, uses simplified statements in tests involving a unambiguous choice of answer on principle "YES – NO". Unfortunately this method provides only an approximate proposition of the true of knowledge level of students, especially as in the process of testing it is an element of chance, and thus do not provide full objectivity. Therefore, only the system of alternative estimation is able objectively to assess the level of acquired language skills in the context of learning the basic didactic material for a course.

As one of the alternative methods of assessment of students in bilingual education it is proposed using a fuzzy inference mechanism, which is by far one of the best methods of multi-criteria evaluation of alternatives under uncertainty. Due to this approach along with the usual numbers it is possible to involve nonmetrizable (or semi-structured) data in computational process, that is very important for estimation of bilingual education quality.

Suppose that at a certain discipline it is bilingual class characterized by linguistic heterogeneity of the audience. For an alternative assessment of this class let's choose a block of assessment criteria consisting following four parts [1]:

- assessment of the audience as a whole;
- assessment of the student during the integrated study;
- assessment of the teacher ;
- options for self-conducted studies by teacher,

each of which detected the appropriate note of observation (see Tab. 1, 2 and 3). Then on the basis of these criteria it is necessary to create a method of alternate assessment based on the application of fuzzy logic inference mechanism under inaccuracies and vagueness of available information, and, thus, to obtain the aggregated assessment of bilingual class.

Assessment of the audience as a whole

Tab.1

I part						
Teacher's name _____				Date of observation _____		
The number of students in the classroom _____				Time of observation _____		
Name of the observer _____				Aggregated assessment _____		
II part (activity at work in subgroups estimated by the 10-point scale)						
Symbolic notation of group	Speak working	Work with the material	Read, write	Watch, listen	Do nothing	Wait for assistance
a_1						
a_2						
...						
a_n						
III part (working besides subgroups according to the special task)						
Criterion	Listen to the teacher	Be engaged	Wait for help from the teacher	Dream, act the goat, idle		
The number of students						

Score of student working in the subgroups

Tab.2

Verbal action					
Symbolic notation	Expresses sentences (offers to cooperate) in both languages	Requests that work together – in both languages or only native language	Says as a "facilitating" actions, explain to others without their request – in both languages or only native language	Speaks during a joint operation (talking about cooperation) – in both languages or only native language	Speaks during a joint operation (speaking extraneous subject) in native language
u_1					
u_2					
u_3					
u_4					
Actions or behavior					

Symbolic notation	Works alone	Works with others	Acts as facilitating the work (performs most of it)	Learns (listens)	Waits for help from the outside	Oscillates between the desire to do and search for help	Reads something, perhaps is not related with a theme of classes (usually in the native language)	Idles, don't wont to work
	u_1							
	u_2							
	u_3							
	u_4							

Evaluation of the teacher Tab.3

№№	Activities	Cases	Total
1.	Facilitates the task of the student		
2.	Makes a comment about the discipline (the student or the audience in whole)		
3.	Informs, instructs, defines		
4.	Asks questions on the subject		
5.	Promotes higher-order thinking		
6	Identifies and insonifies the interdisciplinary connections		
7.	Provides additional information (materials) to a group or an student		
8.	Justifies the need for joint action		
9.	Improves the degree of competence		
10.	Indicates the need of variety of roles in the group		
11.	Explains why one person is unable to perform the entire task the proposed group		

In [2, 3] was examined in some detail the problem of point estimation of alternatives under fuzziness of available information. On the basis of the application of this methodology let's obtain the estimation of bilingual lesson from the point of view evaluation of the sub-groups in whole and students engaged in outside groups on special assignment.

So, suppose that in some academic group of bilingual education during the classes in a particular general discipline a Methodist from the monitoring team conducted their observations of the behavior (activity) of students in subgroups and ordered its estimates on a ten-point scale in the type of Table 4. In this case the subgroups of students are alternatives that are denoted by a_1, a_2, a_3 and a_4 .

Evaluation of activity of students in subgroups Tab.4

Groups	Speak working (ESSENTIAL LY)	Work with the material (INTENSIVE LY)	Read, write (PRODUCTIVE LY)	Watch, listen (CAREFULL Y)	Do nothing (FREQUENT LY)	Wait for assistance (PERMANEN TLY)
a_1	2	10	7	8	0	0
a_2	5	8	6	10	0	2
a_3	8	5	5	7	4	5
a_4	10	3	2	5	7	8

Then for numerical (point) estimation the activity of subgroups in bilingual education let's choose as basis the following consistent reasoning:

- e_1 : “If students working in the subgroups talk in essence and at the same time work with the didactic materials, and, if necessary, look at teacher and listen to him, then their activity during classes is satisfactory”;
- e_2 : “If in addition to the above observations students all over the classes rarely idle and do not expect any help from the outside, then their activity during the classes is more than satisfactory”;
- e_3 : “If in addition to the conditions specified in e_2 students within the subgroups alternately read and write, then their academic activity is perfect”;
- e_4 : “If students working in the subgroups talk in essence and at the same time work with the didactic materials, alternately read and write and, if necessary, look at teacher and listen to him, during the classes rarely idle, but resort to the help of outside, then their academic activity is very satisfactory”;
- e_5 : “If students working in the subgroups talk in essence and at the same time work with the didactic materials, read and write productively and do not always look at teacher and listen to him, and during the classes rarely idle, but often resort to the help of outside, then their activity during classes is satisfactory”;
- e_6 : “If students within the subgroups do not work with the didactic materials, do not look at teacher and listen to him and do not idle, then their academic activity is unsatisfactory”.

In formulating these arguments were used six criteria, which used as the values of the corresponding input linguistic variables x_k ($k=1\div 6$) for multi-criteria evaluation of the students activities in the academic subgroups. The result of this estimation is one of the values of the output linguistic variable “*academic activity*” (Y).

So, based on the terms of designated linguistic variables let’s reformulate the above reasoning in the form of following implication rules:

- e_1 : “If X_1 =ESSENTIALLY and X_2 =INTENSIVELY and X_4 =CAREFULLY, then Y =SATISFACTORY”;
- e_2 : “If X_1 =ESSENTIALLY and X_2 =INTENSIVELY and X_4 =CAREFULLY and X_5 =RARELY and X_6 =NOT PERMANENTLY, then Y =MORE THAN SATISFACTORY”;
- e_3 : “If X_1 =ESSENTIALLY and X_2 =INTENSIVELY and X_3 =PRODUCTIVELY and X_4 =CAREFULLY и X_5 =RARELY and X_6 =NOT PERMANENTLY, then Y =PERFECT”;
- e_4 : “If X_1 =ESSENTIALLY and X_2 =INTENSIVELY and X_3 =PRODUCTIVELY and X_4 =CAREFULLY и X_5 =RARELY and X_6 =PERMANENTLY, then Y =VERY SATISFACTORY”;
- e_5 : “If X_1 =ESSENTIALLY and X_2 =INTENSIVELY and X_3 =PRODUCTIVELY and X_4 =NOT CAREFULLY and X_5 =RARELY and X_6 =PERMANENTLY, then Y =SATISFACTORY”;
- e_6 : “If X_2 =NOT INTENSIVELY and X_4 =NOT CAREFULLY O and X_5 =OFTEN, then Y =UNSATISFACTORY”.

As the universe for fuzzy subsets which describe the values of the output linguistic variable Y let’s choose a discrete set $J=\{0, 0.1, 0.2, \dots, 1\}$, and as membership functions which reduce these fuzzy sets let’s choose the following functions [4]:

- \tilde{S} =SATISFACTORY as: $\mu_{\tilde{S}}(x) = x, x \in J$;
- $M\tilde{S}$ =MORE THAN SATISFACTORY as: $\mu_{M\tilde{S}}(x) = \sqrt{x}, x \in J$;
- \tilde{P} =PERFECT as: $\mu_{\tilde{P}}(x) = \begin{cases} 1, & x=1, \\ 0, & x < 1, \end{cases} x \in J$;
- $V\tilde{S}$ =VERY SATISFACTORY as: $\mu_{V\tilde{S}}(x) = x^2, x \in J$;
- $U\tilde{S}$ =UNSATISFACTORY as: $\mu_{U\tilde{S}}(x) = 1 - x, x \in J$.

Fuzzification of terms from the left parts of the rules adopted by using Gaussian membership functions ($k=1\div 6$), which reduce the fuzzy sets on the support vector (a_1, a_2, a_3, a_4) , and values for the σ_k are selected on the basis of the importance degree of the criterion of bilingual education quality.

Thus, the estimation criteria of bilingual education in the academic subgroups let's define by the following fuzzy sets:

$$\text{ESSENTIALLY (speak working)} \quad \tilde{A} = \frac{0.0183}{a_1} + \frac{0.2096}{a_2} + \frac{0.7788}{a_3} + \frac{1}{a_4};$$

$$\text{INTENSIVELY (work with the material)} \quad \tilde{B} = \frac{1}{a_1} + \frac{0.6412}{a_2} + \frac{0.0622}{a_3} + \frac{0.0043}{a_4};$$

$$\text{PRODUCTIVELY (read, write)} \quad \tilde{C} = \frac{0.3679}{a_1} + \frac{0.1690}{a_2} + \frac{0.0622}{a_3} + \frac{0.0008}{a_4};$$

$$\text{CAREFULLY O (watch, listen)} \quad \tilde{D} = \frac{0.8521}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{0.6977}{a_3} + \frac{0.3679}{a_4};$$

$$\text{FREQUENTLY (do nothing)} \quad \tilde{E} = \frac{0.0622}{a_1} + \frac{0.0622}{a_2} + \frac{0.3679}{a_3} + \frac{0.7788}{a_4};$$

$$\text{PERMANENTLY (wait for assistance from outside)} \quad \tilde{F} = \frac{0.1299}{a_1} + \frac{0.2709}{a_2} + \frac{0.6004}{a_3} + \frac{0.9216}{a_4}.$$

Then, using these formalisms let's formulate fuzzy rules as:

$$e_1: \text{«If } X_1 = \tilde{A} \text{ and } X_2 = \tilde{B} \text{ and } X_4 = \tilde{D}, \text{ then } Y = \tilde{S} \text{»};$$

$$e_2: \text{«If } X_1 = \tilde{A} \text{ and } X_2 = \tilde{B} \text{ and } X_4 = \tilde{D} \text{ and } X_5 = \tilde{E} \text{ and } X_6 = \tilde{F}, \text{ then } Y = M\tilde{S} \text{»};$$

$$e_3: \text{«If } X_1 = \tilde{A} \text{ and } X_2 = \tilde{B} \text{ and } X_3 = \tilde{C} \text{ and } X_4 = \tilde{D} \text{ and } X_5 = \tilde{E} \text{ and } X_6 = \tilde{F}, \text{ then } Y = \tilde{P} \text{»};$$

$$e_4: \text{«If } X_1 = \tilde{A} \text{ and } X_2 = \tilde{B} \text{ and } X_3 = \tilde{C} \text{ and } X_4 = \tilde{D} \text{ and } X_5 = \tilde{E} \text{ and } X_6 = -\tilde{F}, \text{ then } Y = V\tilde{S} \text{»};$$

$$e_5: \text{«If } X_1 = \tilde{A} \text{ and } X_2 = \tilde{B} \text{ and } X_3 = \tilde{C} \text{ and } X_4 = -\tilde{D} \text{ and } X_5 = \tilde{E} \text{ and } X_6 = -\tilde{F}, \text{ then } Y = \tilde{S} \text{»};$$

$$e_6: \text{«If } X_2 = -\tilde{B} \text{ and } X_4 = -\tilde{D} \text{ and } X_5 = -\tilde{E}, \text{ then } Y = U\tilde{S} \text{»}.$$

Further, for the left parts of these rules let's compute the membership function $\mu_{\tilde{M}_i}(u)$ ($i=1 \div 6$). In particular, we have:

$$e_1: \mu_{\tilde{M}_1}(a) = \min \{ \mu_{\tilde{A}}(a), \mu_{\tilde{B}}(a), \mu_{\tilde{D}}(a) \}, \quad \tilde{M}_1 = \frac{0.0183}{a_1} + \frac{0.2096}{a_2} + \frac{0.0622}{a_3} + \frac{0.0043}{a_4};$$

$$e_2: \mu_{\tilde{M}_2}(a) = \min \{ \mu_{\tilde{A}}(a), \mu_{\tilde{B}}(a), \mu_{\tilde{D}}(a), \mu_{\tilde{E}}(a), \mu_{\tilde{F}}(a) \}, \quad \tilde{M}_2 = \frac{0.0183}{a_1} + \frac{0.0622}{a_2} + \frac{0.0622}{a_3} + \frac{0.0043}{a_4};$$

$$e_3: \mu_{\tilde{M}_3}(a) = \min \{ \mu_{\tilde{A}}(a), \mu_{\tilde{B}}(a), \mu_{\tilde{C}}(a), \mu_{\tilde{D}}(a), \mu_{\tilde{E}}(a), \mu_{\tilde{F}}(a) \}, \quad \tilde{M}_3 = \frac{0.0183}{a_1} + \frac{0.0622}{a_2} + \frac{0.0622}{a_3} + \frac{0.0008}{a_4};$$

$$e_4: \mu_{\tilde{M}_4}(a) = \min \{ \mu_{\tilde{A}}(a), \mu_{\tilde{B}}(a), \mu_{\tilde{C}}(a), \mu_{\tilde{D}}(a), \mu_{\tilde{E}}(a), 1 - \mu_{\tilde{F}}(a) \}$$

$$\tilde{M}_4 = \frac{0.0183}{a_1} + \frac{0.0622}{a_2} + \frac{0.0622}{a_3} + \frac{0.0008}{a_4};$$

$$e_5: \mu_{\tilde{M}_5}(a) = \min \{ \mu_{\tilde{A}}(a), \mu_{\tilde{B}}(a), \mu_{\tilde{C}}(a), 1 - \mu_{\tilde{D}}(a), \mu_{\tilde{E}}(a), 1 - \mu_{\tilde{F}}(a) \}$$

$$\tilde{M}_5 = \frac{0.0183}{a_1} + \frac{0}{a_2} + \frac{0.0622}{a_3} + \frac{0.0008}{a_4};$$

$$e_6: \mu_{\tilde{M}_6}(a) = \min \{ 1 - \mu_{\tilde{B}}(a), 1 - \mu_{\tilde{D}}(a), 1 - \mu_{\tilde{E}}(a) \}, \quad \tilde{M}_6 = \frac{0}{a_1} + \frac{0}{a_2} + \frac{0.3023}{a_3} + \frac{0.2212}{a_4}$$

As a result, the rules can be written in a more compact form:

$$e_1: \text{«If } X = \tilde{M}_1, \text{ then } Y = \tilde{S} \text{»};$$

$$e_2: \text{«If } X = \tilde{M}_2, \text{ then } Y = M\tilde{S} \text{»};$$

$$e_3: \text{«If } X = \tilde{M}_3, \text{ then } Y = \tilde{P} \text{»};$$

e_4 : «If $X=\tilde{M}_4$, then $Y=V\tilde{S}$ »;

e_5 : «If $X=\tilde{M}_5$, then $Y=\tilde{S}$ »;

e_6 : «If $X=\tilde{M}_6$, then $Y=U\tilde{S}$ ».

To convert these rules we use the Lukasiewicz's implication [3]. Then, for each pair $(u,j) \in U \times Y$ on $U \times Y$ one can obtain the following fuzzy relations:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= \begin{matrix} & 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,9817 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,7904 & 0,8904 & 0,9904 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,9378 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,9957 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \end{bmatrix} \end{matrix} \\
 R_2 &= \begin{matrix} & 0 & 0,3162 & 0,4472 & 0,5477 & 0,6325 & 0,7071 & 0,7746 & 0,8367 & 0,8944 & 0,9487 & 1 \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,9817 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,9378 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,9378 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,9957 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \end{bmatrix} \end{matrix} \\
 R_3 &= \begin{matrix} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 1,0000 \\ 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 1,0000 \\ 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 1,0000 \\ 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 1,0000 \end{bmatrix} \end{matrix} \\
 R_4 &= \begin{matrix} & 0 & 0,01 & 0,04 & 0,09 & 0,16 & 0,25 & 0,36 & 0,49 & 0,64 & 0,81 & 1 \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,9817 & 0,9917 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,9378 & 0,9478 & 0,9778 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,9378 & 0,9478 & 0,9778 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,9992 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \end{bmatrix} \end{matrix} \\
 R_5 &= \begin{matrix} & 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,9817 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,9378 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,9992 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \end{bmatrix} \end{matrix} \\
 R_6 &= \begin{matrix} & 1 & 0,9 & 0,8 & 0,7 & 0,6 & 0,5 & 0,4 & 0,3 & 0,2 & 0,1 & 0 \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 0,9977 & 0,8977 & 0,7977 & 0,6977 & 1,0000 \\ 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 1,0000 & 0,9788 & 0,8788 & 0,7788 & 1,0000 \end{bmatrix} \end{matrix}
 \end{aligned}$$

As a result of the intersection of relations R_1, R_2, \dots, R_6 one can obtain overall functional solution:

$$R = \begin{matrix} & 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 0,9817 & 1,0000 \\ 0,7904 & 0,8904 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 1,0000 \\ 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,9378 & 0,8977 & 0,7977 & 0,6977 \\ 0,9957 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9992 & 0,9788 & 0,8788 & 0,7788 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

To find the point estimates of bilingual education in the academic subgroups $a_k (k=1 \div 4)$ let's apply the rule of composite reference in the fuzzy environment: $\tilde{E}_k = \tilde{G}_k \circ R$, where \tilde{E}_k is the fuzzy interpretation of the assessment, \tilde{G}_k is the mapping of k -th estimation in the form of a fuzzy subset on U . Then, according to

[3], we have: $\mu_{\tilde{E}_k}(j) = \max_u \left(\min(\mu_{\tilde{G}_k}(a), \mu_R(a)) \right)$, where $\mu_{\tilde{G}_k}(a) = \begin{cases} 0, & a \neq a_k; \\ 1, & a = a_k. \end{cases}$ It follows that $\mu_{\tilde{E}_k}(j) = \mu_R(a_k, j)$,

i.e. \tilde{E}_k is a k -th row of the matrix R .

We now apply the above procedure to obtain the point estimation of bilingual education in subgroups. So, for the first subgroup a_1 we have estimation in the form of following fuzzy set:

$$\tilde{E}_1 = \frac{0,9817}{0} + \frac{0,9817}{0,1} + \frac{0,9817}{0,2} + \frac{0,9817}{0,3} + \frac{0,9817}{0,4} + \frac{0,9817}{0,5} + \frac{0,9817}{0,6} + \frac{0,9817}{0,7} + \frac{0,9817}{0,8} + \frac{0,9817}{0,9} + \frac{0,9817}{1,0}.$$

Calculating its level sets $E_{j\alpha}$ and corresponding cardinal number $M(E_{j\alpha})$ according to the formula:

$$M(C_\alpha) = \sum_{j=1}^n \frac{i_j}{n}, \quad i \in C_\alpha. \text{ we have:}$$

- for $0 < \alpha < 0,9817$: $\Delta\alpha = 0,9817$, $E_{1\alpha} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0,50$;
- for $0,9817 < \alpha < 1$: $\Delta\alpha = 0,0183$, $E_{1\alpha} = \{1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 1$.

Further, using the formula $F(\tilde{C}) = \frac{1}{\alpha_{\max}} \int_0^{\alpha_{\max}} M(C_\alpha) d\alpha$ (see [3]) one can find a point estimation of

sufficiency of bilingual education in the first subgroup: $F(\tilde{E}_1) = 0,5092$.

Similar actions one can find the point estimates of bilingual classes for other subgroups: for $a_2 - F(\tilde{E}_2)=0.5408$; for $a_3 - F(\tilde{E}_3)=0.4776$; for $a_4 - F(\tilde{E}_4)=0.4821$. The best in the bilingual classes is a_2 , which corresponds to the highest point estimate of 0.5408. Next: $a_1 \rightarrow 0.5092$; $a_4 \rightarrow 0.4821$; $a_3 \rightarrow 0.4776$.

Now consider and evaluate observations another Methodist, who during the bilingual classes fixes: how did work students which have a special assignment? His observations are summarized in the following table.

Estimation the work of students having a special assignment Tab.5

Criterion	Listen to teacher	Busy	Wait for help of the teacher	Dream, act the goat, idle
The number of student	6 of 10	8 of 10	7 of 10	2 of 10

To assess the designated category of students in bilingual classes let's use the following trivial, but the consistent and objective statements:

- e_1 : "If during the bilingual classes the number of students listens to teacher is a small, the total number of busies is low, many wait and resort to the help of teacher permanently, and the number of inactive is significant, then the quality of bilingual lessons is unsatisfactory";
- e_2 : "If the number of students listens to teacher is a half, the total number of busies is more than half, not many wait and resort to the help of teacher, and the number of inactive is a small, then the quality of bilingual lessons is satisfactory";
- e_3 : "If the number of students listens to teacher is majority, the total number of busies is majority, only some wait and resort to the help of teacher permanently, and the number of inactive is a small, then the quality of bilingual lessons is more than satisfactory";
- e_4 : "If all students listens to teacher, the total number of busies is maximal, the students wait and resort to the help of teacher only in exceptional case, and inactive students is absent, then the quality of bilingual lessons is perfect";
- e_5 : "If the number of students listens to teacher is majority, the total number of busies is more than half, some wait and resort to the help of teacher sufficiently frequently, and inactive students is absent, then the quality of bilingual lessons is very satisfactory";
- e_6 : "If the number of students listens to teacher is majority, the total number of busies is a half, some of students wait and resort to the help of teacher sufficiently frequently, and the number of inactive is a small, then the quality of bilingual lessons is satisfactory".

Taking these statements as a verbal estimation model of students learning in the individual program, as input characteristics we assume the terms of appropriate linguistic variables. For example,

- SMALL, HALF, MAJORITY, ALL are terms of linguistic variable "*the number of students listens to teacher*" (X_1);
- LOW, MORE THAN HALF, HALF, MAJORITY, MAXIMAL are terms of linguistic variable "*the number of busies*" (X_2);
- MANY, NOT MANY, SOME, IN EXCEPTIONAL CASE are terms of linguistic variable "*waiting and resorting to the help of teacher*" (X_3);
- SIGNIFICANT, SMALL, ABSENT are terms of linguistic variable "*the number of inactive*" (X_4).

Considering the linguistic variable "*quality of bilingual lessons*" (Y) as output characteristics of model, taking values (terms): SATISFACTORY, MORE THAN SATISFACTORY, UNSATISFACTORY, PERFECT, VERY SATISFACTORY, formulated rules have been realized in the notation of MATLAB\Fuzzy Inferences Systems. For the fixed observation (Table 5) on the scale of the interval [0, 1] it was obtained the numerical estimation (**0.483**) of bilingual lesson from the point of view of busies outside the subgroups in accordance with a special program.

3. Conclusion

It is quite obvious that the system of bilingual education should be flexible, i.e. it must develop continuously by introduction the control system of the quality of student learning. In this thesis we propose a new approach for estimating the bilingual classes based on the application of fuzzy inference mechanism to estimate the audience as a whole, concrete student during the integral classes and a teacher. This approach allows to adapt the verbal model to different conditions and, most importantly, the use of the existing instructional lines in the field of bilingual education.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Aliev R., Kazhe N. (2005). Bilingual education. Theory and Practice, Riga, "RETORIKA A". 384 p. (in Russian)
2. Andreychikov A., Andreichikova O. (2000). Analysis, synthesis, planning of decisions in the economy. Moscow, "Finances and Statistics", -368 p. (in Russian)
3. Rzaev R. (2012). Intellectual Analysis of Data (Data Mining) in Decision-Making Support Systems. Verlag: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, -103 p. (in Russian)
4. Zadeh L. (1976). The concept of a linguistic variable and its application to the adoption of approximate solutions. Mathematics. New to foreign science: Trans. from English/ Edited by Moisyev N.N. and Orlovskiy S.A. – Moscow: "Peace", -166 p. (in Russian).

(Received 15.04.2024)

არამკაფიო დასკვნის მეთოდის შეფასების ერთი მიდგომის შესახებ

ნუგზარ ამილახვარი, აზიზ მამედოვი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი რეზიუმე
n.amilakhvari@gtu.ge; azizmamedov2022@gmail.com

რეზიუმე

ჩამოყალიბდა და აპრობირებულ იქნა მოსწავლეთა ბილინგვური განათლების შეფასების ახალი მიდგომა, რომელიც დაფუძნებულია არამკაფიო დასკვნის მეთოდზე. ორენოვანი კლასების ალტერნატიული შეფასებისთვის შეირჩა შეფასების კრიტერიუმების ბლოკი, რომლის მიხედვითაც, შესაბამისი დაკვირვების შეფასებების საფუძველზე, ფასდება მთლიანად აუდიტორია, ცალკეული მოსწავლე და მასწავლებელი.

(სტატია მიღებულია 15.04.2024)

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ МЕТОДА НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА

Амилахвари Н., Мамедов А.
Грузинский Технический Университет
n.amilakhvari@gtu.ge; azizmamedov2022@gmail.com

Резюме

Сформулирован и апробирован новый подход к оценке билингвального (двуязычного) образования студентов, основанный на методе нечеткого вывода. Для альтернативной оценки билингвальных классов выбран блок критериев оценки, по которому на основе соответствующих оценок наблюдений производится оценка аудитории в целом, отдельного ученика и преподавателя.

(Поступила 15.04.2024)

პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის კვლევა ხელოვნური ინტელექტის ეპოქაში

ლუკა ქემოკლიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

l.kemoklidze@gtu.ge

რეზიუმეგანხილულია მაღალი ტექნოლოგიების არსებობის პირობებში პროდუქციის მწარმოებელი კომპანიების საწარმოო პროცესების შესრულების კვლევის და ოპტიმიზაციის საკითხები. წარმოდგენილია პროცესების ეფექტიანობისა და პროდუქტიულობის ცნებები, ხაზგასმულია მათი განსხვავებები და ურთიერთობები. გაანალიზებულია ადამიანის უნარების გავლენა მთლიან პროდუქტიულობაზე. განსაკუთრებით მახვილდება ყურადღება ახალი მიდგომების, მათ შორის ხელოვნური ინტელექტის (AI) ტექნოლოგიების ბოლოდროინდელი მიღწევების გამოყენებაზე. შემოთავაზებულია შესრულების ოპტიმიზაციის მრავალგანზომილებიანი კრიტერიუმი, რომელიც დაფუძნებულია სისტემების თეორიაზე, ერგონომიკასა და ორგანიზაციულ ფსიქოლოგიაზე. ყოველივე ეს გვთავაზობს ჰოლისტიკურ მიდგომას პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის გამოწვევების გადასაჭრელად თანამედროვე სამუშაო ადგილზე.

საკვანძო სიტყვები: ოპერაციათა კვლევა. მწარმოებლურობა. ოპტიმიზაცია. ეფექტიანობა. ხელოვნური ინტელექტი. ადამიანის უნარები. სისტემების თეორია. ორგანიზაციული ფსიქოლოგია. ერგონომიკა. მრავალგანზომილებიანი კრიტერიუმი.

1. შესავალი

დღევანდელ სწრაფად განვითარებად ეპოქაში ნებისმიერი პროფილის, საქმიანობის სფეროსა თუ ზომის კომპანია მუდმივად იღწვის საკუთარი საქმიანობისა და პროცესების გაუმჯობესებისათვის, ახალი მიზნების მიღწევის (ახალი ბაზრის ათვისება, ბაზრის წილის ზრდა და ა.შ.) თუ კონკურენტუნარიანობის შენარჩუნების მიზნით. ამ მიმართულებით კვლევები თუ პრაქტიკული მცდელობები ყველაზე ხშირად ეხება *ეფექტიანობასა* და *პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციას*. აღნიშნული ტერმინები საწარმოო პროცესების კვლევისა და მათი გაუმჯობესების ერთ-ერთი ყველაზე ფართოდ გამოყენებული ტერმინებია. აქტივობათა მიზანიც ხშირად სწორედ ამ ორი მაჩვენებლის გაუმჯობესებისკენაა მიმართული.

ეფექტიანობა განსაზღვრავს არსებული რესურსების ოპტიმალურად გამოყენების ხარისხს სასურველი შედეგების მისაღწევად. ეფექტიანობის გამოთვლის სტანდარტული ფორმულა შემდეგნაირი სახისაა:

$$\text{ეფექტიანობა} = \frac{\text{წარმოების შედეგები}}{\text{დახარჯული რესურსები}} \times 100\%$$

მაგალითად, იმ შემთხვევებში როდესაც დროის ეფექტიანობაა ფოკუსი (ძირითადად საწარმოო თუ წარმოებასთან დაკავშირებული სხვა სახის ბიზნეს პროცესებში), წარმოების ეფექტიანობის ფორმულაში გამოიყენება წინასწარ, სტანდარტულად განსაზღვრული დრო (როგორც benchmark) და რეალურად დახარჯული დრო კონკრეტული რაოდენობა შედეგების საწარმოებლად ან/და კონკრეტული ოპერაციის შესასრულებლად:

$$\text{ეფექტიანობა} = \frac{\text{სტანდარტულად განსაზღვრული დრო}}{\text{რეალურად დახარჯული დრო}} \times 100\%$$

პროდუქტიულობა განსაზღვრავს წარმოების შედეგების თანაფარდობას დახარჯული რესურსების მიმართ. ეფექტიანობისაგან განსხვავებით, რომელიც ფოკუსირდება ყველა სახის საწარმოო დანახარჯებისა და შეფერხებების შემცირებაზე, რესურსების განსაზღვრასა და მათ ოპტიმალურ გამოყენებაზე, პროდუქტიულობა ფოკუსირებულია მიღებულ წარმოების შედეგებზე დროის მოცემულ მონაკვეთში, არსებული რესურსების გამოყენებით [1].

პროდუქტიულობის ფორმულა შემდეგნაირია:

$$\text{პროდუქტიულობა} = \frac{\text{წარმოების შედეგები}}{\text{დახარჯული რესურსები}}$$

მაგალითად, თუ კომპანია 500 ერთეულის საწარმოებლად იყენებს 2 თანამშრომლის 100 საათიან შრომას, პროდუქტიულობა გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$\text{პროდუქტიულობა} = \frac{500 \text{ (ერთეული)}}{100 \text{ სთ} \times 2 \text{ (თანამშრომელი)}} = 2,5 \text{ ერთეული/სთ}$$

ოპტიმიზაცია არის „შესაძლებელი ვარიანტების სიმრავლისაგან ყველაზე ხელსაყრელის არჩევა“ [2]. ოპერაციათა კვლევასა და ეკონომიკაში, ის მიემართება სხვადასხვა ვარიანტებიდან საუკეთესო ელემენტების ამორჩევას საწარმოო პროცესისათვის. პროდუქტიულობის ოპტიმიზაცია გულისხმობს გამომუშავებული პროდუქციის თანაფარდობის გაუმჯობესებას დანახარჯებთან მიმართებაში, რესურსების გამოყენების ეფექტურობის მაქსიმალურად გაზრდის მიზნით. პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის კლასიკური მიზანი შეგვიძლია ავსახოთ შემდეგი ფორმულის მეშვეობით:

$$\text{მაქსიმიზაცია } P(x) = \frac{\text{წარმოების შედეგები } (x)}{\text{დახარჯული რესურსები } (x)}$$

სადაც x – კონტროლირებადი ფაქტორების სიმრავლეა, როგორცაა მაგალითად ტექნიკა-დანადგარების ეფექტიანობა, თანამშრომელთა უნარების დონე, ან გამოყენებული ტექნოლოგიები. პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის სტრატეგიებისა და გატარებული კონკრეტული ზომების ზეგავლენა შეიძლება გაიზომოს შემდეგნაირად:

პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის გაზომვა – პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის სტრატეგიებისა და გატარებული კონკრეტული ზომების ზეგავლენა შეიძლება გაიზომოს შემდეგნაირად: **ოპტიმიზაციამდე** (წარმოების შედეგი: 400 ერთეული; დახარჯული დრო: 100 სამუშაო საათი; პროდუქტიულობა: 4 ერთეული/საათში) და **ოპტიმიზაციის შემდეგ** (წარმოების შედეგი: 600 ერთეული; დახარჯული დრო: 100 სამუშაო საათი; პროდუქტიულობა: 6 ერთეული/საათში). ამ მაგალითიდან გამომდინარე, პროდუქტიულობის გაუმჯობესება შეგვიძლია გამოვსახოთ შემდეგნაირად:

$$\begin{aligned} \text{პროდუქტიულობის ზრდა} &= \left(\frac{\text{ახალი პროდუქტიულობა} - \text{ძველი პროდუქტიულობა}}{\text{ძველი პროდუქტიულობა}} \right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{6 - 4}{4} \right) \times 100\% = 50\% \end{aligned}$$

მოცემული ფორმულა ცხადად გვიჩვენებს ჩვენ მიერ განხორციელებული ზომების პროცენტულობას, რაც ცალსახად იქნება ინდიკატორი იმისა, გაამართლა თუ არა ამა თუ იმ ინტერვენციამ.

მომიებული სტატისტიკური და სხვა სახის მონაცემთა ანალიზისა და სინთეზის შედეგად გამოვლინდა ადამიანური უნარების მაღალი აქტუალურობა და ზეგავლენა მთლიანად პროდუქტიულობაზე, ხელოვნური ინტელექტის (AI) ტექნოლოგიების ბოლოდროინდელი განვითარების და დღემდე არსებული ტექნოლოგიებისგან განსხვავებული მიდგომებისა და მოთხოვნილი უნარების საჭიროება.

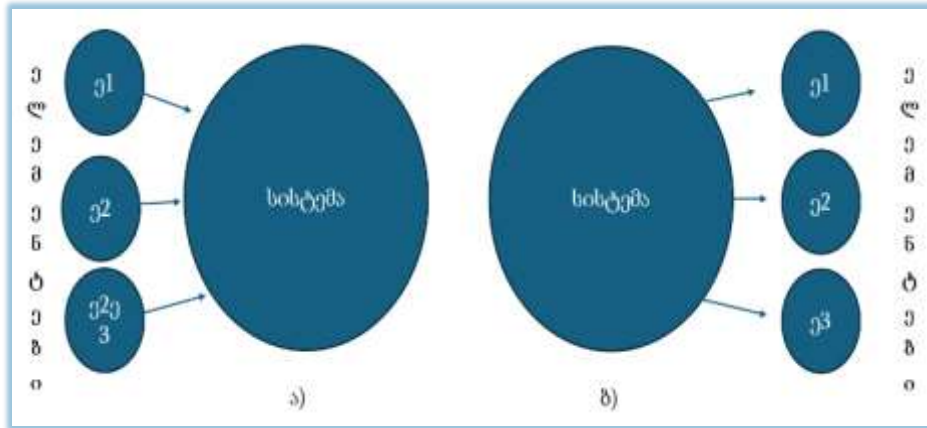
იდენტიფიცირდა და დამუშავდა ის სამეცნიერო მიდგომები, რომელიც პროდუქტიულობას ტრადიციულ ოპტიმიზაციისგან განსხვავებით, სხვა მზომებითაც ზომავს. პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციისაკენ მიმართული აქტივობების ძირითადი მიმართულებები თანამედროვე პირობებში ძირითადად დაკავშირებულია ტექნოლოგიურ ინოვაციებთან, იქნება ეს პროცესის რედიზაინი თუ ტექნოლოგიის პირდაპირი ინტეგრაცია. ბოლოდროინდელი კვლევები აჩვენებს, რომ ინვესტირებას ერგონომიულ გაუმჯობესებასა და თანამშრომლების კეთილდღეობის საკითხებში შეუძლია მნიშვნელოვანი დადებითი გავლენა მოახდინოს პროდუქტიულობის ზრდაზე [3]. შესაბამისად პროდუქტიულობის თანამედროვე კვლევებში სულ უფრო მეტად ინტეგრირებული ხდება ადამიანური ფაქტორი, რადგან მიჩნეულია, რომ ადამიანური ფაქტორი მზარდ გავლენას ახდენს ტექნოლოგიათა დანერგვით გამოწვეულ პროდუქტიულობასა თუ სხვა პროცესების ოპტიმიზაციაზე, ყოველდღიურ ბიზნეს პროცესებში ტექნოლოგიური გადაწყვეტების ფუნქციონირებისა და მათი კომპლექსურობის ზრდის პროპორციულად.

შემოთავაზებული მეთოდოლოგიის თანახმად, აღნიშნული პრობლემის მოგვარება შესაძლებელია სისტემური მიდგომით, სისტემების საერთო თეორიის, ერგონომიკისა და ორგანიზაციული ფსიქოლოგიის ელემენტების ერთიანი გამოყენების შედეგად შემუშავებული ჩარჩო კრიტერიუმებისათვის.

სისტემა ფართოდ გამოყენებული ცნებაა. ეს ტერმინი გამოიყენება რთული (კომპლექსური) სისტემების შესწავლის საკითხებში მეცნიერების სხვადასხვა დარგში. იგი გულისხმობს სისტემის, როგორც ელემენტთა სიმრავლის განმარტებას, რომელთა შორის არსებული კავშირები ქმნის ერთ მთლიანობას. მიუხედავად ფართო გამოყენებისა, დღესაც არ არსებობს მისი ერთმნიშვნელოვანი განმარტება. სისტემის არსებითი კომპონენტებია ა) ელემენტები ბ) ურთიერთობები ელემენტებს შორის და გ) მიზანი ანუ ფუნქცია; *სისტემების ზოგადი თეორია* მეცნიერების ის სფეროა, რომელიც მიმართულია სხვადასხვა ტიპის სისტემების შესწავლის მეთოდოლოგიურ პრინციპების გაგებისაკენ. მისი ჩამოყალიბება განაპირობა იმ მეთოდოლოგიურმა გამოწვევებმა, რომლებიც მეცნიერების სხვადასხვა დარგში გაჩნდა სისტემათა სირთულის ზრდის პროპორციულად [4].

ს.ზ.თ-ის ძირითადი თვისებები მოიცავს ზოგადმეცნიერული „სისტემის“ ცნების გამოყენებას, მრავალ სპეციალიზებულ სისტემურ თეორიასთან (წრფივი პროგრამირება, იმიტაციური მოდელები, დინამიურობის თეორია და ა.შ.) ინტეგრაციას, და ფორმალური სისტემების კვლევისას შემუშავებულ ლოგიკურ-მათემატიკურ მეთოდებზე დაყრდნობას (გრაფების თეორია, სტატისტიკური გადაწყვეტა), ძირითადად იყენებს მოდელირებასა და ანალიზირებას (მაგალითად, ციფრული ტყუპები).

წარმოდგენილი ინტერდისციპლინური მეთოდოლოგია (ნახაზი 1) ეყრდნობა სისტემების ზოგად თეორიას და იყენებს *სისტემურ მიდგომას*, რომელიც ტრადიციული სამეცნიერო მეთოდისგან (ნახ. 1-ა) განსხვავებით გულისხმობს სისტემის ერთიანობაში წარმოდგენას და ჰოლისტიკური პერსპექტივიდან მისი ელემენტების შესწავლას (ნახ. 1-ბ) [4].



ნახ. 1. ტრადიციული და სისტემური მიდგომის თავისებურებები

ხელოვნური ინტელექტის (AI) ინტეგრაციის კონტექსტში სისტემების თეორია მიიჩნევს, რომ ტექნოლოგიათა ზეგავლენა საბოლოო პროდუქტიულობაზე შეგვიძლია გავიგოთ მხოლოდ მაშინ, თუ მას მთლიანი რთული მრავალ ქვესისტემიანი სისტემის კონტექსტში შევხედავთ. სისტემური მიდგომა შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას საწარმოო სისტემებში დინამიური ურთიერთქმედების მოდელირებისთვის. რაც საშუალებას მოგვცემს გავაკეთოთ პროგნოზი, თუ რა გავლენას მოახდენს ამა თუ იმ კომპონენტისა თუ ქვესისტემის ცვლილება სხვებზე და მთლიანად სისტემაზე, ჰოლისტიკური პერსპექტივიდან. ფორმულა შეგვიძლია გამოვსახოთ შემდეგნაირად:

$$\text{სისტემის ფუნქციონირება (SP)} = \beta_1 \times AI + \beta_2 \times I + \beta_3 \times C + \varepsilon$$

სადაც AI – ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრაციის შესაბამისი მზომია (ავტომატიზაციის დონე, პროდუქტიულობის გაუმჯობესება და ა.შ.); I – ურთიერთდამოკიდებულება სისტემის კომპონენტებს (ქვესისტემებს შორის); C – საწარმოო პროცესის კომპლექსურობა; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ კოეფიციენტი, რომელიც ამრავლებს თითოეული ფაქტორის ზეგავლენას; ε – შეცდომის ალბათობა, არამოდელირებული ზეგავლენის ფაქტორი.

ერგონომიკა სამეცნიერო დისციპლინაა, რომელიც კომპლექსურად შეისწავლის ადამიანს (ადამიანთა ჯგუფს), მისი (მათი) სამუშაო იარაღების (მათ შორის ფიზიკური და ციფრული გადაწყვეტების), შრომის პირობებისა და პროცესის ოპტიმიზაციის მიზნით [2]. ახალი ტექნოლოგიების, მათ შორის ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული ტექნოლოგიების ნებისმიერი პროდუქტისა თუ სისტემის დიზაინსას, ერგონომიკა გამოიყენება მათი ინტერფეისის დახვეწის, კოგნიტური დატვირთვის შემცირების მიზნით. ერგონომიკას მეორენაირად ადამიანურ ფაქტორთა ინჟინერიასაც უწოდებენ. კონკრეტულად, სისტემური მიდგომისას მეთოდოლოგიის ფარგლებში გამოყენებულია ისეთი ერგონომიკული თეორიები როგორცაა *სოციო-ტექნიკური სისტემების* თეორია, რომელიც კომპანიათა მიერ ორგანიზაციული სისტემის ოპტიმალურ გაუმჯობესებას მხოლოდ სოციალური და ტექნიკური ასპექტების კომპლექსური გათვალისწინებით აღწევს [6].

ორგანიზაციული ფსიქოლოგია ფსიქოლოგიის დარგია, რომელიც სწავლობს ორგანიზაციულ კონტექსტში ინდივიდისა და ინდივიდთა ჯგუფის/ჯგუფების ქცევას. ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების დანერგვისას ორგანიზაციული ფსიქოლოგიის მეთოდებისა და ფაქტორების გამოყენება ხდება ფსიქოლოგიური ზეგავლენის, ამ

ტექნოლოგიათა მიმართ მიმღებადობის გაზომვის და ცვლილებათა მენეჯმენტის კონტექსტში, შეუფერხებელი ტრანზიციისა, ინოვაციებისა და მუდმივი გაუმჯობესების წახალისების მიზნით.

კვლევის კონტექსტში ორგანიზაციული ფსიქოლოგია გამოყენებულ იქნება შეფასების კრიტერიუმის შემუშავებისას. 1990 წელს კარასევისა და ტეორელის მიერ შემუშავებულ იქნა „მოთხოვნა-კონტროლის მოდელი“, რომელმაც საფუძველი დაუდო სამუშაო ადგილებზე მოთხოვნის, თანამშრომელთა კონტროლის და შესაბამის პროდუქტიულობის შორის ურთიერთკავშირსა თუ ურთიერთდამოკიდებულებას. მოდელის მიხედვით ადამიანთა დასაქმების როლების მაღალი ხარისხის კონტროლს შეუძლია მაღალი მოთხოვნისგან წარმოშობილი უარყოფითი ეფექტების ელიმინაცია ან ზეგავლენის შემცირება, რაც საბოლოო ჯამში გაუმჯობესებულ პროდუქტიულობასა და შემცირებულ სტრესს განაპირობებს [7].

3. დასკვნა

აღნიშნულ მოდელს და მის წიაღში აღმოცენებული სამუშაოს მოთხოვნა-რესურსის მოდელი (*JD-R Model*), რომელიც მოთხოვნა-კონტროლის მოდელისა და სხვა წინა თეორიული მოდელებისგან განსხვავდება პროგნოზირებადი ცვლადების მრავალფეროვნებით, რაც სხვადასხვა სამუშაოს პოზიციებზე განსაზოგადებლად უფრო რელევანტურ მონაცემებს იძლევა, შესაბამისად საშუალებას გვაძლევს სამუშაოს მოთხოვნა დავაბალანსოთ არსებულ რესურსებთან, რათა გავაუმჯობესოთ სამუშაო გარემო, რომელიც პირდაპირ ზეგავლენას ახდენს პროდუქტიულობაზე [7].

აღნიშნულიდან გამომდინარე, სამომავლო კვლევების ფარგლებში დაგეგმილი მრავალგანზომილებიანი პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის კრიტერიუმი დაეფუძნება სწორედ ზემოთ შემოთავაზებულ თეორიებსა და ინტერდისციპლინარულ კვლევით მეთოდოლოგიას.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Fried H.O., Lovell K., Schmidt S. (2008). Efficiency and productivity. The measurement of productive efficiency and productivity growth. Efficiency and Productivity.
2. Dictionary of Civic Education. Library of the Parliament of Georgia. (in Georgian). Internet Resource: <http://www.nplg.gov.ge/>
2. Robertson I.T., Cooper C. (2011). Well-Being, Productivity and Happiness at Work. Palgrave Macmillan UK. doi:10.1057/9780230306738
3. Von Bertalanffy L. (1968). General System Theory: Foundations, Development. New York: George Braziller Inc.
4. Odisharia K., Khoshtaria S., Ebanoidze. (2011). Modeling of systems and processes. Tbilisi: Aviation University of Georgia (in Georgian)
5. Smith M.J., Sainfort P.C. (1989). A balance theory of job design for stress reduction. International Journal of Industrial Ergonomics, 4(1), pp 67-79. doi:[https://doi.org/10.1016/0169-8141\(89\)90051-6](https://doi.org/10.1016/0169-8141(89)90051-6)
6. Karasek R., Theorell T. (2017). Healthy Work: Stress, Productivity and the Reconstruction of Working Life. Psychology, vol.8, No.1, January 13. doi:10.4236/psych.2017.81007
7. Bakker A., Demerouti E. (2007). The Job Demands-Resources model: state of the art. Journal of Managerial Psychology, 22(3), pp 309-328.

(სტატია მიღებულია 28.04.2024)

PRODUCTIVITY OPTIMIZATION RESEARCH IN THE ERA OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Luka Kemoklidze
Georgian Technical University
l.kemoklidze@gtu.ge

Summary

This paper investigates productivity optimization in the high-tech era. It explores the concepts of efficiency and productivity, highlighting their differences and interrelationships. The study analyzes the impact of human skills on overall productivity, emphasizing the need for new approaches and skillsets in the face of recent advancements in artificial intelligence (AI) technologies. The paper proposes a multidimensional productivity optimization criterion based on systems theory, ergonomics, and organizational psychology, offering a holistic approach to address the challenges

(Received 28.04.2024)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ В ЭПОХУ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Кемоклидзе Л.
Грузинский Технический Университет
l.kemoklidze@gtu.ge

Резюме

Рассматриваются вопросы исследования оптимизации производительности в эпоху высоких технологий. Рассматриваются понятия эффективности и производительности, выделяются их различия и взаимосвязи. Анализируется влияние человеческих навыков на общую производительность, подчеркивается необходимость новых подходов и навыков в связи с последними достижениями в области технологий искусственного интеллекта (ИИ). Предлагается многомерный критерий оптимизации производительности, основанный на теории систем, эргономике и организационной психологии, предлагающий целостный подход к решению задач оптимизации производительности на современном рабочем месте.

(Поступила 28.04.2024)

DESIGNING A FIRE DETECTION SYSTEM USING THE INTERNET OF THINGS

Topuria Nino, Kashuashvili Sergi

Georgian Technical University
nino.topuria@gtu.ge, kashuashvili.sergo22@gtu.ge

Summary

The presented article describes a forest fire detection web system based on the Internet of Things (IoT), where environmental conditions within woodlands are proactively monitored. This system incorporates advanced sensors (SenseCAP S210X), data analysis techniques, and rapid alert capabilities. Dashboards in Azure IoT Central provide real-time visualization of the data collected from IoT devices, allowing users to monitor device metrics and status as the data is ingested. Historical data stored in an Azure SQL database enables deep, comprehensive, and complex data analysis, supporting long-term strategic decisions. The system aims to enhance early warning capabilities to quickly address forest fires, with the goal of preventing or reducing damage.

Key Words: Internet of Things (IoT). Azure SQL. Microsoft Azure IoT Central. Wio Terminal. SenseCAP S210X.

1.Intoduction

Millions of plants and animals call forests their homes, they assist in climate regulation, filter air and water, and provide a variety of valuable resources. Despite their value, forests really face numerous threats, like destruction, wildfires, or deforestation. Global warming poses a significant threat to forests. Because of fires, pests, and diseases, forests are increasingly threatened as the Earth's climate changes. By adopting environmentally friendly choices, we can all contribute to forest preservation [1].

Sensors are one of the most important tools that we use in order to detect forest fires by monitoring various environmental factors. Temperature, humidity, CO, CO₂, smoke, light, sound, wind speed, soil moisture, GPS, and pressure sensors can all be used to detect a forest fire. In order to receive and communicate information to and from sensors' devices without interference, data collected by these sensors is sent to a gateway. Gateways take data and send it to the cloud, where it may be used for further analysis, storage, and dashboarding. By using these sensors, firefighters can get an early warning that a fire is present and take action to prevent it from spreading [2].

2. Main part

Microsoft Azure is a public cloud computing platform that provides a range of cloud services, including computing, analytics, storage and networking. Microsoft Azure IoT is a collection of Microsoft-managed cloud services that connect, monitor, and control billions of IoT assets. It includes security and operating systems for devices and equipment, along with data and analytics that help businesses to build, deploy and manage IoT applications [3,4].

We use Microsoft Azure to build, test, deploy, and manage applications and services through Microsoft-managed data centers.

The Wio Terminal is a multifunctional development board designed for a wide range of IoT applications and educational purposes. It serves as a central hub for data collection, processing, and it can integrate various sensors. The best approach for forest fire detection involves using a combination of smoke, heat, and gas sensors. Multi-sensor modules like the SenseCAP S210X series or dedicated sensors like the Bosch BME680 and MQ series can provide comprehensive monitoring. Integrating these sensors into an IoT network enhances their effectiveness, enabling early detection and rapid response to forest fires [5].

This article presents a system designed on the basis of Microsoft Azure IoT Central, Power Automate, Azure SQL and Power BI. Figure 1 shows the architecture of the designed system.

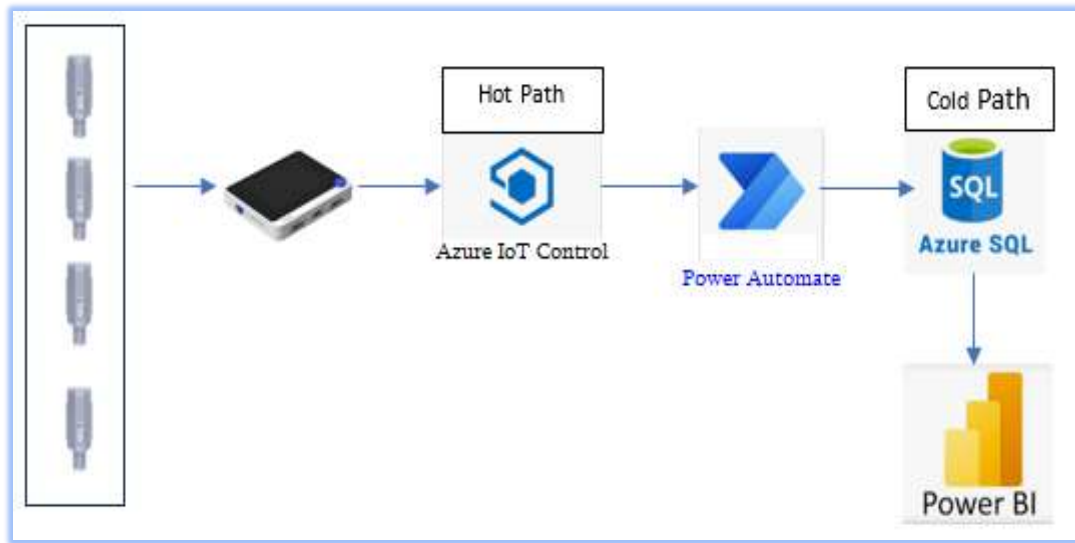


Fig.1. System architecture

Wio Terminal and SenseCAP S210X series are used for data collection.

The SenseCAP S210X series by Seeed Studio comprises a range of environmental sensors designed for robust, long-term outdoor use in IoT deployments. These sensors are known for their durability and ease of integration into IoT networks [5].

Key Features:

Variants: The S210X series includes different models such as:

S2100: For CO₂, temperature, and humidity measurement.

S2101: For light intensity.

S2102: For soil moisture and temperature.

S2103: For barometric pressure.

Connectivity: Typically uses LoRaWAN for long-range, low-power wireless communication, making it suitable for remote and wide-area deployments.

Power: Often battery-powered with a long battery life due to low-power design.

Durability: Designed for harsh environmental conditions with IP66 rating for water and dust resistance.

Accuracy and Range: Varies by model, but generally provides high accuracy for environmental monitoring.

The data from the sensors is reflected on Azure IoT Central Dashboards. Azure IoT Central Dashboards and rules can be considered part of the "hot path" in an IoT solution.

Azure IoT Central dashboards and rules facilitate real-time monitoring, alerting, and automated actions based on live data from IoT devices, aligning with the "hot path" processing in IoT solutions. This enables immediate response to critical conditions and provides up-to-date insights, essential for dynamic and time-sensitive IoT applications (Figure 2).

The IoT Central V3 connector, powered by Power Automate, allows us to map data to Azure SQL, which can be used for the cold path in data processing architectures.

The cold path is crucial for applications that require deep, historical analysis of data rather than immediate, real-time insights. By leveraging batch processing and cost-efficient storage solutions, the cold path enables comprehensive and complex data analysis

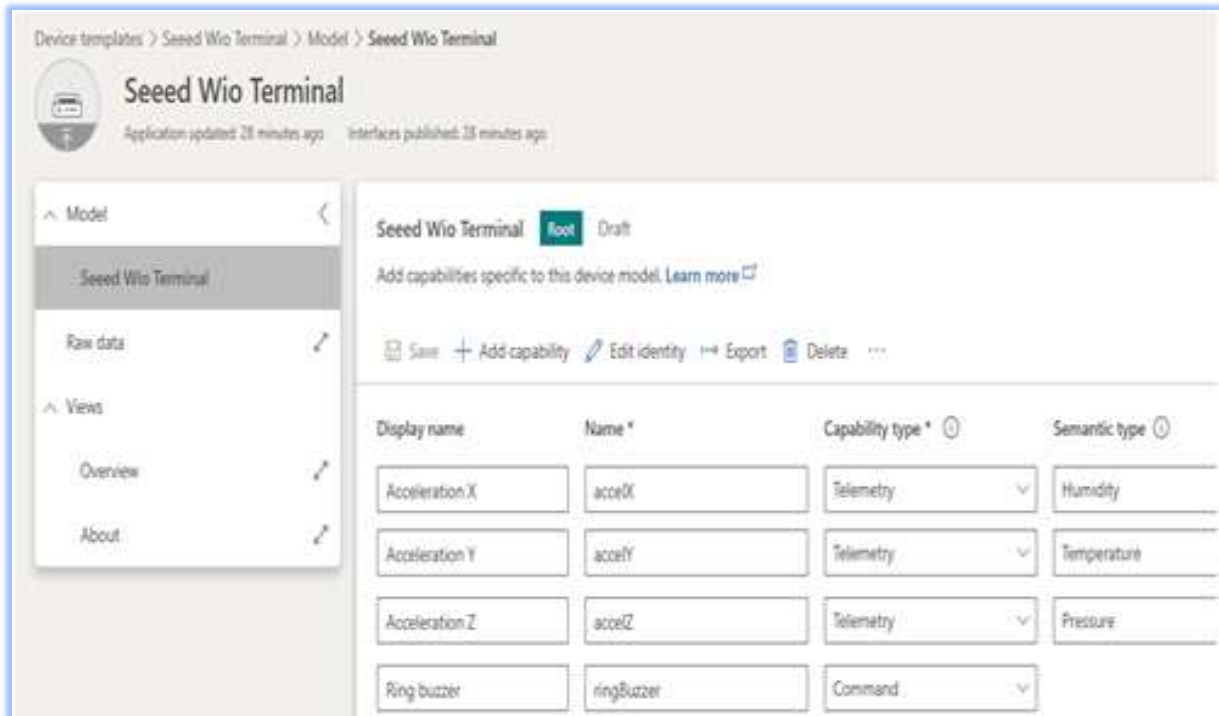


Fig.2. Wio Terminal on Microsoft Azure IoT Central

The hot path and cold path represent two essential approaches in data processing architectures, each serving different needs based on latency and processing complexity. Integrating both paths allows for real-time responsiveness and deep historical insights, enabling robust and versatile data-driven applications.

3. Conclusion

In conclusion, our IoT-based forest fire detection system is a crucial advance in early fire detection. By integrating sensors, advanced analytics and real-time alerts, the system improves the rapid identification of potential fires. Microsoft Azure IoT Central data visualization enhances decision making by offering a clear view of environmental conditions. The cold data path provided by Azure Sql will allow us to perform deep, comprehensive and complex data analysis based on historical data and make long-term strategic decisions.

This system is important for proactive forest protection, which aims to mitigate the destructive effects of fire on ecosystems, and through continuous development, it can be used to create a safe environment.

ლიტერატურა – Reference – Литература:

1. Grari M., Idrissi I., Boukabous M., Moussaoui O., Azizi M., Moussaoui M. (2022). Early Wildfire Detection using Machine Learning Mode Deployed in the Fog / Edge Layers of IoT. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, Vol. 27, No. 2, ISSN: 2502-4752, pp.1062-1073
2. Grari M., Yandouzi M., Idrissi I., Boukabous M., Moussaoui O., Azizi M., Moussaoui M. (2022). Using IoT And MI For Forest Fire Detection, Monitoring, And Prediction: A Literature Review. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. Vol.100. No19, E-ISSN:1817-319. pp.5445-5461
3. Topuria N., Surguladze G., Tsertsvadze M. (2021). Integrated Solution Design Using Azure Sql and Power Platform. Transactions of GTU, Automated Control Systems, No1(32), vol.1.1. pp. 139-144. DOI.org/10.36073/1512-3979 (in Georgian)
4. Ksovreli T., Topuria N. (2019). About Farmer Informational State Support System Design. Transactions of GTU, Automated Control Systems, No2(29). pp. 151-154.

5. Get Started with Wio Terminal, <https://wiki.seeedstudio.com/Wio-Terminal-Getting-Started/> (17.03.2024)

(Received 17.04.2024)

ცეცხლის აღმოჩენის Web-სისტემის დაპოქტება ნივთების ინტერნეტის გამოყენებით

ნინო თოფურია, სერგი ყაშუაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
Nino.topuria@gtu.ge, kashuashvili.sergo22@gtu.ge

რეზიუმე

წარმოდგენილია ნივთების ინტერნეტზე (IoT) დაფუძნებული ტყის ხანძრის აღმოჩენის ვებ-სისტემა, რომლითაც შესაძლებელია ტყეებში ცეცხლის კერების მონიტორინგი. აღნიშნული სისტემა აერთიანებს სრულყოფილ ინდუსტრიულ სენსორებს (SenseCAP S210X), მონაცემთა ანალიზის ტექნიკას და სწრაფი გაფრთხილების შესაძლებლობებს. Azure IoT Central-ის საინფორმაციო დაფები უზრუნველყოფს IoT მოწყობილობებიდან შეგროვებული მონაცემების რეალურ დროში ვიზუალიზაციას, რაც მომხმარებლებს საშუალებას აძლევს დააკვირდნენ მოწყობილობების მეტრიკებსა და სტატუსს. Azure SQL მონაცემთა ბაზაში შენახული ისტორიული მონაცემები საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ ღრმა, ყოვლისმომცველი და კომპლექსური მონაცემთა ანალიზი. იგი მხარს უჭერს გრძელვადიან სტრატეგიულ გადაწყვეტილებებს. ამგვარად, სისტემა მიზნად ისახავს გააძლიეროს ადრეული გაფრთხილების შესაძლებლობები ტყის ხანძრების სწრაფად აღმოსაფხვრელად, ზიანის თავიდან აცილების ან შემცირების მიზნით.

(სტატია მიღებულია 17.04.2024)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕБ-СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Топурия Н., Кашуашвили С.
Грузинский Технический Университет
nino.topuria@gtu.ge, kashuashvili.sergo22@gtu.ge

Резюме

Рассматриваются вопросы проектирования веб-системы обнаружения лесных пожаров на основе Интернета вещей (IoT), с помощью которой осуществляется упреждающий мониторинг условий окружающей среды в лесных массивах. Система включает в себя усовершенствованные датчики (SenseCAP S210X), методы анализа данных и возможности быстрого оповещения. Панели мониторинга в Azure IoT Central обеспечивают визуализацию данных, собранных с устройств IoT, в режиме реального времени, позволяя пользователям отслеживать показатели и состояние устройств по мере приема данных. Исторические данные, хранящиеся в базе данных SQL Azure, обеспечивают глубокий, всесторонний и комплексный анализ данных, поддерживая долгосрочные стратегические решения. Целью системы является расширение возможностей раннего предупреждения на лесные пожары с целью предотвращения или уменьшения ущерба.

(Поступила 17.04.2024)

ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრირება ანგულარ ფრეიმვორკში

გიორგი კაპანაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
kapanadze.giorgi22@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრირება ანგულარ ფრეიმვორკში „ჩატბოტის“ სახით. კერძოდ შემუშავებულია მსგავსი სიტყვების ჩაშენება აპლიკაციაში ალგორითმის საშუალებით, რომელიც ეფუძნება Word Embedding და Word2Vec მოდელს. ალგორითმი რეალიზებულია კლიენტის მხარეს TypeScript დაპროგრამების ენის გამოყენებით. კვლევის შედეგად მიღებული მსგავსი სიტყვების კოდირების ალგორითმი ვებგვერდზე მომხმარებელს „ჩატბოტის“ სახით სთავაზობს ონლაინ კონსულტაციას, კერძოდ ეხმარება ონლაინ სერვისების და მომსახურების უკეთ გაცნობაში. აღნიშნული აპლიკაცია ვებგვერდს ქმნის ეფეტურს და მოქნილს, ასევე ვებგვერდი მეტად ხილვადი და ინდექსირებადი ხდება საძიებო ოპტიმიზაციის სისტემების მიერ. სასარგებლოა როგორც მომხმარებლისთვის ასევე ორგანიზაციისთვის, რომ დაზოგოს ონლაინ კონსულტაციის თანამშრომლების ფიზიკური ძალა და მათი რესურსი გადანაწილდეს სხვადასხვა დანიშნულებისამებრ. მიღებული შედეგების თვალსაჩინოებისათვის შემუშავებულია აპლიკაცია, რომელიც მომხმარებელს რეალურ დროში გაუწევს ონლაინ კონსულტაციას.

საკვანძო სიტყვები. სიტყვების კოდირება. ალგორითმი. მანქანური სწავლება. ანგულარ ფრეიმვორკი. Word Embedding. Word2Vec.

1. შესავალი

ხელოვნური ინტელექტის ჩატბოტები, უპირველეს ყოვლისა, ზრდის ვებგვერდზე შინაარსის შესაბამისობას, მომხმარებლის კითხვებზე და ინტერესებზე დაყრდნობით. იმის გაგებით, თუ რას ეძებენ მომხმარებლები, ბიზნესს შეუძლია შექმნას უფრო შესაბამისი შინაარსი, რომელიც აკმაყოფილებს მათი მომხმარებლების მოთხოვნებს, რამაც შეიძლება გააუმჯობესოს ვებსაიტის რელევანტურობა და გაზარდოს საძიებო სისტემის შედეგებში უფრო მაღალი რეიტინგის შანსები. ჩატბოტების გამოყენება მომსახურების სფეროში დღითიდღე პოპულარული ხდება, რადგან მოსახერხებელი და იაფი ვარიანტია ონლაინ მომხმარებელთა დასახმარებლად [1]. დღეს არსებული ისეთი დიდი ორგანიზაციები როგორცაა Google, Amazon, Ebay და სხვ., იყენებს ჩატბოტებს მომხმარებელთა ონლაინ კონსულტაციაში. ხშირ შემთხვევაში თუ ჩატბოტს მომხმარებლის კითხვაზე არ მოეძებნება შესაბამისი პასუხი ამ დროს უკვე აპლიკაციაში ერთვება ადამიანის ფიზიკური რესურსი.

სტატიაში წარმოდგენილი კვლევის მიზანია ხელოვნური ინტელექტის საშუალებით მოხდეს იმ კითხვების სწავლა და შენახვა აპლიკაციაში, რომლებიც პასუხი წინასწარ არ იქნება განსაზღვრული. ჩატბოტები იყენებს ხელოვნურ ინტელექტს (AI) და მანქანურ სწავლებას კლიენტების შეკითხვებზე პასუხის გასაცემად, ასევე შესაძლებელია მომხმარებელი გადაიყვანოს სწორ განყოფილებაში, სადაც უკვე კომპანიის წარმომადგენელი გააგრძელებს კლიენტთან მომსახურებას [1]. ხელოვნურმა ინტელექტმა შესაძლებელია გაზარდოს მომხმარებლის სესიის

დრო ვებგვერდზე. SEO-სთვის (Search Engine Optimization) - სესიის ხანგრძლივობა ეს არის დრო, რომელსაც მომხმარებლები ატარებენ ვებგვერდზე (SERP Visibility). Google იყენებს სესიის ხანგრძლივობას ვებსაიტის რეიტინგის ასამაღლებლად. მაგალითად, ვებ-საიტს, რომელსაც გრძელი სესიები აქვს, ძეზის ალგორითმი აჩვენებს, რომ ვებსაიტის ინფორმაცია რელევანტურია, რამაც მიიყვანა მომხმარებელი ხანგრძლივ სესიებამდე. ხელოვნური ინტელექტის მიერ მომხმარებელთა მომსახურების შედეგებს შეუძლია აჩვენოს საიტის კონტენტ-მარკეტინგი [2]. კონტენტ მარკეტინგი არის ერთ-ერთი უძლიერესი გზა ძიების რეიტინგის სრულყოფისათვის. მნიშვნელოვანი კითხვების იდენტიფიცირებით და პასუხის გაცემით, რომლებიც აქვს ვებსაიტის სამიზნე აუდიტორიას, გაზრდის კომპანიის ბრენდის ავტორიტეტს და სანდოობას, რაც საბოლოოდ აამაღლებს საიტის რეიტინგს საძიებო სისტემებში.

Angular ფრეიმვორკი, რომელიც ფოკუსირებულია ვებ განვითარების ტექნოლოგიებთან კლიენტის მხარეს (Client-side or Front-end), ხოლო ხელოვნური ინტელექტი (AI – Artificial intelligence, ძირითადად ასოცირდება სერვერის მხარეს (Server-side or Back-end) ტექნოლოგიებთან, ხელოვნური ინტელექტის და მანქანურ დასწავლის ამაღლებასთან ერთად, დეველოპერებს დღეს უკვე შესაძლებლობა აქვთ ამ ტექნოლოგიების ინტეგრირება მოახდინონ კლიენტის მხარეს არსებულ აპლიკაციებში [3,4]. AI-ზე მომუშავე ფუნქციებს შეუძლია გააუმჯობესოს მომხმარებლის ინტერფეისი, უზრუნველყოს პერსონალიზირებული რეკომენდაციები და განმეორებადი ამოცანების ავტომატიზაცია [2]. ანგულარი, თავისი ძლიერი მონაცემებით, როგორცაა კომპონენტებზე დაფუძნებული არქიტექტურა, უზრუნველყოფს მყარ საფუძველს ვებაპლიკაციების შესაქმნელად, რომლებიც იყენებს AI ტექნოლოგიებს. ამავდროულად არის შესანიშნავი პლატფორმა რეალურ დროში (real-time) მონაცემების გამოსატანად სხვადასხვა წყაროებიდან [5]. AI-ზე მომუშავე ანალიტიკურ ინსტრუმენტებთან ერთად, როგორცაა მანქანური დასწავლის ალგორითმები ან პროგნოზირებადი ანალიტიკის მოდელები, დეველოპერებს ხელეწიფაბათ შექმნან მძლავრი ინტერფეისები, რომლებსაც შეუძლია რეალურ დროში ინფორმაციის მიწოდება და რეკომენდაციები. მაგალითად, ჯანდაცვის აპლიკაციას შეუძლია გამოიყენოს რეალურ დროში ანალიტიკა პაციენტის სასიცოცხლო მნიშვნელობის მონიტორინგის და ჯანმრთელობის პოტენციური რისკების პროგნოზირებისთვის. დეველოპერებს შეუძლიათ გამოიყენონ ანგულარის არქიტექტურა და შექმნან მონაცემთა გამოტანის მექანიზმები, რათა აჩვენონ ეს მონაცემები რეალურ დროში.

ჩატბოტები და NLP (Natural language processing) ინსტრუმენტები სულ უფრო პოპულარული ხდება ვებ აპლიკაციებში. ისინი მომხმარებლებს აწვდის პერსონალიზირებულ გამოცდილებას, რათა შეძლონ მრავალი ამოცანის ავტომატიზაცია, როგორცაა მომხმარებელთა მომსახურება ან ონლაინ გაყიდვები [2]. ხელოვნური ინტელექტის ჩატბოტების დაპროგრამება შესაძლებელია სხვადასხვა ამოცანების შესასრულებლად, როგორცაა ხშირად დასმულ კითხვებზე პასუხის გაცემა, მომხმარებელთა დახმარების გაწევა, შეხვედრების დაჯავშნა და შეკვეთების დამუშავება. მათ, შეუძლია ისწავლონ მომხმარებლის წინა ურთიერთქმედებიდან და გააუმჯობესონ თავიანთი პასუხები დროთა განმავლობაში.

2. ძირითადი ნაწილი

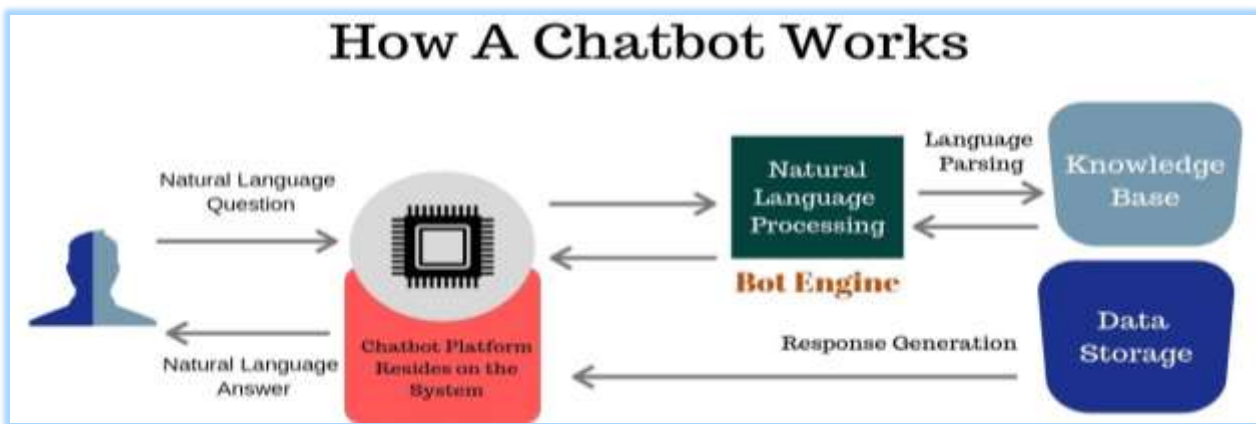
ანგულარ ფრეიმვორკში ჩატბოტის ინტეგრირება ეფუძნება სიტყვების ჩაშენების - Word Embedding და Word2vec მოდელს, რისი საშუალებითაც აპლიკაციაში მომხმარებელს შესაძლებლობა აქვს მიიღოს ონლაინ კონსულტაცია, კერძოდ ეხმარება ონლაინ სერვისების და

მომსახურების უკეთ გაცნობაში, სასარგებლოა როგორც მომხმარებლისთვის, ასევე ორგანიზაციისთვის, რომ დაზოგოს ონლაინ კონსულტაციის თანამშრომლების ფიზიკური ძალა და მათი ენერჯია გადაანაწილოს სხვადასხვა დანიშნულებისამებრ.

Word Embedding – არის სიტყვების წარმოდგენის ტიპი, რომელიც მანქანურ დასწავლაში ალგორითმების საშუალებით შეიძლება გამოვიყენოთ მსგავსი სიტყვების ერთმანეთთან დასაკავშირებლად. მას ასევე უწოდებენ განაწილებულ სემანტიკურ მოდელს, რომელიც შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც ვექტორული სივრცე, სადაც ხდება კატეგორიზაცია, ანუ მგავსი სიტყვების ერთ კატეგორიაში მოთავსება. სიტყვების კოდირება, იგივე ჩაშენება გვეხმარება ფუნქციების გენერირებაში, დოკუმენტების დაჯგუფებაში, ტექსტის კლასიფიკაციასა და ბუნებრივი ენის დამუშავებაში [6].

Word2vec არის ტექნიკა/მოდელი, რომელიც ახდენს სიტყვების ჩაშენებას უკეთესი სიტყვების ასახვისათვის, რა დროსაც შესძლებელია გათვალისწინებულ იყოს სიტყვების სინონიმებიც. სიტყვები წარმოდგენილია ვექტორების სახით. ამავდროულად, მსგავსი მნიშვნელობის სიტყვები ერთად განთავსდება [6].

ჩატბოტის აპლიკაცია მუშაობს შემდეგი პრინციპით [7]: მომხმარებლიდან მიღებული კითხვა დამუშავდება კლიენტის მხარეს (ანგულარ ფრეიმვორკში), სადაც განსაზღვრული იქნება სავარაუდო კითხვა-პასუხი. თუ აპლიკაციაში ვერ მოიძებნა მომხმარებლის დასმულ კითხვაზე შესაბამისი პასუხი, Node.js -ის საშუალებით კითხვა გადაიგზავნება სერვერის მხარეს, სადაც გამოყენებული იქნება Natural Language Processing და მოხდება სწავლება (ნახ.1) [7].



ნახ.1. ჩატბოტის მუშაობის პრინციპი

ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრირება ანგულარ აპლიკაციაში ჩატბოტის სახით მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

- **ეტაპი 1** – შევქმნათ მსგავსი სიტყვების რუკა, სადაც თითოეულ სავარაუდო შეკითხვას აქვს შესაბამისი პასუხი.

```
messageMap = {
  "გამარჯობა" : "გამარჯობათ, რით შემიძლია დაგეხმაროთ?",
  "სამუშაო საათები" : "ფილიალის სამუშაო საათები დილის 09:00 - 17:30",
  "default": "დამატებით კითხვებისთვის დაგვიკავშირდით ტელ. 1272"
}
```

- **ეტაპი 2** – მოვახდინოთ მომხმარებლის მიერ გამოგზავნილ კითხვებში სიტყვების ანალიზი.

```
getBotAnswer(msg: string) {
  const userMessage = new Message('user', msg);
  this.conversation.next([userMessage]);
  console.log(userMessage)
  const botMessage = new Message('bot', this.getBotMessage(msg));

  setTimeout(()=>{
    this.conversation.next([botMessage]);
  }, 1500); }
```

- **ეტაპი 3** – თუ მომხმარებლის მიერ გამოგზავნილ კითხვას აქვს შესაბამისი პასუხი, ჩატბოტი დაუბრუნებს პასუხს. წინააღმდეგ შემთხვევაში კითხვა გადაიგზავნება სერვერის მხარეს აპლიკაციის პროგრამირების ინტერფეისით (API -Application programming interface) სწავლების მოდელისათვის.

```
public sendQuestion(msg):void{
  this.API.sendQuestionToNLP({userMessage:msg}).subscribe((res)=>{
    let answer = res;
  })
}
```

- **ეტაპი 4** – მოვახდინოთ node.js - ში NLP.js ბიბლიოთეკის ინსტალაცია და NlpManager [8] - ით სავარაუდო კითხვების და პასუხების დამატება.

```
npm install node-nlp
const { NlpManager } = require('node-nlp');
const manager = new NlpManager({ languages: ['en'], forceNER: true });
manager.addDocument('en', 'შოგესალმებით, 'გამარჯობა.ნახვამდის');
```

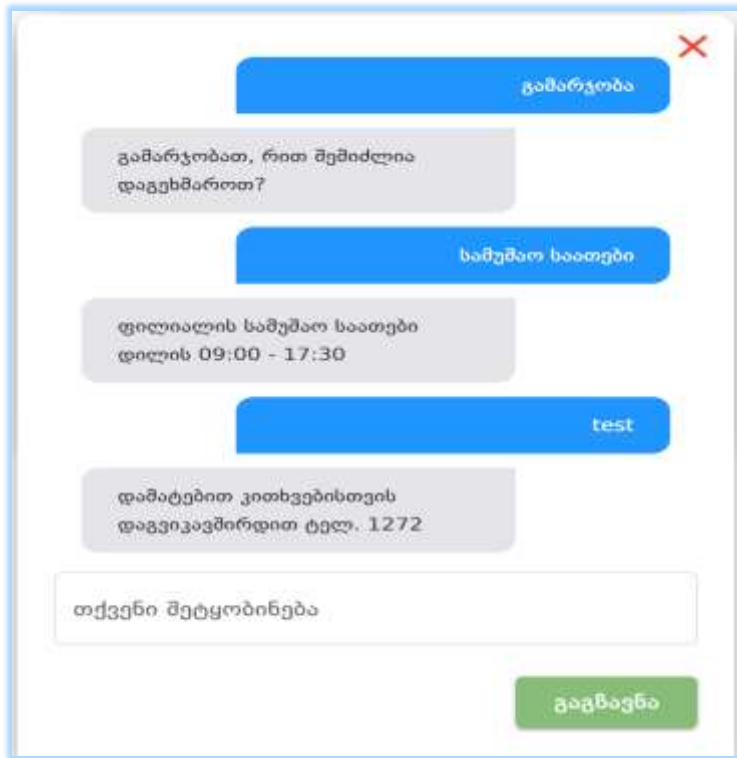
- **ეტაპი 5** – სწავლება და მოდელის შენახვა.

```
manager.addAnswer('en', 'გამარჯობა.ნახვამდის, 'მომავალ შეხვედრამდე');
(async() => {
  await manager.train();
  manager.save();
  const response = await manager.process('en', 'გისურვებთ წარმატებულ დღეს');
  console.log(response);
})();
```

- **ეტაპი 6** - თუ სწავლება წარმატებით დასრულდა მომხმარებელ დაუბრუნდება პასუხი. წინააღმდეგ შემთხვევაში გაეგზავნება Default პასუხი, რაც წინასწარ არის განსაზღვრული (ნახ.2).

3. დასკვნა

ნაშრომში წარმოდგენილია ხელოვნური ინტელექტის აქტუალობა ვებ-დეველოპმენტში. დასმულია ჩატბოტის ინტეგრირების ამოცანა კლიენტის მხარეს პროგრამირების ფრეიმვორკში, კერძოდ, ანგულარში. ამოცანის გადაჭრისათვის შემუშავებულია ალგორითმი, რომელიც ეფუძნება მსგავსი სიტყვების ჩაშენების - Word Embedding და Word2vec მოდელს.



ნახ.2. ჩატბოტის აპლიკაცია

სიტყვების კოდირება, იგივე ჩაშენება, ეს არის სიტყვების წარმოდგენის ტიპი, რომელიც მანქანურ დასწავლაში ალგორითმის საშუალებით გამოყენებულია მსგავსი სიტყვების გასაგებად და ამ სიტყვების ერთმანეთთან დასაკავშირებლად. ალგორითმის რეალიზაცია ხდება TypeScript დაპროგრამების ენაზე, რომელიც უზრუნველყოფს მომხმარებლის მიერ დასმულ კითხვაზე შესაბამისი პასუხის დაბრუნებას.

შედეგების თვალსაჩინოებისათვის შექმნილია ჩატბოტ აპლიკაცია, რომელიც წინასწარ განსაზღვრული სავარაუდო კითხვებით კონსულტაციას გაუწევს ონლაინ მომხმარებლებს. აღნიშნული აპლიკაცია სასარგებლოა იმ ორგანიზაციებისთვის, რომლებიც ონლაინ კონსულტაციისთვის იყენებს ადამიანის ფიზიკურ რესურსს, ამავდროულად დამატებითი ბონუსია საძიებო სისტემებში ვებგვერდის მაღალი ინდექსირებისათვის.

ლიტერატურა – Reference – Литература:

1. Yodhi Yuniarthe. (2017). Intelligent System and Information Technology Application of Artificial Intelligence (AI) in Search Engine Optimization (SEO). International Conference on Soft Computing.
2. Tejendra Kumar. (2023). Integration of Intelligent AI & SEO: A Review of Various Factors. International Journal of New Media Studies (IJNMS), ISSN: 2394-4331 Volume 10 Issue 1.
3. Aristeidis Bampakos, Pablo Deeleman (2023). Learning Angular Fourth Edition, Packt Publishing.
4. Nate Murray, Felipe Coury, Ari Lerner (2020). Ng-book The Complete Guide to Angular, Fullstack.io.
5. Misko Hevery (2016). Switching to Angular 2. Build SEO-friendly, high-performance single-page-applications with Angular2.
6. Daniel Johnson (2023). Word Embedding and Word2Vec Model with Example. Guru99-Ebook.

7. Gourav Khanna (2019). The Beginner's Guide For Startup – Chatbots Works and Importants.
8. NLP.js (2023). <https://www.npmjs.com/package/node-nlp>

(სტატია მიღებულია 2.04.2024)

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO THE ANGULAR FRAMEWORK

Kapanadze Giorgi
Georgian Technical University
kapanadze.giorgi22@gtu.ge

Summary

Integrating artificial intelligence into the Angular framework in the form of a "chatbot" is discussed. In particular, the embedding of similar words in the application by means of an algorithm based on the Word Embedding and Word2Vec model has been developed. The algorithm is implemented on the client side using the TypeScript programming language. The coding algorithm of similar words obtained as a result of the research offers online consultation to the user in the form of a "chatbot" on the website, in particular, it helps in better familiarization with online services and services. This application makes the website effective and flexible, and the website becomes more visible and indexable by search optimization systems. It is beneficial for both the user and the organization to save the physical strength of the online consultation staff and allocate their resources for different purposes. In order to make the obtained results visible, an application has been developed, which will provide online consultation to the user in real time.

(Received 2.04.2024)

ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ФРЕЙМВОРК ANGULAR

Капанадзе Г.
Грузинский Технический Университет
kapanadze.giorgi22@gtu.ge

Резюме

Рассматриваются вопросы интеграции Искусственного Интеллекта в фреймворк Angular в виде «чат-бота». В частности, разработано встраивание похожих слов в приложение посредством алгоритма, основанного на модели Word Embedding и Word2Vec. Алгоритм реализован на стороне клиента с использованием языка программирования TypeScript. Полученный в результате исследования алгоритм кодирования подобных слов предлагает пользователю онлайн-консультацию в виде «чат-бота» на сайте, в частности, помогает лучшему ознакомлению с онлайн-сервисами и сервисами. Это приложение делает веб-сайт эффективным и гибким, а также делает его более заметным и индексируемым системами поисковой оптимизации. И пользователю, и организации выгодно сэкономить физические силы сотрудников онлайн-консультации и распределить их ресурсы для разных целей. Для того, чтобы сделать полученные результаты видимыми, разработано приложение, которое предоставит пользователю онлайн-консультацию в режиме реального времени.

(Поступила 2.04.2024)

პერსონალიზებული ელექტრონული სწავლების მოდელების დამუშავება LMS Moodle-ის ბაზაზე

გიორგი თანდილაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

tandilashviligiorgi08@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია LMS Moodle-ის ინოვაციური ფუნქციების საშუალებით პერსონალიზებული სწავლების მოდელების აგების მეთოდოლოგია და მათი პრაქტიკული რეალიზება. მოდელები მოიცავს პერსონალიზაციის ასპექტების სპექტრსა და კომბინაციებს, როგორცაა - აპლიკანტის პერსონალური ინფორმაცია და პრეფერენციები, სასწავლო ობიექტების აგება და მიწოდება, სწავლების მეთოდოლოგიის მორგება და ადაპტირება. მოდელების აგების მეთოდოლოგია მნიშვნელოვანია მრავალმხრივი და ეფექტური პერსონალიზებული სასწავლო კურსების შესაქმნელად. LMS Moodle-ის წვდომის კონტროლის ფუნქციებისა და მექანიზმების გამოყენებით, როგორცაა - წვდომის შეზღუდვა (Restrict Access) და დასრულების თვალყურის დევნება (Completion Tracking), შესაძლებელი გახდა მრავალფეროვანი პერსონალიზებული სასწავლო მოდელების სცენარების შექმნა და ეფექტიანი სასწავლო პროცესის განხორციელება.

საკვანძო სიტყვები - სწავლების პერსონალიზაცია, ელექტრონული სწავლება, სწავლების პერსონალიზაციის მოდელები, პერსონალიზაცია სწავლის მართვის სისტემებში.

1. შესავალი

განათლების მუდმივად განვითარებად სფეროში ტექნოლოგიების ინტეგრაციამ მნიშვნელოვნად გარდაქმნა ტრადიციული სასწავლო პროცესი. საუდიტორიო ტრადიციული საზღვრები იშლება, რათა ადგილი დაუთმოს ინოვაციურ საგანმანათლებლო მიდგომებს, რომლებიც აკმაყოფილებს სწავლის მრავალფეროვან სტილსა და პრეფერენციებს. ამ პარადიგმის ცვლაში უმნიშვნელოვანესია ელექტრონული სწავლების პლატფორმები, რომლებიც ციფრული ინსტრუმენტებითა და რესურსების გამოყენებით მნიშვნელოვან გარდატეხას ახდენს საგანმანათლებლო პროცესში.

თანამედროვე ციფრულ ეპოქაში საგანმანათლებლო პროცესის ინდივიდუალურ საჭიროებებსა და პრეფერენციებზე მორგება და პერსონალიზაცია წარმოადგენს ერთ-ერთ მთავარ გამოწვევას. პერსონალიზებული სასწავლო პროცესის ორგანიზებისა და ოპტიმიზებისათვის დღეს აუცილებელი გახდა სასწავლო პროცესის მართვის თანამედროვე სისტემების (LMS) გამოყენება [1]. თანამედროვე LMS-ების შესაძლებლობები ბევრად აღემატება მათს თავდაპირველ კონტენტის საცავების როლს. აპლიკანტის უნიკალურ საჭიროებათა დასადაგენად ისინი იყენებს ხელოვნური ინტელექტის, მონაცემთა ანალიტიკის სრულყოფილ ალგორითმებს მრავალ-ფეროვანი სასწავლო კონტენტისა და სწავლების მეთოდოლოგიის განსახორციელებლად [2, 3].

პანდემიასთან დაკავშირებულმა მოვლენებმა ნათლად დაგვანახა სწავლებაში ტექნოლო-გიების ელემენტთა გამოყენების აუცილებლობა. ამით გამოწვეული დისტანციური სწავლება, რომელიც ელექტრონული სწავლების ელემენტებით ხორციელდებოდა, საკმაოდ მზად დახვდა წარმოქმნილ გამოწვევებს. ელექტრონულმა სწავლებამ გაუძლო დროისა და სივრცის შეზღუდვებს და სასწავლო პროცესი ხელმისაწვდომი გახდა ყველასათვის, ვისაც ჰქონდა

ინტერნეტი. თუმცა, დაგვანახა, რომ მხოლოდ ხელმისაწვდომობა არ არის საკმარისი. ამ ტიპის განათლების ეფექტიანობა მდგომარეობს მის უნარში, მოიზიდოს, ჩართოს და მოერგოს აპლიკანტს, პრეფერენციებს. სწორედ აქ ვლინდება პერსონალიზაციის კონცეფციის მნიშვნელოვანი როლი. პერსონალიზებული სწავლება, რომელიც ფოკუსირებულია აპლიკანტის საჭიროებებიდან გამომდინარე საგანმანათლებლო კონტენტის, ტემპისა და სტილის მორგებაზე, განსაზღვრავს ცოდნის შეძენის ეფექტიანობას.

სწავლების ადაპტური გზების, ინტელექტუალური კონტენტის რეკომენდაციებისა და მონაცემთა ანალიტიკის საფუძველზე, თანამედროვე LMS-ით შესაძლებელია საგანმანათლებლო პროცესი მოერგოს ინდივიდუალური აპლიკანტის შემეცნებით შესაძლებლობებსა და პრეფერენციებს [4, 5].

სასწავლო პროცესის ტრადიციული მეთოდით წარმართვისას ძალიან პრობლემატურია და ხშირად პრაქტიკულად შეუძლებელი პერსონალიზაციის მრავალი ასპექტისა და მათი კომბინაციების მიხედვით სასწავლო კურსის დაგეგმვა, აგება და სწავლების პროცესის განხორციელება. მაგალითად, თუ სასწავლო კურსის მიმდინარეობისას, აპლიკანტის პრეფერენციებიდან გამომდინარე, დასაშვებია პერსონალიზაცია სასწავლო მასალის სირთულის, ფორმატის, მიმდევრობის, ტემპის არჩევის მიხედვით, აპლიკანტთა მცირე რაოდენობის შემთხვევაში კი იმდენად ბევრი სხვადასხვა სწავლების გზა წარმოიშვება, რომ პედაგოგისთვის ძალიან რთულდება თითოეული სასწავლო ტრაექტორიის კონტროლი. ასევე რთულდება აპლიკანტის შეუფერხებელი უზრუნველყოფა არჩეული სასწავლო მასალით, დავალებებისა და სწავლის დონის გაკონტროლება.

ელექტრონული სწავლების შემთხვევაში ან ტრადიციულ სწავლებაში გარკვეული დოზით ელექტრონული სწავლების ელემენტებისა და LMS-ების ჩართულობით მნიშვნელოვნად შეიძლება გაუმჯობესდეს აპლიკანტთა ცოდნა, უნარები და გამოცდილება. ამისათვის კი აქტუალურია და საჭირო პერსონალიზაციის სხვადასხვა სცენარის შესაბამისი ელექტრონული სწავლების მოდელების აგება და კვლევა.

განვიხილოთ ის კომპლექსური სინერგია, რომელიც მიიღწევა პერსონალიზაციის მეთოდებისა და თანამედროვე LMS-ების ინოვაციური ფუნქციების საშუალებით, LMS Moodle-ის მაგალითზე. კარგად დამკვიდრებული LMS-ის თვალსაჩინო მაგალითია Moodle, რომელიც დღეისათვის ერთ-ერთი ყველაზე განვითარებული და გავრცელებული სისტემაა, როგორც საგანმანათლებლო სივრცეში, ისე ელექტრონული ტრენინგების ორგანიზებისათვის. LMS Moodle წარმოადგენს კომპლექსურ პლატფორმას, რომელიც არა მხოლოდ ხელს უწყობს პერსონალიზებული სწავლების ორგანიზებას, არამედ უმკლავდება გამოწვევებს, რომლებიც პერსონალიზებული კურსის სხვადასხვა სცენარის დიზაინისას წარმოიშვება.

პერსონალიზებული კურსის შექმნისას არსებობს არაერთი მნიშვნელოვანი ასპექტი, რომელიც კურსის დიზაინში უნდა იქნეს გათვალისწინებული აპლიკანტთათვის ეფექტური და მიმზიდველი სასწავლო პროცესის უზრუნველსაყოფად (ნახ. 1.). აღნიშნული პერსონალიზაციის ასპექტები და მათი როლი პერსონალიზებული სასწავლო კურსის შესაქმნელად სისტემატიზებულია ნაშრომში [6].



ნახ. 1. სასწავლო პროცესის პერსონალიზაციის კომპონენტები

2. LMS Moodle-ის ბაზაზე პერსონალიზებული კურსის მოდელის აგება

თანამედროვე ვერსიის LMS Moodle-ში რეალიზებულია სასწავლო ობიექტებზე წვდომის მართვის ფუნქციები, წვდომის შეზღუდვა (Restrict Access) და დასრულების თვალყურის დევნება (Completion Tracking). ზოგადად, მათი ძირითადი ფუნქცია დაკავშირებულია კურსის ფარგლებში აქტივობების ხილვადობის ან ხელმისაწვდომობის კონტროლთან. კერძოდ:

- Restrict Access - ფუნქციის საშუალებით ხდება პირობების დაწესება, რომლებიც უნდა დაკმაყოფილდეს, სანამ აპლიკანტი შეძლებს წვდომას კონკრეტულ აქტივობებსა თუ რესურსებზე. ის არსებითად აკონტროლებს, როდის გახდება აქტივობა ან რესურსი წვდომადი მომხმარებლისთვის.

- Completion Tracking - ფუნქციის საშუალებით ხორციელდება თვალყურის დევნება, დაასრულა თუ არა აპლიკანტმა კონკრეტული აქტივობა ან რესურსი. აქტივობების დასრულების სტატუსზე დაყრდნობით ხდება შემდგომი აქტივობების ხილვადობის ან ხელმისაწვდომობის განსაზღვრა.

აღნიშნული ფუნქციებით შესაძლებელია განხორციელდეს სასწავლო ობიექტების მიმდევრობის ნაკადის მართვა და სწავლების მიმდინარეობის პროგრესის მონიტორინგი.

უნდა აღინიშნოს, რომ კონცეპტუალური გაგებით, Moodle-ში წვდომის შეზღუდვა შეიძლება ფუნქციურად მსგავსია პროგრამირების ენებში if then ოპერატორის. პროგრამირებაში if then ოპერატორი ამოწმებს პირობას - შესრულდეს თუ არა გარკვეული პროგრამული ბლოკი, ხოლო Moodle-ში წვდომის შეზღუდვა ამოწმებს პირობებს - წვდომადია თუ არა სასწავლო ობიექტი.

Restrict Access და Activity Completion ფუნქციების სხვადასხვა პარამეტრით შესაძლებელია, თითოეულ სასწავლო ობიექტზე ან ობიექტთა ჯგუფზე განხორციელდეს წვდომის კონტროლი. მაგალითად, პარამეტრებად შეიძლება იყოს სასწავლო ობიექტის დასრულების შედეგი, თარიღის დადგომის მომენტი, დროითი პერიოდის ამოწურვა, შეფასების ქულა, ჯგუფის ნომერი, აპლიკანტის პროფილის რომელიმე მონაცემი ან/და მათი ლოგიკური ფუნქციებით გადამბული კომბინაციები (Activity, Date, Grade, Group, User profile, Restriction set). სასწავლო ობიექტებზე წვდომის მართვის ფუნქციების გამოყენება მნიშვნელოვნად ზრდის მრავალფეროვანი სასწავლო

კურსის პერსონალიზაციის სცენარების აგებას. აღსანიშნავია, რომ LMS Moodle-ში შესაძლებელია აპლიკანტის პროფილში ახალი დასახელების ველების დამატება, რომლის მიხედვითაც შემდგომში შესაძლებელი იქნება საჭირო პერსონალიზაციის განხორციელება. მნიშვნელოვანია ისიც, რომ ამ ფუნქციებისა და მექანიზმების საშუალებით აგებული პერსონალიზებული სწავლების მოდელებისათვის კურსის დიზაინერს აღარ სჭირდება პროგრამული კოდის გამოყენება.

პერსონალიზებული სწავლების მოდელების აგების სადემონსტრაციოდ განვიხილოთ ტიპური ელექტრონული კურსი, რომელსაც კვირეული ფორმა აქვს. თითოეულ კვირაში სასწავლო ობიექტებისა და მათზე წვდომის კონტროლის საჩვენებლად გამოყენებულია შემდეგი გრაფიკული აღნიშვნები:

სასწავლო ობიექტი მუქი მართკუთხედი - Learning object - სასწავლო ობიექტი. ეს შეიძლება იყოს სასწავლო რესურსი ან აქტივობა. რესურსებია: ფაილი, ბმული რაიმე ციფრულ რესურსზე და სხვა. აქტივობებია: დავალებები, გაკვეთილი, ტესტი, გამოკითხვა და სხვა.

აქტივობის დასრულება წყვეტილი მართკუთხედი - Activity Completion - აქტივობის დასრულების შედეგი. ასეთი მართკუთხედი შეიძლება განთავსდეს სასწავლო ობიექტის შემდეგ, როცა საჭიროა ობიექტის დასრულების კონტროლი. დასრულების ვარიანტები მოიცავს ამ ობიექტის ნახვას, მოქმედების დასრულებულად მონიშვნას და სხვა.

წვდომის შეზღუდვა წყვეტილი მართკუთხედი ოვალური კუთხეებით - Restrict Access - წვდომის შეზღუდვა შეიძლება განთავსდეს ნებისმიერი სასწავლო ობიექტების წინ. მასში ჩაწერილია შესაბამის ობიექტზე წვდომის (გამოჩენის) აკრძალვის პირობები.

↑ წყვეტილი ისარი მიუთითებს, თუ რომელი ობიექტის დასრულების პირობის კონტროლი ხდება.

როგორც წესი, კურსში გაწევრიანებამდე აპლიკანტმა უნდა შეასრულოს სავალდებულო პრეტესტი, რათა გაირკვეს მისი წინარე ცოდნა. ეს დაეხმარება კურსის დიზაინერს, დაგეგმოს კურსის სასწავლო პროცესი იმგვარად, რომ სასწავლო აქტივობები და რესურსები მაქსიმალურად პერსონალიზდეს აპლიკანტის სწავლის სტილზე, ტემპზე, პრეფერენციებზე და ა.შ. ვთქვათ, პრეტესტის გავლა მოეთხოვება ყველა აპლიკანტს. წინააღმდეგ შემთხვევაში ის ვერ შეძლებს მომდევნო კვირების სასწავლო კონტენტის ნახვას და შესაბამისად ვერ დაიწყებს სწავლას. ცოდნის დონის შეფასების ასეთი პრეტესტი ხშირად გამოიყენება სასწავლო კურსის გავლის შედეგად სწავლის პროგრესის შესაფასებლად.

სადემონსტრაციო კურსის პირველი კვირის მოდელი შესაძლოა განხორციელდეს შემდეგი სცენარით (ნახ.2).

თავდაპირველად კურსში გაწევრიანებული აპლიკანტი ხედავს კვირის შემადგენელ აქტივობებსა და რესურსებს. ზოგიერთი მათგანის დასახელება მუქია და ზოგის კი - მკრთალი. აქტივობის მუქი სახელი გამოხატავს მის ხელმისაწვდომობას, ხოლო მკრთალი - შეზღუდვას. აქტივობასა და რესურსზე წვდომა შეიძლება შეიზღუდოს ხუთი ძირითადი პარამეტრით: აქტივობით, დროით და თარიღით, შეფასებით, ჯგუფით/ებით, მომხმარებლის პროფილით ან მათი კომბინაციებით. გარდა ამისა, თითქმის ყველა კომპონენტს აქვს დასრულების პირობა,

რომლის შესრულებაზეც შეიძლება იყოს დამოკიდებული შემდეგი აქტივობა ან რესურსზე წვდომა.



ნახ. 2. სცენარის გრაფიკული ბლოკ-სქემა

წვდომის შეზღუდვისა და დასრულების პირობა სურვილისამებრ შეიძლება ხილული იყოს აპლიკანტათვისაც. ზოგიერთი აქტივობის/რესურსის დასრულების პირობა საჭიროებს აპლიკანტის მხრიდან არჩევანის დაფიქსირებას (ღილაკით “Mark as done”). სადემონსტრაციო პირველი კვირა იწყება სავალდებულო ტექსტური მასალითა და შესაბამისი პრეზენტაციით („ლექცია 1, თემა 1 - ინფორმაციის ცნება. გამოთვლითი ტექნიკის განვითარების ისტორია“ და „პრეზენტაცია 1- თემა 1“). აღნიშნულ რესურსებს დასრულების ფორმად მიენიჭა ნახვის View პარამეტრი. აქედან გამომდინარე, სისტემისთვის დასრულებულად ჩაითვლება, თუ აპლიკანტი გახსნის ამ ფაილს (ნახ.3, 4).

ამ რესურსების გავლის შემდეგ აპლიკანტს გაუაქტიურდება არასავალდებულო დამატებითი სასწავლო მასალა (შესაძლოა სხვადასხვა ფორმის: ტექსტური, ვიდეო, აუდიო და სხვა). უნდა აღინიშნოს, რომ არააქტიურ ელემენტებს დაბლა უწერია შეზღუდვის პირობა/ები.

„პრაქტიკული სამუშაო 1-ის“ გააქტიურება პირობით დაკავშირებულია სავალდებულო სასწავლო მასალის დასრულებაზე (ნახ.5). ეს აქტივობა დასრულდება, როდესაც აპლიკანტი ატვირთავს შესრულებულ დავალებას.



ნახ. 3. აპლიკანტის ხედი - სასათვისებელი ძირითადი და დამატებითი სასწავლო ობიექტები



ნახ. 4. აპლიკანტის ხედი - ძირითადი სასწავლო ობიექტების პირობის შესრულების შემდეგ



ნახ. 5. აპლიკანტის ხედი - „პრაქტიკული სამუშაო 1“ წვდომის შეზღუდვის შესრულებამდე

„თვითშეფასების ტესტი 1-ის“ გააქტიურება დამოკიდებულია „პრაქტიკული სამუშაო 1-ის“ დასრულებაზე. ტესტი სრულდება ერთი მცდელობით. დასრულების შემდგომ აპლიკანტი ხედავს შეფასებას, სწორ და მცდარ პასუხებს.



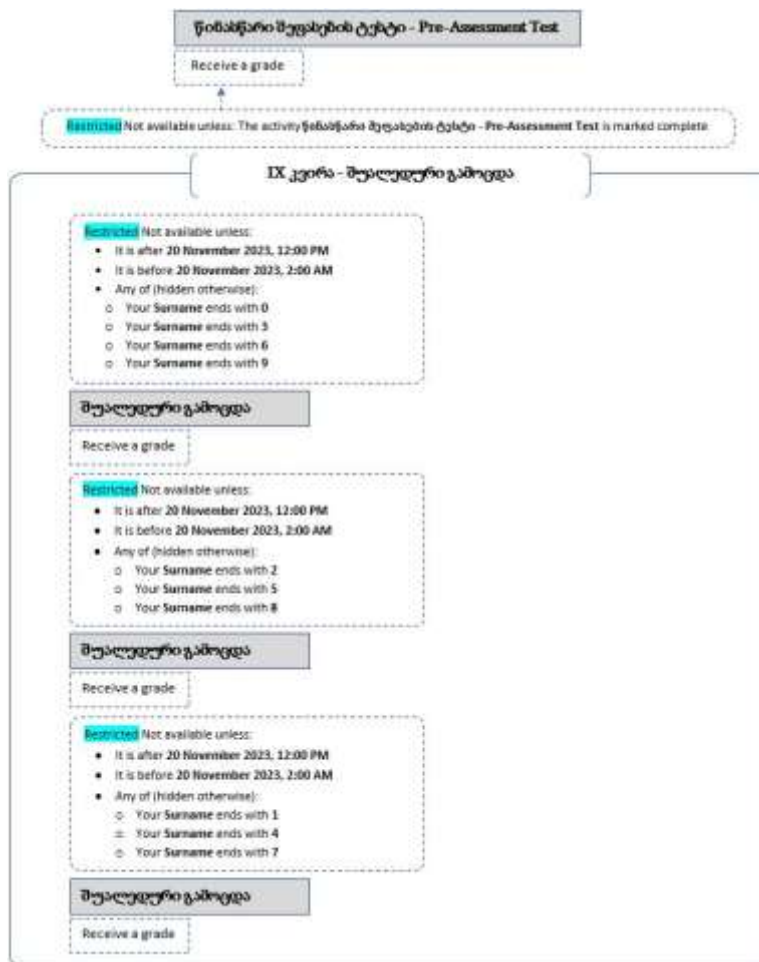
ნახ. 6. აპლიკანტის ხედი - „თვითშეფასების ტესტი 1“ წვდომის შეზღუდვის შესრულებამდე

„კვირის შეფასების დავალება“ დამოკიდებულია „თვითშეფასების ტესტი 1“-ის დასრულებაზე. ეს აქტივობა ჩაითვლება დასრულებულად, როდესაც აპლიკანტი ატვირთავს შესრულებულ დავალებას. მიღებული შეფასება აისახება აქტივობის ქულაში და ამით სრულდება მიმდინარე კვირა (ნახ.7).



ნახ. 7. აპლიკანტის ხედი - „კვირის შეფასების დავალება“
წვდომის შეზღუდვის შესრულებამდე

შუასემესტრული გამოცდის ფსევდო შემთხვევითობის პრინციპით მიწოდება და მართვა ნაჩვენებია მე-8 ნახაზზე.



ნახ. 8. სცენარის გრაფიკული ბლოკ-სქემა

წვდომის შეზღუდვის Activity პირობის ველში ვუთითებთ სასურველ კომპონენტს, ხოლო ვარიანტის შემთხვევითობის უზრუნველყოფა შესაძლებელია ასეთნაირად: პირად მონაცემებში ყოველ მათგანს ველში LastName ჩაწერილი აქვს უნიკალური ID ნომერი. აღსანიშნავია, რომ ID ნომერი სხვადასხვა მომხმარებლისთვის ფსევდო შემთხვევითი რიცხვია და შესაბამისად ამ რიცხვის ბოლო თანრიგის ციფრიც შემთხვევითია (0, 9) ინტერვალში. ციფრების სიმრავლე დავყოთ იმდენ არათანაკვეთად ქვესიმრავლედ, რამდენი შესაძლო ვარიანტიცაა. მაგალითად - {0,

3, 6, 9}, {1, 4, 7} და {2, 5, 8}. ID ნომრის ბოლო ციფრი რომელ ქვესიმრავლის წევრსაც დაემთხვევა, იმ ქვესიმრავლის შესაბამისი ვარიანტის არჩევა და შესაბამისად გამოჩენა მოხდება. ხოლო სხვა ქვესიმრავლებების ვარიანტები აპლიკანტისთვის უხილავი დარჩება, ანუ პირველი ქვესიმრავლის წევრზე დამთხვევის შემთხვევაში მომხმარებელს გამოუჩნდება ტესტის პირველი ვარიანტი, მეორე ქვესიმრავლის წევრზე დამთხვევისას - მეორე ვარიანტი, ხოლო მესამისთვის - მესამე ვარიანტი. აქედან გამომდინარე, მათთვის რომელიმე ვარიანტის არჩევა შემთხვევითად შეიძლება ჩაითვალოს. ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ქვესიმრავლებების შემცველი ციფრები, შესაბამისი ვარიანტები და ზოგადად წვდომის შეზღუდვის მექანიზმი აპლიკანტისათვის დაფარულია.

სასწავლო კვირის მოდელების განხილულ სცენარში რეალიზებულია ურთიერთდამოკიდებული სასწავლო ობიექტების მიმდევრობა “Restrict Access” და “Completion Tracking” ფუნქციებითა და მექანიზმებით. ანალოგიურად, შესაძლებელია პერსონალიზაციის სხვა ასპექტებისა და მათი კომბინაციების რეალიზება.

3. დასკვნა

LMS Moodle-ის ბაზაზე აგებული კურსების პერსონალიზებულ მოდელებში სასწავლო ობიექტების მიმართ წვდომის კონტროლის (Restrict Access და Completion Tracking) ფუნქციებისა და მექანიზმების გამოყენებით შესაძლებელი გახდა მრავალფეროვანი პერსონალიზებული სასწავლო სცენარების შექმნა და ეფექტიანი სასწავლო პროცესის განხორციელება. ასეთი მიდგომა კურსის დიზაინერისგან არ მოითხოვს პროგრამირების ენების ცოდნის აუცილებლობას, ამიტომ ნებისმიერ პედაგოგს შეუძლია ააგოს სასწავლო კურსი და წარმართოს პერსონალიზებული სასწავლო პროცესი.

ლიტერატურა – Reference – Литература:

1. Gamage S.H.P.W., Ayres J.R., Behrend M.B. (2022). A systematic review on trends in using Moodle for teaching and learning. *IJ STEM Ed* 9, 9 <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00323-x>
2. Fenu, G., Marras, M., & Meles, M. (2017). A Learning Analytics Tool for Usability Assessment in Moodle Environments. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 13(3). <https://doi.org/10.20368/1971-8829/1388>
3. Kouis, D., Kyprianos, K., Ermidou, P., Kaimakis, P., & Koulouris, A. (2020). A framework for assessing LMSs e-courses content type compatibility with learning styles dimensions. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 16(2), 73-86. <https://doi.org/10.20368/1971-8829/1135204>
4. Zagulova, D., Boltunova, V., Katalnikova, S., Prokofyeva, N., & Synytsya, K. (2019). Personalized E-Learning: Relation Between Felder– Silverman Model and Academic Performance. *Applied Computer Systems*, 24, 25 - 31.
5. Bourkoku, O., Bachari, E.E., & Adnani, M.E. (2016). A Personalized E-Learning Based on Recommender System. *The international journal of learning*.
6. Tandilashvili, G., Kapanadze, D., Zhvania, T., & Kiknadze, M. (2024). Analysis and Classification of Factors Contributing to Personalization in E-learning. *Georgian Scientists*, 6(1), 95–102. <https://doi.org/10.52340/g.s.2024.06.01.12>

(სტატია მიღებულია 2.04.2024)

DEVELOPMENT OF PERSONALIZED E-LEARNING MODELS BASED ON LMS MOODLE

Tandilashvili George
Georgian Technical University
tandilashviligiorgi08@gtu.ge

Summary

The paper presents the methodology of building personalized learning models and their practical implementation through the innovative functions of LMS Moodle. The models incorporate various combinations of personalization aspects, including the student's personal information and preferences, the construction and delivery of learning object, as well as the customization and adaptation of teaching methods. Modeling methodology is important for creating versatile and effective personalized learning courses. Using LMS Moodle access control features and mechanisms, such as Restrict Access and Completion Tracking, it has become possible to create a variety of scenarios for personalized learning models and implement an effective learning process.

(Received 2.04.2024)

РАЗРАБОТКА ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ LMS MOODLE

Тандилашвили Г.
Грузинский технический университет
tandilashviligiorgi08@gtu.ge
Краткое содержание

Рассматривается методология построения персонализированных моделей обучения и их практическая реализация посредством инновационных функций LMS Moodle. Модели включают в себя различные комбинации аспектов персонализации, включая личную информацию и предпочтения учащегося, построение и предоставление объекта обучения, а также настройку и адаптацию методов обучения. Методика моделирования важна для создания универсальных и эффективных персонализированных учебных курсов. Используя функции и механизмы контроля доступа LMS Moodle, такие как «Ограничение доступа» и «Отслеживание завершения», стало возможным создавать разнообразные сценарии персонализированных моделей обучения и реализовывать эффективный процесс обучения.

(Поступила 2.04.2024)

ვირტუალურ ლოკალურ ქსელში აბონენტების ერთმანეთისაგან გამიჯვნის პრობლემები და მათი გადაწყვეტა კერძო VLAN-ის საშუალებით

ნიკოლოზ ბჟალავა, ლიანა კიკალიშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
bzhavanikoloz08@gtu.ge, likakikalishvili@gmail.com

რეზიუმე

კლასიკური VLAN საშუალებას არ იძლევა სპეციფიკურ სიტუაციაში გადაწყვეტოს ქსელის აბონენტების გამიჯვნისა და უსაფრთხოების საკითხები. მოცემულ სტატიაში დასაბუთებულია კერძო ვირტუალური ლოკალური ქსელის (PVLAN) უპირატესობა ლოკალურ ქსელში კომპუტატორის პორტების ერთმანეთისაგან გამიჯვნის მსგავს საშუალებებთან შედარებით. გაწერილია ვირტუალური ლოკალური ქსელის ქვედომენებად დაყოფის, იზოლირებული ქვედომენის შექმნისა და მისი პირველად VLAN-ში გაწევრიანების, კომპუტატორის თითოეული პორტისათვის Isolated სტატუსის მინიჭების პროცესი. მოყვანილია Isolated პორტების მდგომარეობა MAC-მისამართების ანალიზის მაგალითზე.

საკვანძო სიტყვები: ვირტუალური ქსელი. VLAN. PVLAN. იზოლირებული დომენი. Isolated პორტი. ქსელის უსაფრთხოება.

1. შესავალი

კომპიუტერული ქსელის უსაფრთხოების მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია მის კომპონენტებს შორის წვდომის გამიჯვნა. უსაფრთხოების ამალგება შესაძლებელია არასასურველ მოწყობილობებთან ტრაფიკის შეზღუდვით. ეს კარგად ჩანს სერვერების გამოყენებისას, როდესაც ისინი უკავშირდება არასაიმედო, დაუცველ ქსელებს, მეტწილად დიდი ქსელების შემთხვევაში. ქსელის მოწყობილობების ან მათი ჯგუფის ერთმანეთისაგან ვირტუალურად გამიჯვნის ძირითადი მეთოდია ქსელის დაყოფა ვირტუალურ – VLAN ქვექსელებად. იმის გამო, რომ VLAN-ით განცალკევებულ ქვედომენებს შორის ტრაფიკი არ ხორციელდება, მცირდება მის კომპონენტებზე არასანქცირებული წვდომისა და ინფორმაციის გადინების ალბათობა, რაც საბოლოოდ ზრდის ქსელის უსაფრთხოებას. მაგრამ კლასიკური VLAN ვერ წყვეტს გარკვეულ ამოცანებს, რომლებიც უკავშირდება ქსელის ტოპოლოგიას, ორგანიზაციებში მკაცრი IP-მისამართების იერარქიის არსებობას, VLAN-ებისადმი შეზღუდვებს. ამგვარი ამოცანების გადაჭრის საკითხებს ეძღვნება ეს ნაშრომი.

2. ძირითადი ნაწილი

VLAN ანუ ვირტუალური ლოკალური ქსელი არის ტექნოლოგია, რომლის მეშვეობით შესაძლებელია ერთი ფიზიკური ქსელის გარემოში რამდენიმე დამოუკიდებელი ვირტუალური ქვექსელის შეიქმნა ანუ ერთი ქსელის დაყოფა რამდენიმე ერთმანეთისაგან იზოლირებულ ქვექსელად. VLAN იქმნება OSI მოდელის II, არხულ დონეზე მართვადი კომპუტატორების გამოყენებით [2]. მაგრამ არის სიტუაციები, როდესაც კლასიკური VLAN-ის გამოყენება შეზღუდულია ან არ არის საკმარისი ჰოსტების ერთმანეთისაგან ვირტუალური გამიჯვნისათვის.

კვლევის შედეგად დადგინდა მიზეზები, როდესაც VLAN „უძლურია“ გარკვეული ტოპოლოგიის მქონე ქსელისათვის:

- პროვაიდერი კლიენტებს ვებ-ჰოსტინგს სთავაზობს. ვებ-სერვერები ერთ ქსელშია ჩართული. ბუნებრივია ისინი ერთმანეთს „ხედავენ“. კლიენტებს, რა თქმა უნდა ურჩევნიათ ერთმანეთისაგან იყვნენ იზოლირებულები. ტრადიციულად ეს ხდება მათი გაწევრიანებით ახალ VLAN-ში. მაგრამ ყველა კლიენტისათვის ახალი VLAN-ის შექმნას ვერ აუვა ვერც ერთი კომპუტატორი, ვინაიდან VLAN-ების რაოდენობა შეზღუდულია VID-ის მაქსიმალური რიცხვითი მნიშვნელობით - 4096, თანაც ნაწილი VLAN-ის შესაბამისი ნომრებისა - 1001÷1005 სარეზერვოა, ხოლო ნაწილს - 1006÷4096 აქვს შეზღუდული შესაძლებლობები.
- კლასიკური VLAN-ის შემთხვევაში პროვაიდერის მიერ ერთი ჰოსტისათვის გაგზავნილი შეტყობინება ხდება ქვექსელის ყველა აბონენტთან, ანუ ჰოსტებთან მიდის მათთვის სრულიად უსარგებლო ინფორმაცია;
- კომპუტატორებში ჰოსტების ერთმანეთისაგან იზოლაცია შესაძლებელია ისეთი საშუალებით, როგორცაა Private vlan edge. მიუხედავად იმისა, რომ Private vlan edge-ის გამართვა ადვილია, ის არამასშტაბირებადია, რაც იმას ნიშნავს, რომ ის მხოლოდ ლოკალური კომპუტატორისათვის არის განკუთვნილი. საკმარისია მისი სხვა კომპუტატორებთან Trunk რეჟიმით მიერთება, რომ მათი დაცული (Protected) პორტები ერთმანეთს „დაინახავენ“;
- ახალი VLAN-ის შექმნით ჰოსტების ერთმანეთისაგან გამიჯვნა შეუძლებელია IP-მისამართების მკაცრი იერარქიის მქონე ორგანიზაციაში.

ზემოთ ჩამოთვლილი პრობლემების გადაჭრის გზა არის კერძო ვირტუალური ქსელის (PVLAN-Private Virtual Local Area Network) გამოყენება. კერძო VLAN არის კომპუტატორის საშუალება, რომლითაც ხდება ვირტუალურ ლოკალურ ქსელში ქვედომენის ანუ ქვექსელში ქვექსელის შექმნა, რაც იმას ნიშნავს, რომ შესაძლებელია ერთსა და იმავე VLAN-ში მყოფი მოწყობილობებისათვის წვდომისა და უსაფრთხოების სხვადასხვა დონის დაკონფიგურება. PVLAN-ით ვირტუალური ქსელის შიგნით იქმნება მეორადი (Secondary) ქვექსელი, ქვედომენი, IP-დამისამართების სქემის შეცვლის გარეშე [1].

PVLAN-ის გამართვა რამდენიმე ეტაპად ხდება: თავდაპირველად უნდა შეიქმნას პირველადი და მეორადი VLAN-ები და მოხდეს მათი გაწევრიანება PVLAN დომენში. მეორადი VLAN უნდა გამოცხადდეს როგორც იზოლირებული და გაწევრიანდეს პირველადში ბრძანებით Private-vlan association მეორადის_ID. VLAN-ების განსაზღვრის შემდეგ იწყება კომპუტატორის პორტების გამართვისა და PVLAN-თან მათი მიკუთვნების პროცედურა. PVLAN-ში პორტი შესაძლებელია იყოს იზოლირებული (Isolated), საზოგადო (Community) ან შერეული (Promiscuous). Isolated ტიპის პორტი არის იზოლირებული როგორც თავისავე ქვედომენის, ასევე სხვა პორტებისგან, გარდა შერეული პორტისა.

ISP-ში გამავალი პორტი უნდა გამოცხადდეს როგორც Promiscuous, რათა მოხდეს პირველადი და მეორადი VLAN-ების კადრების VID-ების გარკვევა და შეთანხმება. იგი ეკუთვნის ძირითად ვირტუალურ ლოკალურ ქსელის პირველად VLAN-ს და ურთიერთობს ყველა - მათ შორის როგორც Isolated ასევე Community ინტერფეისთან. ქსელის თითოეულ PVLAN-ს ემსახურება მხოლოდ ერთი Promiscuous პორტი.

კომპუტატორის Trunk პორტზე VLAN-ების შესახებ ინფორმაციის გაცვლა ხდება VTP პროტოკოლის საშუალებით. კომპუტატორის გამოცვლის ან დამატების შემთხვევაში მოწმდება

VTP პროტოკოლის რევიზიის (Reavise) სიდიდე [3]. თუკი მისი მნიშვნელობა მეტია ვიდრე ქსელის სხვა კომპუტატორის რევიზიის მნიშვნელობა, ქსელის VLAN-ები გაუქმდება. ამიტომ PVLAN-ის უსაფრთხოების მიზნით VTP უნდა გამოირთოს ან გადავიდეს Transparent რეჟიმში ბრძანებით Vtp mode transparent, მითუმეტეს რომ მას PVLAN-ის კონფიგურაციაზე არავითარი მონაცემები არ გააჩნია.

გამიჯნული ჰოსტების მდგომარეობა კარგად ჩანს MAC-მისამართების ანალიზის მაგალითზე. კომპუტატორის CAM ცხრილი, რომელშიც VLAN ID-სა და ინტერფეისების შესახებ ინფორმაციის გარდა, ინახება ჰოსტების MAC-მისამართები, ჩვეულებრივისაგან განსხვავებულად გამოიყურება: ჰოსტების MAC-მისამართები ერთდროულად ასოცირდება როგორც პირველად, ასევე მეორად VLAN-ებთან. გარდა ამისა ცხრილში Isolated VLAN-ის პორტებს, ჩვეული Dynamic-ის ნაცვლად მინიჭებული აქვთ Blocked სტატუსი, ხოლო Promiscuous პორტის სტატუსია Dynamic. სწორედ ამიტომ, Isolated VLAN-ის ჰოსტები, გარდა Promiscuous-ის პორტისა სხვა ინტერფეისებს „ვერ ხედავენ“.

უპირატესობად შეიძლება ჩაითვალოს ისიც, რომ ერთი VLAN-ის გარემოში, სხვადასხვა იზოლირებულ PVLAN-ში გაწევრიანებულ ჰოსტებს შეძლება ქონდეთ იდენტური IP-მისამართები, რაც ამცირებს გამოყენებული IP-მისამართების რაოდენობასა და მათდამი მკაცრ კონტროლის აუცილებლობას.

PVLAN-ის ერთერთ ნაკლად (შეზღუდვად) შეიძლება ჩაითვალოს ის, რომ ზოგიერთ კომპუტატორს, მაგალითად, Catalyst 3750, 2950, Nexus 3164Q არა აქვთ PVLAN-ის მხარდაჭერა.

გარდა ამისა, შეიძლება აუცილებლობამ მოითხოვოს იზოლირებულ VLAN -ში არსებული რომელიმე მოწყობილობის დაკავშირება საზოგადო VLAN-თან, რაც მოითხოვს მათი კონფიგურაციების შეცვლას.

3. დასკვნა

შეიძლება ითქვას, რომ მხოლოდ ტრადიციული მეთოდებით შეუძლებელია ქსელში უსაფრთხოებისა და მისგან გამომდინარე არასასურველი ინფორმაციისაგან ქსელის აბონენტების გამიჯვნა, რის მკაფიო მაგალითიცაა ნაშრომში განხილული ამოცანები და მათი გადაჭრის გზები. კერძოდ მისი მოქმედების პრინციპი ეფუძნება VLAN-ის დაყოფას ქვექსელებად და სასურველ ქვედომენში PVLAN-ის იზოლირებული პორტების გამართვას, რაც ზრდის არა მარტო სისტემის უსაფრთხოების ხარისხს, არამედ იცავს VLAN-ის სხვა აბონენტებს უსარგებლო ინფორმაციის მიღებისაგან, რაც თავისთავად შეამცირებს ქსელის დატვირთვას. პრობლემის სპეციფიკიდან გამომდინარე PVLAN-ის ყველაზე ხშირი გამომყენებელი არიან ინტერნეტ-პროვაიდერები. ამ საშუალებით ისინი ლოკალურ ქსელში უზღუდავენ კლიენტებს ერთმანეთზე წვდომას, თანაც ინარჩუნებენ უკვე არსებულ სამისამართო არეს.

ლიტერატურა – Reference – Литература:

1. A quick summarized view to Private VLAN. (2020). Cisco Learning Network. Feb., (10.03.24). <https://learningnetwork.cisco.com/s/article/a-quick-summarized-view-to-private-vlan-pvlan-x>;
2. Bzhalava N. (2011). Computer Networks. e-Books. ISBN 978-9941-14-992-4. Georgian TU. "Technical University". Tbilisi. -223 p. (in Georgian)
3. What are the pros and cons of using PVLAN ? (2023). Linkedin. August. (15.03.24). <https://www.linkedin.com/advice/0/what-pros-cons-using-private-vlans-isolation-segmentation>;

4. Sean Wilkins. (2018). Private VLAN concepts. February. (20.03.24) <https://www.pluralsight.com/blog/it-ops/private-vlan-concepts>.

(სტატია მიღებულია 12.04.2024)

SOLVING PROBLEMS OF VIRTUAL LOCAL NETWORKS USING PRIVATE VLAN

Bzhalava Nikoloz, Kikalishvili Liana

Georgian Technical University

bzhalavanikoloz08@gtu.ge, likakikalishvili@gmail.com

Summary

As a result of the study, the reasons were identified that the classic VLAN does not allow solving the issues of separation and security of network subscribers in a specific situation. This article substantiates the advantage of a private virtual local area network (PVLAN) over similar means of isolating switch ports on a local network. The process of dividing a virtual local network into subdomains, creating an isolated subdomain and joining it to the main VLAN, and assigning the Isolated status to each switch port is described in detail. The status of isolated ports is shown using the example of MAC address analysis.

(Received 12.04.2024)

ПРОБЛЕМЫ ОТДЕЛЕНИЯ АБОНЕНТОВ ДРУГ ОТ ДРУГА В ВИРТУАЛЬНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ И ИХ РЕШЕНИЕ ПОСРЕДСТВОМ ЧАСТНОЙ VLAN

Бжалава Н., Кикалишвили Л.

Грузинский Технический Университет

bzhalavanikoloz08@gtu.ge, likakikalishvili@gmail.com

Резюме

Классический VLAN не позволяет решить вопросы разделения и безопасности абонентов сети в конкретной ситуации. В этой статье обсуждаются преимущества частной виртуальной локальной сети (PVLAN) перед аналогичными средствами изоляции портов коммутатора в локальной сети. Описан процесс разделения виртуальной локальной сети на поддомены, создания изолированного поддомена и присоединения его к основной VLAN, присвоения статуса «Изолированный» каждому порту коммутатора. Состояние изолированных портов приведено на примере анализа MAC-адресов.

(Поступила 12.04.2024)

АЛГОРИТМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ МАГНИТНЫХ ДИСКОВ

Гачечиладзе Лия, Самхарадзе Роман, Ибадов Илькин

Грузинский Технический Университет

gachechiladzelia08@gtu.ge, r.samkharadze@gtu.ge, ilkin.ibadov@yahoo.com

Резюме

Рассматриваются стратегии планирования работы магнитных дисков, процессы, происходящие в это время, и предложены алгоритмы их визуализации. Алгоритмы были разработаны для стратегий FCFS, SSTF, SCAN, N-Step SCAN и C-SCAN. Приведены преимущества и недостатки каждого из них, а также область применения. На основе представленных алгоритмов реализован программный тренажер, позволяющий студентам легче понимать, анализировать и изучать стратегии планирования работы приводов.

Ключевые слова: Магнитный диск. Планирование. Алгоритм визуализации.

1. Введение

Современные информационные технологии являются одной из основных составляющих образовательных технологий. Без их использования прогресс педагогической науки практически невозможен. Современные компьютерные технологии могут успешно использоваться для обучения процессам, невидимым для человеческого глаза. Таким направлением является изучение функций, выполняемых ядром операционной системы, визуализация и отображение которых на экране монитора является важным шагом на пути их изучения [1].

Углубленное изучение функций ядра и принципов работы операционных систем требует визуализации происходящих в нем процессов. В частности, это касается планирования работы магнитных дисков. Визуализация процессов планирования облегчает учащемуся глубокое понимание и освоение изучаемых вопросов. Для этого разработаны соответствующие подходы, модели и алгоритмы [2,3].

2. Основная часть

Существуют следующие принципы планирования работы магнитных дисков [2-4]:

- FCFS ("Первым пришел первым вышел"), Запросы будут обслуживаться в порядке поступления;
- SSTF ("С наименьшим временем поиска – первый"). Выбирается запрос, требующий минимального перемещения магнитной головки;
- SCAN ("Сканирование"). Магнитная головка перемещается в выбранном направлении и последовательно обслуживает все запросы. Изменяет направление движения, когда запросов больше нет или когда головка достигает внешнего цилиндра;
- N-Step SCAN («Сканирование N-Step»). Магнитные головки перемещаются так же, как и в случае принципа SCAN, за исключением того, что при движении в одном направлении запросы группируются таким образом, чтобы их можно было эффективно обслуживать при обратном перемещении головок;
- C-SCAN ("Циклическое сканирование"). Магнитные головки перемещаются только в одном направлении - с внешней дорожки на внутренней. Запросы обслуживаются поочередно. Если запросов нет, то магнитные головки возвращаются в начало и начинают движение к внутренней дорожке;

Для моделирования планирования работы с магнитными дисками необходимо сделать следующие допущения:

- Предположим, мы знаем последовательность запросов доступа к диску, т.е. номера тех дорожек, к которым необходим доступ;

- Предположим, мы знаем время поступления каждого запроса;
- Предположим, мы знаем начальную позицию магнитной головки, т.е. номер дорожки, с которого система начинает работать.

С учетом этих допущений ряд запросов можно представить в виде следующей последовательности [5, 6]:

t_1, c_1	t_2, c_2	t_3, c_3	...	t_i, c_i	*
------------	------------	------------	-----	------------	---

Каждый элемент в последовательности E содержит следующую информацию: время, прошедшее с момента поступления предыдущего запроса (t), и номер дорожки (c). Первый элемент E_1 последовательности содержит t_1, c_1 . t_1 — время поступления первого запроса, а c_1 — номер дорожки, запрашивающей обслуживание. Второй элемент E_2 последовательности содержит t_2, c_2 . t_2 время поступления второго запроса, c_2 номер дорожки, запрашивающей обслуживание и т.д.

На основе приведенной модели разработаны алгоритмы работы с магнитными дисками для всех пяти стратегий. Введем обозначения: R - количество запросов в очереди готовых запросов; $Q = 0$, когда запрос поступает в очередь, $Q = 1$, когда запрос прочитан; C - номер дорожки; $T_{кв}$ - квант времени; t - интервал времени между двумя соседними запросами; D - направление движения головы. Если $D = 0$, то головка перемещается с дорожки с нулевым номером к дорожке с максимальным номером; Если $D = 1$, то головка перемещается с дорожки с максимальным номером к дорожке с нулевым номером; @ - конец последовательности запросов. Если $D = 0$, тогда „*“ означает конец запросов имеющие большие номера; Если $D = 1$, тогда „*“ означает конец запросов имеющие наименьшие номера.

Алгоритм планирования по принципу FCFS состоит из следующих шагов:

- 1) $R = 0, Q = 0, T_{кв} = 1, C_{нач.} =$ номер начальной дорожки.
- 2) Если $Q = 0$, тогда выполняется чтение элемента $E_1(t_1, c_1)$ и $Q = 1$.
- 3) Если $E_1 = „@“$ & $R = 0$, тогда алгоритм завершает работу.
- 4) Если $E_1 = „@“$ & $R > 0$, тогда переходим к шагу 10.
- 5) Если $Q = 1$ & $t > 0$, тогда запрос ждет t времени, и затем переходим к шагу 10.
- 6) Если $Q = 1$ & $t = 0$, тогда запрос помещается в конец очереди готовых запросов и $Q=0$.
- 7) $R = R + 1$.
- 8) Переходим ко второму шагу.
- 9) Обслуживается запрос, на которую указывает магнитная головка, т.е. первый запрос очереди, и запрос выходит из очереди.
- 10) $R = R - 1$.
- 11) $t = t - T_{кв}$.
- 12) Магнитная головка становится на следующей дорожке запроса.
- 13) Переходим к шагу 3.

Алгоритм планирования по принципу SCAN состоит из следующих шагов:

- 1) $R = 0, Q = 0, D = 0, T_{кв} = 1, C_{нач.} =$ номер начальной дорожки.
- 2) Если $Q = 0$, тогда выполняется чтение элемента $E_1(t_1, c_1)$ и $Q = 1$.
- 3) Если $E_1 = „@“$ & $R = 0$, тогда алгоритм завершает работу.
- 4) Если $E_1 = „@“$ & $R > 0$, тогда переходим к шагу 10.
- 5) Если $Q = 1$ & $t > 0$, тогда запрос ждет t времени, и затем переходим к шагу 10.
- 6) Если $Q = 1$ & $t = 0$, тогда запрос помещается в конец очереди готовых запросов и $Q=0$.
- 7) $R = R + 1$.
- 8) Запрос заходит в список готовых запросов так, чтобы сохранялся порядок следования запросов по возрастанию номеров дорожек.
- 9) Переходим ко второму шагу.

10) Обслуживается запрос, на которую указывает магнитная головка, т.е. первый запрос очереди, и запрос выходит из очереди.

11) $R = R - 1$.

12) $t = t - T_{кв}$.

13) Магнитная головка становится на следующей дорожке запроса.

14) Если $E = „*“$, тогда: а) если $D = 0$, тогда, D меняет значение - $D = 1$; б) если $D = 1$, тогда, D меняет значение - $D = 0$, т.е. меняется направление движения головки и она становится на следующем затребованном дорожке.

15) Переходим на шаг 3.

Алгоритм планирования по принципу C-SCAN состоит из следующих шагов:

1) $R = 0, Q = 0, T_{кв} = 1, C_{нач.} =$ номер начальной дорожки.

2) Если $Q = 0$, тогда выполняется чтение элемента $E_1(t_1, c_1)$ и $Q = 1$.

3) Если $E_1 = „@“$ & $R = 0$, тогда алгоритм завершает работу.

4) Если $E_1 = „@“$ & $R > 0$, тогда переходим к шагу 10.

5) Если $Q = 1$ & $t > 0$, тогда запрос ждет t времени, и затем переходим к шагу 10.

6) Если $Q = 1$ & $t = 0$, тогда запрос помещается в конец очереди готовых запросов и $Q=0$.

7) $R = R + 1$.

8) Запрос заходит в список готовых запросов так, чтобы сохранялся порядок следования запросов по возрастанию номеров дорожек.

9) Переходим ко второму шагу.

10) Обслуживается запрос, на которую указывает магнитная головка, т.е. первый запрос очереди, и запрос выходит из очереди.

11) $R = R - 1$.

12) $t = t - T_{кв}$.

13) Магнитная головка становится на следующей дорожке запроса.

14) Если $E = „*“$, тогда магнитная головка становится на дорожке, которая имеет минимальный номер, т.е. головка перемещается в направлении начального местоположения.

15) Переходим к шагу 3.

Алгоритм планирования по принципу N-Step SCAN состоит из следующих шагов:

1) $R = 0, Q = 0, D = 0, T_{кв} = 1, C_{нач.} =$ номер начальной дорожки.

2) Если $Q = 0$, тогда выполняется чтение элемента $E_1(t_1, c_1)$ и $Q = 1$.

3) Если $E_1 = „@“$ & $R = 0$, тогда алгоритм завершает работу.

4) Если $E_1 = „@“$ & $R > 0$, тогда переходим к шагу 10.

5) Если $Q = 1$ & $t > 0$, тогда запрос ждет t времени, и затем переходим к шагу 10.

6) Если $Q = 1$ & $t = 0$, тогда запрос помещается в конец очереди готовых запросов и $Q=0$.

7) $R = R + 1$.

8) Если $D = 0$ & первая очередь не пуста, Запрос заходит в список готовых запросов так, чтобы сохранялся порядок следования запросов по возрастанию номеров дорожек.

9) Если $D = 1$ & вторая очередь не пуста, Запрос заходит в список готовых запросов так, чтобы сохранялся порядок следования запросов по возрастанию номеров дорожек.

10) Переходим ко второму шагу.

11) Обслуживается запрос, на которую указывает магнитная головка, т.е. первый запрос очереди, и запрос выходит из очереди.

12) $R = R - 1$.

13) $t = t - T_{кв}$.

14) Магнитная головка становится на следующей дорожке запроса.

15) Если $E = „*“$, тогда если $D = 0$, то D меняет значение - $D = 1$, т.е. меняется направление движения головки (обратный ход). Запросы поступают в первую очередь. Начинается обслуживание запросов второй очереди.

16) Если $D = 1$, то D меняет значение - $D = 0$, т.е. меняется направление движения головки (прямой ход). Запросы поступают во вторую очередь. Начинается обслуживание запросов первой очереди.

17) Переходим к шагу 3.

Алгоритм планирования по принципу SSTF состоит из следующих шагов:

- 1) $R = 0, Q = 0, T_{\text{кв}} = 1, C_{\text{нач.}}$ = номер начальной дорожки.
- 2) Если $Q = 0$, тогда выполняется чтение элемента $E_1(t_1, c_1)$ и $Q = 1$.
- 3) Если $E_1 = „@“$ & $R = 0$, тогда алгоритм завершает работу.
- 4) Если $E_1 = „@“$ & $R > 0$, тогда переходим к шагу 10.
- 5) Если $Q = 1$ & $t > 0$, тогда запрос ждет t времени, и затем переходим к шагу 10.
- 6) Если $Q = 1$ & $t = 0$, тогда $Q = 0$.
- 7) Новые значения C вычисляются для текущей дорожки ($c_{\text{тек.}}$).
- 8) Запрос заходит в список готовых запросов так, чтобы сохранялся порядок следования запросов по возрастанию значений параметра C .
- 9) $R = R + 1$.
- 10) Переходим ко второму шагу.
- 11) Обслуживается запрос, на которую указывает магнитная головка, т.е. первый запрос очереди, и запрос выходит из очереди.
- 12) $R = R - 1$.
- 13) $t = t - T_{\text{кв}}$.
- 14) Магнитная головка становится на следующей дорожке запроса.
- 15) Переходим к шагу 3.

3. Заключение

Таким образом, в статье предложены алгоритмы визуализации планирования работы магнитных дисков. Алгоритмы были разработаны для стратегий FCFS, SSTF, SCAN, N-Step SCAN и C-SCAN для планирования диска. Приведены преимущества и недостатки каждого из них, а также область применения. Алгоритмы визуализации достаточно эффективно работают как для процессов с равным, так и с неравным приоритетом. На основе представленных алгоритмов реализовано программное обучение, позволяющее студентам понять и изучить все пять стратегий планирования работы дисководов.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Samkharadze R., Gachechiladze L. (2008). Simulation models in computer learning. Monograph. GTU, "Technical University", Tbilisi. 124 p. (in Georgian)
2. Samkharadze R., Nazgaidze L., Gachechiladze L. (2010). Modeling the visualization of process state changes and processor load planning. New Technologies in Education: Proceedings of the V-th International Scientific and Practical Internet Conference (March 31, 2010): Collection of scientific papers / Ed. d. ped. n. G.F. Grebenshchikov. - М.: Publishing house "Sputnik +", -383 p. (in Russian)
3. Samkharadze R., Gachechiladze L. (2010). Model of virtual memory management process visualization. Innovative Technologies in Production, Science and Education: Collection of abstracts of the International Scientific and Practical Conference. - Grozny: Publishing house "Groznsky worker", October 7-9, 2010. -160 p. (in Russian)
4. Gachechiladze L. (2014). Methods of Teaching some Questions of higher Mathematics. New

technologies in education: Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference (January 8, 2014): Collection of scientific papers. Scientific ed. doctor of pedagogical sciences, professor I.A. Rudakova. -M.: Publishing house "Sputnik +", 2014. –420 p. (in Russian)

5. Gachechiladze L. (2015). Information system for teaching higher mathematics. GTU, "Technical University". Works. "Business Engineering", №1, pp. 185-187. (in Georgian)

6. Gachechiladze L. (2015). Development of a Software Tutorial for Teaching matrix and vector multiplication. Transactions of GTU, Automated Control Systems. №1(19), pp. 125-127 (in Georgian).

(Поступила 25.03.2024)

მაგნიტურ დისკებთან მუშაობის დაგეგმვის ვიზუალიზების ალგორითმების შემუშავება

ლია გაჩეჩილაძე, რომან სამხარაძე, ილკინ იბადოვი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
gachechiladzelia08@gtu.ge, r.samkharadze@gtu.ge, ilkin.ibadov@yahoo.com

რეზიუმე

განხილულია მაგნიტური დისკების მუშაობის დაგეგმვის ვიზუალიზების ალგორითმები. ისინი შემუშავებულია დისკების მუშაობის დაგეგმვის FCFS, SSTF, SCAN, N-Step SCAN და C-SCAN სტრატეგიებისთვის. მოყვანილია თითოეული მათგანის დადებითი და უარყოფითი მხარეები, ასევე გამოყენების სფერო. ვიზუალიზების ალგორითმები საკმაოდ ეფექტურად მუშაობს როგორც თანაბარი, ისე არათანაბარი პრიორიტეტის მქონე პროცესებისთვის. წარმოდგენილი ალგორითმების საფუძველზე რეალიზებულია პროგრამული საწვრთნელი, რომელიც სტუდენტებს უადვილებს დისკების მუშაობის დაგეგმვის ხუთივე სტრატეგიის გააზრებას და შესწავლას.

(სტატია მიღებულია 25.03.2024)

DEVELOPMENT OF VISUALIZATION ALGORITHMS FOR PLANNING WORK WITH MAGNETIC DISKS

Gachechiladze Lia, Samkharadze Roman, Ibadov Ilkin

Georgian Technical University
gachechiladzelia08@gtu.ge, r.samkharadze@gtu.ge, ilkin.ibadov@yahoo.com

Summary

The article proposes visualization algorithms for planning the operations of magnetic disks. Algorithms have been developed for FCFS, SSTF, SCAN, N-Step SCAN, and C-SCAN strategies for disk scheduling. The advantages and disadvantages of each of them and the field of application are given. Visualization algorithms work quite efficiently for both equal and unequal priority processes. Based on the presented algorithms, software training is realized, which makes it easier for students to understand and study all five strategies for planning the work of disks.

(Received 25.03.2024)

ცემენტის აქტივობის გაზომვის მეთოდებისა და საშუალებების ანალიზი

დათა დათაშვილი, ზაალ აზმაიპარაშვილი,
გურამ მურჯიკნელი, პეტრე ბოჩიკაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

datadatashvili99@gmail.com, z.azmaiparashvili@gtu.ge,
gurami.murjikneli@gtu.ge, petreboch@yahoo.com

რეზიუმე

ჩატარებულია ცემენტის აქტივობის განსაზღვრის მეთოდებისა და ხელსაწყოების მიმოხილვა. გაანალიზებულია მათი ძირითადი მახასიათებლები. ნაჩვენებია ცემენტის აქტივობის გაზომვის შლადი და არაშლადი მეთოდების დადებითი და უარყოფითი მხარეები. მოყვანილია ცემენტის აქტივობის გაზომვის დრო და ცდომილებები, როგორც შლადი, ისე არაშლადი მეთოდებისათვის. გაკეთებულია დასკვნები, თუ როგორ უნდა შევარჩიოთ ცემენტის აქტივობის გაზომვის ყველაზე უფრო უკეთესი მეთოდი.

საკვანძო სიტყვები: ცემენტი. აქტივობა. მარკა. სიმტკიცე.

1. შესავალი

ცემენტი (პორტლანდცემენტი) წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად სამშენებლო მასალას, რომელიც წყალთან და სხვადასხვა წყალხსნარებთან ურთიერთქმედებისას ქმნის პლასტიკურ მასას [1]. შემდეგში ეს მასა (ბეტონი) მყარდება და იძენს ქვის თვისებებს. რაც უფრო მაღალია ბეტონის სიმტკიცე და რაც უფრო სწრაფად ხდება მისი მიღება, მით უფრო მაღალია ცემენტის ხარისხი. ანსხვავებენ ცემენტის საბოლოო სიმტკიცეს და მისი გამყარების სიჩქარეს.

ცემენტის მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია მისი აქტივობა. ეს არის, ფაქტობრივად, მისი ნიმუშების სიმტკიცის მაჩვენებელი [2]. ისინი დამზადებულია წინასაწარ მოცემული პირობებისათვის ნორმატივებით განსაზღვრული დოკუმენტების საფუძველზე. მათი გამოყენება შესაძლებელია სპეციალურად ანალიზისათვის.

ცემენტის აქტივობა ბეტონის ხსნარის განუყოფელი კომპონენტია. ცემენტი არის მასალა, რომელიც გამოიყენება როგორც შემაკავშირებელი ელემენტი სხვადასხვა დანიშნულების სამშენებლო ნარეგების დამზადებისას. ამ ფხვნილისებური მასალის საფუძველია ხელოვნური წარმოშობის არაორგანული მინერალები.

2. ძირითადი ნაწილი

დღეისათვის არსებული ცემენტების სახეების წარმოება ხდება კლინკერული და თაბაშირული შემადგენლების დანაწილებითა და შერევით [2,4]. ითვლება, რომ ცემენტი არის სწრაფად ფუჭებადი ნივთიერება. ანუ ცემენტის ასეთი შეფასება გვიჩვენებს, რომ ის სწრაფად კარგავს აქტივობას. მაგრამ ზუსტად ამ თვისებიდან გამომდინარეობს მისი სიმტკიცე. არსებობს ორი პარამეტრი, რომლებითაც განისაზღვრება მისი აქტივობა (მარკა). ესენია სიმტკიცე გაღუნვასა და შეკუმშვაზე, რომლებიც გააჩნია ცემენტისაგან დამზადებულ ბეტონსა და მის კონსტრუქციებს. მექანიკური სიმტკიცის მიხედვით არსებობს 300, 400, 500 550 და 600 მარკის

მქონე ცემენტის სახეები. მაგალითად, 400 მარკის მქონე ცემენტს შეესაბამება სიმტკიცის ზღვარი შეკუმშვაზე 400 კგ/სმ^2 ან 40 მპა. ამგვარად, ცემენტის აქტივობა წარმოადგენს იმ ყველაზე უფრო მნიშვნელოვან მახასიათებელს, რომელიც განისაზღვრება მისი შედგენილობით, მასში დამატებების შერევით, დაფქვის ხარისხით, შენახვის პირობებითა და ხანგრძლივობით.

ცემენტის აქტივობის განსაზღვრა ხდება როგორც პირდაპირი, ისე ირიბი მეთოდებით [4]. პირდაპირი მეთოდები უფრო ქმედითია, მაგრამ მათი გამოყენებისათვის საჭიროა დიდი დრო. ამიტომ ოპერატიული ამოცანების გადაწყვეტისას გამოიყენება ირიბი მეთოდები. ამ თვალსაზრისით შეიძლება განვიხილოთ აქტივობის კონტროლის შლადი და არაშლადი მეთოდები.

1. შლადი მეთოდების შემთხვევაში გამოიყენება ცემენტისა და ქვიშის ნარევი ერთი სამთან. გამოცდების ჩატარება ხდება სტანდარტებით დადგენილი გამყარების დროის გასვლის შემდეგ. წყლის შემცველობა ნარევის შემადგენლობაში უნდა იყოს 0,40.

ა) ცემენტის აქტივობის გაზომვა МИЦИС – 200 – 3 დანადგარით. МИЦИС–200–3 (ნახ.1 [ლიტ]) დანადგარით გამოცდებისათვის საჭიროა ნორმალური კონსისტენციის ცემენტისაგან დამზადებული ნიმუშები ზომით $40 \times 40 \times 160$ მმ. ნიმუშების დასამზადებლად უნდა გამოვიყენოთ



ცემენტი ტემპერატურით $20 \pm 3^{\circ}$. ცივი და ცხელი ცემენტის გამოყენება ამ შემთხვევაში დაუშვებელია.

გაზომვის მაქსიმალურად ზუსტი შედეგი შეიძლება მივიღოთ მხოლოდ ლაბორატორიულ პირობებში, რისთვისაც დამუშავებულია ცემენტის დიაგნოსტიკის ექსპრეს მეთოდები. მათ სჭირდებათ დიდი დროითი დანახარჯები, რაც არ იძლევა საშუალებას გამოვიყენოთ მიღებული შედეგები ოპერატიულად, როგორც გალუნვაზე, ისე შეკუმშვაზე.

ნახ. 1

ამ ხელსაწყოს საშუალებით ცემენტის აქტივობის გაზომვას სჭირდება 28 დღე, ხოლო გაზომვის ცდომილება არ აღემატება 1%-ს.

ბ) ცემენტის მარკის განსაზღვრა МИИ - 100 დანადგარით. ამ შემთხვევაში ნიმუშის სიმტკიცე გალუნვაზე შეიძლება დავაფიქსიროთ მთვლელის საშუალებით (ნახ. 2). მისი გაჩერება ხდება ავტომატურად ნიმუშის დაშლის შემდეგ.



ნახ. 2

სიმტკიცის ზღვარი განისაზღვრება ცემენტის ნიმუშების სტანდარტების შესაბამისად. მისი დანიშნულებაა რბილი ცემენტის ხსნარის პრიზმისებური ნიმუშების გამოცდა გალუნვაზე. ის გამოიყენება ცემენტის ქარხნების საწარმოო და ლაბორატორიულ პირობებში, საგზაო-სამშენებლო სამუშაოებში და სხვ. [3]. აქტივობის ასეთი გაზომვის ცდომილების მნიშვნელობა დიაპაზონში 2- 10 მკა 1% - ის ფარგლებშია. ასეთი ხელსაწყო დადებით მხარეებია მათი გამოყენება სამშენებლო ობიექტებზე. მათი საშუალებით ხდება შენობებისა და ნაგებობების უშუალო შემოწმება.

2. არაშლადი მეთოდები. ცემენტის აქტივობის განსაზღვრის მოცემულ მეთოდებს შორის შეიძლება გამოვიყენოთ აქტივობის გაზომვის დაჩქარებული მეთოდები.

მაგრამ ასეთ მეთოდებს აქვს დაბალი სიზუსტე და არაა უზრუნველყოფილი არც მეთოდურად და არც მეტროლოგიურად. მათ მიეკუთვნება: ორთქლში გატარების, კონტრაქტომეტრული და კონდუქტომეტრული მეთოდები.

ა) ორთქლში გატარების მეთოდი. აქტივობის 28 დღეში განსაზღვრის მაგივრად, შეიძლება გამოვიყენოთ ცემენტის აქტივობის დაჩქარებული გაზომვის მეთოდი, ანუ ამ დროს ვახდენთ ცემენტის ნიმუშების ხანმოკლე დროში დაჩქარებულ გამყარებას ერთი სამუშაო დღის განმავლობაში. მაგრამ იმის გამო, რომ ხდება სიმტკიცის გაზრდის კინეტიკის არათანაბრობა, ასეთი მეთოდების უმრავლესობა გვამღევს ცემენტის მარკის მხოლოდ საორიენტაციო შეფასებას. ასეთი შემთხვევებისათვის მიზანშეწონილია ცემენტის აქტიურობის განსაზღვრა ორთქლში გატარებით.

ნიმუშების მომზადება და ყველა პროცედურა სრულდება სტანდარტულ პირობებში, მაგრამ ორთქლში გატარება ხდება სპეციალიზებულ კამერაში. სტანდარტიზებული ტემპერატურა $20 \pm 3^{\circ}$ - ია გათბობის გამორთვის შემდეგ 2 საათის განმავლობაში. აქტივობა განისაზღვრება სტანდარტების შესაბამისად

ბ) კონტრაქტომეტრული მეთოდი დამყარებულია წყლის მოცულობის გაზომვის შემცირებაზე ჰერმეტიკულად დახურულ და წყლით სავსე დახურულ კამერაში, რომლის შიგნით წინასწარ მოთავსებულია ჭიქა გამოსაცდელი მასალის ნიმუშით (აზელილი ცემენტით). წყლის მოცულობის შემცირება უდრის მასალის ΔV (მლ, სმ^3) კონტრაქციას. მოცულობის ცვლილებაზე მსჯელობენ ვერტიკალურ ტევადურ სენსორში სითხის სვეტის ცვლილების მიხედვით. ცემენტის R(მკა) აქტივობას საზღვრავენ მასალის ΔV ნიმუშის კონტრაქციით 1000 გ მასით პირველ 3 საათში გამყარებისას წყლით ჩაკეტვის შემდეგ.

კონტრაქტომეტრებით ხდება ცემენტის R აქტივობის განსაზღვრა, ანუ მისი პროგნოზირება შემდეგი ფორმულით [1].

$$R = R_{1i} \left(\frac{\Delta V_{j0}}{\Delta V_{10}} \right)^a, \quad (1)$$

სადაც ΔV_{10} - ბაზური პარტიის 1000 გ ცემენტის კონტრაქციაა 3 საათის განმავლობაში³; ΔV_{j0} - j-ური პარტიის მოწოდებული 1000 გ ცემენტის კონტრაქციაა 3 საათის განმავლობაში; R_{1i} - ბაზური (პირველი) პარტიის წინასწარ დაყენებული ცემენტის აქტივობაა; a - ხარისხის მაჩვენებელი, რომელიც უდრის 3/2-ს შეკუმშვისათვის და 1-ს გაჭიმვისათვის გალუნვაზე.

ცემენტის აქტივობის დაჩქარებული განსაზღვრის ხელსაწყო ცემენტის კონტრაქციის მეთოდით ნაჩვენებია მე-3 ნახაზზე.



ნახ. 3

ბ) გამოიყენება აგრეთვე კონდუქტომეტრული ტიპის საზომი ხელსაწყოები, მაგრამ ასეთ ხელსაწყოებს აქვთ დაბალი სიზუსტე და არ არიან უზრუნველყოფილი არც მეთოდურად და არც მეტროლოგიურად. რომელშიც ცემენტის აქტივობის დამოკიდებულება ხსნარის კუთრ ელექტროგამტარებლობაზე განისაზღვრება ემპირიული განტოლებით:

$$R = \frac{a}{K} \left[\frac{\chi}{1+c(T-T_0)} + b \left(\frac{\chi}{1+c(T-T_0)} \right)^2 \right] (1-CD) , \quad (2)$$

სადაც R -ცემენტის აქტივობაა, მპა, C, D - ემპირიული კოეფიციენტები, a - დაყვანის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია წყალ-ცემენტის ხსნარის მომზადების ხანგრძლივობაზე, გ/ლ; K – წყალ – ცემენტის ხსნარის კონცენტრაცია, $\frac{მ}{ლ}$; χ - კუთრი ელექტრული გამტარობა, სმ/მ; c - ტემპერატურული კოეფიციენტი; T - ხსნარის ტემპერატურა, C⁰; T₀ – დაყვანის ტემპერატურა, C⁰.

კონდუქტომეტრული ტიპის საზომი ხელსაწყო ნაჩვენებია მე-4 ნახაზზე.



ნახ. 4

ანალიზის კონდუქტომეტრული მეთოდი კონტრაქციონულ მეთოდთან შედარებით უფრო მოსახერხებელია, უფრო მარტივია გამოსაყენებლად, აქვს მაღალი საიმედოობა, გაზომვების მაღალი სიჩქარე და საკმარისად მაღალი სიზუსტე.

3. დასკვნა

ამგვარად, პორტლანდცემენტის შლადი კონტროლისას აქტივობის გაზომვას მექანიკური მეთოდის შემთხვევაში სჭირდება 28 დღე, ხოლო გაზომვის ცდომილება 1%-ის ფარგლებშია. რაც შეეხება ხელსაწყოს МИИ-100-ს, მისი საშუალებით ხდება აქტივობის გაზომვა უშუალოდ შენობა-ნაგებობების ადგილებზე.

ორთქლში გატარების მეთოდის დადებითი მხარეა ცემენტის აქტივობის სწრაფი გაზომვა.

პორტლანდცემენტის არაშლადი კონტროლისას აქტივობის გაზომვის მეთოდებს სჭირდებათ მნიშვნელოვნად ნაკლები დრო (წუთები - კონდუქტომეტრია, საათები - კონტრაქციომეტრია) შლადი კონტროლის მეთოდებთან (28 დღე) შედარებით. ამას გარდა, გამოყენებული ხელსაწყოები პორტატულია და გადატანითი და არ სჭირდებათ მაღალი კვალიფიკაციის პერსონალი და საცდელი ლაბორატორია.

პორტლანდცემენტის აქტივობის გაზომვას ხელსაწყოებით : КД-07, ВМ-7.7 და „ცემენტ - პროგნოზი“ კონტრაქციული მეთოდით გაზომვისას სჭირდება 24 საათი, ხოლო მათი ცდომილება საშუალოდ შეადგენს (5-10)%-ს.

აქტივობის გაზომვას ხელსაწყოებით: ИАП-2 და ИАП-04М კონდუქტომეტრული მეთოდით გაზომვისას სჭირდება 1-5 წუთი, ხოლო მათი ცდომილება შეადგენს 5 %-ს.

ლიტერატურა – Reference – Литература:

1. Taimasov B.T. (2003). Portland cement production technology: Textbook /B.T. Taimasov. - Shumkent: PublishingHouse SKTU. – 297 p. (in Russian)
2. Latishenko K.P. (2010). Mikroprocessor liquid analyzers manual / K.P. Latishenko. B.S. Pervukhin. -M.: MGUIE. –208 p. (in Russian)
3. Sinha S. (1996). Cement mini – plants. Translation by I.B. Palees. -M.: “Stroyizdat”, 1996. – 64 p.
4. Golovin V. V., Latishenko K.P., Tsilunov V.S. Methods and instruments for determining the activity of cement. Mechanical Engineering. University of Michigan. USA.

(სტატია მიღებულია 2.03.2024)

ANALYSIS OF CEMENT MEASUREMENT METHODS AND TOOLS

Datashvili Data, Azmaiparashvili Zaal,
Murjikneli Guram, Bochikashvili Petre

Georgian Technical University

datadatashvili99@gmail.com, z.azmaiparashvili@gtu.ge,
gurami.murjikneli@gtu, petreboch@yahoo.com

Summary

A review of methods and tools for determining cement activity has been conducted. Their main characteristics are analyzed. Advantages and disadvantages of demolished and non-demolished methods of measuring cement activity are shown. Measurements of time and errors of cement activity are given for both demolished and non-demolished methods. Conclusions are made on how to select the best methods for measuring cement activity.

(Received 2.03.2024)

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ АКТИВНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ЦЕМЕНТА

Даташвили Д., Азмаипарашвили З.,
Мурджикнели Г., Бочикашвили П.

Грузинский Технический Университет

datadatashvili99@gmail.com, z.azmaiparashvili@gtu.ge,
gurami.murjikneli@gtu, petreboch@yahoo.com

Резюме

Проведен обзор методов и приборов определения активности цемента. Проанализированы их основные характеристики, приведены достоинства и недостатки. Показаны положительные и отрицательные стороны разрушающего и неразрушающего методов измерения активности цемента. Приведены показатели времени и погрешности измерения активности цемента как для разрушающего, так и для неразрушающего методов. Сделан вывод, как выбрать наилучший метод измерения активности цемента.

(Поступила 2.03.2024)

მეტალურგიის სამშობლოს ძიებისათვის

გელა ღვინეფაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ghvinepadzegela08@gtu.ge

რეზიუმე

კაცობრიობის ისტორიაში ცივილიზაციების მრავალი მიმართულებით წინსვლასა და ადამიანის თითოეული სამოქმედო სფეროს უფრო მაღალგანვითარებულ საფეხურებზე აყვანაში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი როლი ითამაშა მეტალურგიამ. სტატიაში, ინტერ- და ტრანსდისციპლინურ მიდგომებზე დაყრდნობით, გამოვლენილია ზოგიერთი ახალი არგუმენტი ამ სფეროს ჩამოყალიბება-განვითარებაში ქართველური ტომების ღვაწლის შესახებ.

საკვანძო სიტყვები: მეტალურგია, ენების წარმოშობის 3-ეტაპოვანი თეორია, მეტალურგიული ტერმინების ეტიმოლოგია, ინტერ- და ტრანსდისციპლინური მიდგომები, ქართველური ტომები.

1. შესავალი

საკამათო საკითხად არ მიიჩნევა მტკიცება - კაცობრიობის ისტორიაში ცივილიზაციების მრავალი მიმართულებით წინსვლასა და ადამიანის თითოეული სამოქმედო სფეროს უფრო მაღალგანვითარებულ საფეხურებზე აყვანაში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა ადამიანის მიერ ცეცხლის „მოთვინიერებამ“, შემდგომ ხანებში კი - ამ ფენომენის დახმარებით წარმოშობილმა ადამიანის მოღვაწეობის ისეთმა უმნიშვნელოვანესმა დარგმა, როგორცაა მეტალურგია.

ლითონების მიღება, მათი პრიმიტიული წესებით მოძიების თუ მადნებიდან გამოდნობის გზით, უპირველეს ყოვლისა, სჭირდებოდა ადგილზე დამკვიდრებულ, მიწათმოქმედებით დაკავებულ ადამიანს. ამასთან, დადგენილია, რომ მიწათმოქმედი ადამიანი, უშუალოდ მოსავლის მისაღებად საჭირო, მიწასთან დაკავშირებულის გარდა, პარალელურად სხვა სახის სამუშაოებსაც ჰკიდებდა ხელს (*კერამიკული ინვენტარის წარმოებას, მოწეული მარცვლეულის გაშრობას...*) და იგი ამ სფეროებში დაგროვილ გამოცდილებას, რომელიც დიდწილად მაღალი ტემპერატურის და ასევე ჰაერის ნაკადის მიღება-რეგულირებასთან იყო დაკავშირებული, შემდეგ წარმატებით იყენებდა მეტალურგიის სფეროშიც [1].

ასე, რომ, როდესაც განიხილება მეტალურგიის დარგის დაბადების თემა, ლოგიკურია, პირველი მეტალურგები სწორედ იმ ტომებში ვეძებოთ, რომლებიც კაცობრიობის ისტორიაში ყველაზე ადრე დაკავდნენ მიწათმოქმედებით.

2. ძირითადი ნაწილი

ისტორიულად მეტალურგიას ორ ფუნდამენტურ მიმართულებად ყოფენ:

შავ და ფერად მეტალურგიად (*გამომდინარე ქანების, მადნების დამუშავებით მიღებული ლითონების ფერიდან*).

ბუნებრივია, რომ ადამიანებისათვის თავდაპირველი ინტერესის საგნად ფერადი მეტალურგია იქცა. საქმე ისაა, რომ შავი მეტალურგია, ფერადთან შედარებით, გაცილებით რთული პროცესებისგან შემდგარი კომპლექსია - მადნიდან შავი ლითონების მიღება მაღიან მაღალ ტემპერატურებზე ხდება და შესაბამისად, დასახული მიზნების მიღწევა მეტ ცოდნასა და ძალისხმევას მოითხოვს, ვიდრე ეს ხდება, მაგალითად, ქანებისგან კალისა და ვერცხლის გამოდნობისას.

შავი მეტალურგიის ჩასახვა-განვითარებას კი, როგორც ჩანს, ბიძგი მისცა მეტად იშვიათმა მოვლენამ - დედამიწაზე ნაპოვნი, ციდან ჩამოვარდნილი რკინის შემცველი მეტეორიტიდან იარაღის დამზადებამ (*ასეთი წარმოშობის რკინიდან დამზადებული უძველესი ნაკეთობა ჩვენს წელთაღრიცხვამდე IV ათასწლეულით თარიღდება*).

საინტერესოა, რომ სწორედ ციდან რკინის „დაწვიმებამ“ განაპირობა სხვადასხვა ხალხის ენებში, მაგალითად, ძველევგვიპტურსა და ძველბერძნულში, რკინის ციურ სხეულად სახელდება, ხოლო შუმერულში - ციურ სპილენძად.

ბოლო ფაქტიც ადვილად აიხსნება - ლოგიკურია, შუმერებს სპილენძის მადნების დამუშავებით მიღებული პირველი მონაპოვრისა და ლითონის ცნებები ერთმანეთთან გაეგივებინათ.

საკითხის თაობაზე, თუ სად გაჩნდა მსოფლიოში თავდაპირველი, პრიმიტიული სახის მეტალურგიული კერები, განსხვავებული შეხედულებები არსებობს.

მაგრამ, მოსაზრება, რომ აღნიშნული პროცესის სათავეებში ქართველთა წინაპრები (ან წინაპრებიც) იდგნენ, აღნიშნული თემისადმი მიძღვნილ თითქმის ყველა წყაროშია გამოთქმული, მათ შორის, რაც განსაკუთრებით ყურადსაღებია, - ზემოთ ნახსენებ, უძველესი ხანის ძველევგვიპტურ და ძველბერძნულ წერილობით წყაროებში.

მაგალითად, აპოლონიოს როდოსელის პოემა „არგონავტიკაში“ ნათქვამია, რომ ფაზისის/რიონის სათავეებში პრომეთე/ამირანი კლდეზე სპილენძის ბორკილებით იყო მიჯაჭვული [2].

აპოლონიოსი ძვ. წელთაღრიცხვის მესამე საუკუნეში მოღვაწეობდა, მაგრამ არგონავტების კოლხიდაში მოგზაურობა (*იგი მითია თუ რეალობა, ამ შემთხვევაში პრინციპული მნიშვნელობა არ აქვს*) ტროას თქმულებაზეც კი უფრო ადრინდელი პერიოდით თარიღდება - ჯერ კიდევ ჰომეროსის „ოდისეაში“ არის მოხსენიებული „ზღვის გამკვეთი, ყველასთვის ცნობილი ხომალდი არგო“ (თავი XII, 69).

სტატიაში განხილვად თემასთან მიმართებით განსაკუთრებით საინტერესოდ მიგვაჩნია აკ. ურუშაძის მოსაზრება, რომ ამ ვოიაჟის ინსპირირება განაპირობა ელინების ურთიერთობამ წინაბერძნულ მოსახლეობასთან - პელასგებთან [2].

ამასთან, ცნობილია, რომ არგონავტთა მითი ძირითადად თესალიაში შეიქმნა - ადრე სწორედ პელასგების მკვიდრ ტერიტორიაზე [იქვე].

პელასგები კი, ერთი ვერსიით, რომელიც ბოლო ხანებში მეტ დამამტკიცებულ არგუმენტებს პოულობს, პროტოქართულ ტომები იყვნენ [3].

ასეა თუ ისე, არგონავტების თქმულება ადასტურებს ძალიან დიდი ხნის წინ საბერძნეთსა და კოლხეთს შორის ურთიერთობების არსებობის ისტორიულ ფაქტს და მოტივსაც. მას მოგვიანებით უფრო დაზუსტებით სტრაბონი განმარტავს, როდესაც არგონავტების საქართველოში გამომგზავრების მთავარ მიზეზად ასახელებს ქვეყანაში ოქროს, ვერცხლის, რკინისა და სპილენძის მარაგების დიდ სიმდიდრეს [4, 5].

(*აქვე შევნიშნავთ, სტრაბონის მოღვაწეობის პერიოდში, მისივე თქმით, კოლხიდა ტრაპიზონიდან იწყებოდა*).

რა თქმა უნდა, აღნიშნული საკითხი ქართველ მეცნიერებსაც დიდად აინტერესებდათ. მაგალითად, დიდი ივანე ჯავახიშვილი წერდა [6]: „ძველი მესხეთი და მისი შუაგული სამცხე, ოდესღაც გურჯების ბუდედ ითვლებოდა. აქ გამოიგონეს მოსოკებმა და თუბალებმა რკინა და ბრინჯაო. აქედან წამოვიდა საქართველოცა და განათლების უმძლავრესი ნაკადიც“.

ეს სიტყვები კი ასევე სახელოვან მეცნიერს ნიკო ბერძენიშვილს ეკუთვნის და დაწერილია ჩვენში 1964 წელს მეტალურგიული სახის არტეფაქტების აღმოჩენასთან დაკავშირებით:

„ამ მიმართულებით კვლევა-ძიებების გაგრძელებას უდიდესი მნიშვნელობა ექნებოდა მსოფლიო საგანძურში ჩვენი წინაპრების შენატანის, მათი ღვაწლის სათანადოდ წარმოჩენისათვის“.

მაგრამ საქმე ისაა, რომ არქეოლოგიური გათხრების შედეგად მოპოვებული არტეფაქტები ჩვენი მუზეუმების თაროებზე სხვა გაცილებით ნაკლებად მნიშვნელოვანი ექსპონატების გარემოცვაში ხვდებოდა, ასეთ მრავალფეროვნებაში, ფაქტობრივად, იკარგებოდა და ყოველივე ზემოთ ნათქვამი მაინც ვარაუდის დონეზე რჩებოდა. თუმცა, ბოლო დროის აღმოჩენებმა და მომდევნო თაობის მკვლევრების ძალისხმევამ მოსაზრებას, რომ შესაძლოა, სწორედ საქართველოა მეტალურგიის სამშობლო, მეტი სიმყარე შესძინა.

პირველ რიგში, ამ მხრივ დავასახელებდით მკვლევარ ნიაზ ბოლქვაძის მიერ გაწეულ დიდ სამუშაოს [7, 8]:

1) მეცნიერმა აჭარაში შემორჩენილი რამდენიმე უძველესი მეტალურგიული ქურა-სახელოსნო გადაარჩინა განადგურებას; ამასთან, ამ ძიებათა პერიპეტიების აღწერას სტატიები და ტელესიუჟეტები მიუძღვნა;

2) მონოგრაფიაში თავი მოუყარა ქართველების, როგორც მეტალურგიის დარგში პიონერების, თაობაზე ბევრ საინტერესო მასალას;

3) ამ მიმართებით მის მიერ გამოთქმული მოსაზრებებიდან გამოვყოფდით იმ ფაქტის ფრიად ლოგიკურად ახსნას, თუ რა იყო მეტალურგიის სფეროში ქართველთა ტომების ღვაწლის საგულდაგულოდ მიმალვა-მიჩუმების მიზეზი (ამჯერად ჩვენი წინაპრების მიერვე, საერთოდ კი, ბევრი მსგავსი ფაქტია ცნობილი სხვადასხვა ქვეყნებში საკუთარ ნოუ-ჰაუთა გარეშე თვალისგან დამალვის).

მეტალურგიის სფეროში ჩვენი წინაპრების როლის გამოსაკვეთად ძირითადად ლინგვისტიკის სფეროს მივმართეთ და წამოვაყენეთ ზოგიერთი (მეტნაკლებად დასაბუთებული) ჰიპოთეზა მეცნიერების იმ დარგიდან, რომელსაც მკვლევრები ლინგვისტიკური პალეონტოლოგიის (ფრ. paléontologie linguistique) ან კიდევ, მიწისზედა არქეოლოგიის სახელითაც მოიხსენიებენ [9].

ასეთი სახელწოდება-განმარტებები სრულებით არ გახლავთ მანერული გამონათქვამი - ცნობილია, რომ, ლინგვისტიკის ძიებათა შედეგებს, ენათა სამყაროს გარდა, არა ერთხელ შეუსრულებია მნიშვნელოვანი როლი სულ სხვა სფეროებშიც წამოჭრილი ამოცანების გადაწყვეტაშიც

საერთოდ, მოცემულ დარგში რთული ამოცანების გადასაჭრელად საშუალებების სხვა სფეროებიდანაც მოხმობას უწოდებენ ინტერდისციპლინურ და ტრანსდისციპლინურ მიდგომებს, რომლებზეც დაყრდნობა ბოლო ხანებში დიდი პოპულარობით სარგებლობს - მათ, ფაქტობრივად, ნებისმიერ დარგში წამოჭრილი რთული, არასტანდარტული სახის ამოცანების გადასაწყვეტად იყენებენ მკვლევრები.

ეს გზა იქნა არჩეული ჩვენ მიერაც სტატიაში აღწერილი კვლევებისას, რათა ამ პროცესში წამოჭრილი (ან ადრე არსებული) რიგი მოსაზრების დასადასტურებლად ახალი არგუმენტები მოგვეძებნა (ძირითადად, ლინგვისტიკის სფეროდან).

ბუნებრივია, რომ ამ დროს, უმთავრესად, ქართველური ენების მასალებს ვეყრდნობოდით (თუმცა, ქვემოთ ვაჩვენებთ, რომ - არამარტო მათ).

მეტალურგიის სამშობლოს დადგენის თემა აქტუალურად მივიჩნიეთ იმ ფაქტის გათვალისწინებითაც, რომ მასთან მიმართებით დაგროვდა საკმაოდ ბევრი განსხვავებული შეხედულება, რაც, როგორც წესი, ართულებს სწორი დასკვნების გამოტანას.

კვლევების დასაწყისშივე ინტერდისციპლინურ და ტრანსდისციპლინურ მიდგომებზე დაყრდნობა განაპირობა იმ გარემოებამაც, რომ მათი დახმარებით უკვე გვექონდა მიღებული საინტერესო შედეგები, მაგალითად, *მეღვინეობის სამშობლოს* შესახებ კვლევებისას [10].

აქვე შევნიშნავთ, რომ ტერმინ *ღვინის* დასახელება და თვით დარგიც არცთუ დიდი ხნის წინ ცნობილ ქართველ მეცნიერებსაც კი ჩვენში გარედან შემოტანილ ფენომენად მიაჩნდათ.

ამრიგად, უპრიანია, უშუალოდ მოცემულ სტატიაში წამოყენებულ საკითხზე მსჯელობამდე საუბარი უფრო შორიდან დავიწყოთ:

თუ ინტერდისციპლინურ და ტრანსდისციპლინურ ცნებათა განმარტებისათვის შემუშავებულ ვერსიებს ერთმანეთს შევადარებთ და მათგან, ასე ვთქვათ, „ექსტრატს“ გამოვყოფთ, შესაძლებლად ვთვლით ამ ცნებების არსი ასეთი სახით წარმოვადგინოთ [11]:

1) *ინტერდისციპლინური* მიდგომა (მას ხშირად დისციპლინათშორისის სახელითაც მოიხსენიებენ) გულისხმობს მოცემულ სფეროში არსებული ინსტრუმენტარიუმის (მეთოდების, ტექნოლოგიების) გამდიდრებას სხვა, მისგან მეტად დაცილებული დარგებიდანაც მოხმობილი არსენალით, ანუ ხდება ახლო თუ შორეულ მეზობლებთან ჰორიზონტალური კავშირების დამყარება. აქვე მართებულად ვთვლით, მოვიყვანოთ მართვის დარგის სპეციალისტების წრეში მოარული ეს პოპულარული გამოთქმა: „თუ ქიმიკოსმა მხოლოდ ქიმია იცის, ის ქიმიკოსიც არაა“.

2) *ტრანსდისციპლინური* ის მიდგომაა, რომლის შემუშავებისა და ფართოდ გამოყენების საკითხი 21-ე საუკუნეში დადგა მთელი სიმწვავით. ამ პერიოდში მომხდარმა გრანდიოზული მასშტაბის სამეცნიერო-ტექნიკურმა რევოლუციამ მკვლევრებისგან მოითხოვა, ისინი უფრო ღრმად გარკვეულიყვნენ ბუნებასა და საზოგადოებაში მიმდინარე პროცესების არსში. ახლად წარმოშობილი, გლობალური სახის პრობლემების გადასაჭრელად კი საჭირო გახდა ტრანსდისციპლინურად წოდებული მიდგომის შემუშავება. მას დაევალა, ერთიანი სისტემის შემადგენლობაში მოექცია როგორც მანამდე წარმატებულად გამოყენებული ინტერ- და მულტიდისციპლინური მიდგომები, ასევე, საჭიროების შემთხვევაში, ფაქტობრივად, ადამიანის მოღვაწეობის ნებისმიერი სფეროდანაც ესარგებლა იმ ინსტრუმენტარიუმით, რომელმაც უკვე დაადასტურა თავისი მაღალი ეფექტიანობა საკუთარ ველზე.

ზემოაღწერილი მიდგომების ქმედითუნარიანობის დამადასტურებელი არაერთი მაგალითის მოყვანა შეიძლება მსოფლიო პრაქტიკიდან, რამდენიმესი - სტატიის ავტორის გამოცდილებიდანაც.

გამოვარჩევდით ზოგიერთ მათგანს, მაგალითად, ქრესტომათიულად ქცეულ ისტორიას, თუ როგორ ბრწყინვალედ და ამავე დროს მეტად მარტივი გზით იქნა გადაწყვეტილი მეორე მსოფლიო ომის დროს სამხედროების წინაშე წამოჭრილი უმწვავესი პრობლემა - როგორ დაეცვათ სატანკო შენაერთები.

ამ ურთულესი ამოცანის გადაწყვეტა მოხერხდა სამხედრო საქმისაგან ძალიან შორს მდგომი ენტომოლოგი სპეციალისტის წინადადების რეალიზებით [12].

(შევნიშნავთ, რომ ენტომოლოგია მეცნიერებაა მწერების შესახებ!).

ასევე, ამ კუთხით ძალიან საინტერესოა არცთუ დიდი ხნის წინ ევროპაში დაბა ნებრას ტერიტორიაზე აღმოჩენილი არტეფაქტის წარმომავლობა-დანაშინულების დადგენის პერიპეტეები - მხოლოდ ათამდე სხვადასხვა დარგის სპეციალისტების ძალისხმევით გაირკვა, რომ ნებრას დისკოდ სახელდებული არტეფაქტი გახლდათ არა ნაყალბევი ნივთი, არამედ - 3 ათასი წლის შექმნილი, მობილური ობსერვატორიის ფუნქციის მქონე საგანი!

რაც შეეხება აღნიშნული მიდგომების გამოყენების სტატიის ავტორისეულ პრაქტიკას, სწორედ ზემოთ აღნიშნულ მიდგომებზე დაყრდნობით, გაირკვა (*ზოგჯერ კი დაზუსტდა*) საქართველოსა და არა მარტო ჩვენში არსებული რიგი ტოპონიმებისა და ჰიდრონიმების სახელდების საკითხები. რამდენიმე შემთხვევაში კი, სულ ცოტა, ეჭვი იქნა შეტანილი მანამდე ურყევ ჭეშმარიტებად მიჩნეულ ეტიმოლოგიურ განმარტებებშიც.

მეტიც, ერთმანეთისაგან სრულიად განსხვავებული მიმართულების მქონე წყაროებში დაფიქსირებული ფაქტების შეჯერების შედეგად შემუშავებული იქნა, ჩვენი და არა მარტო ჩვენი აზრით, საფუძვლიანი **თეორია ენის წარმოშობისა და განვითარების შესახებ** [13, 14].

შევნიშნავთ, რომ ამ კვლევათა შედეგების აღმწერი ნაშრომებით და საერთაშორისო კონფერენციებზე წაკითხული მოხსენებებით საზღვარგარეთული გამომცემლობებიც დაინტერესდნენ და მათ შესახებ მასალები სტატიების და მონოგრაფიის სახით თავიანთ ბეჭდურ და/ან ინტერნეტგამომცემლობებში გამოაქვეყნეს [9, 15].

საერთოდ კი, ენების და კერძოდ, კაცობრიობის თავდაპირველი ლექსიკური მარაგის ეტიმოლოგიური კვლევების საკითხთა მიმართ ბოლო ხანებში დიდი დაინტერესება ვლინდება, რომლის გაღვივებასაც, ქვეყნების გეოპოლიტიკური ინტერესების გამძაფრების გარდა, დიდად შეუწყო ხელი ინტერნეტის უსწრაფესი ტემპებით განვითარება-გავრცელებამ. ნათქვამს ადასტურებს ის ფაქტიც, რომ აღნიშნული პრობლემატიკისადმი მიძღვნილ სათაო, <https://en.wiktionary.org> საიტის, როგორც შაბლონის, ბაზაზე შექმნილია უამრავი „ვიცილობილი“ საიტი, რომლებიც მილიონობით ტერმინის წარმოშობის შესახებ გვაწვდიან ინფორმაციას.

მიუხედავად იმისა, რომ ქართველურ ენებს, ცნობილი სპეციალისტების აღიარებით, ამ საკითხში წამყვანი როლის შესრულებაც ძალუბთ, სამწუხაროდ, ჩვენებურ ინტერნეტ-კლონს ამას ვერ დავაბრალებთ, რითაც საკმაოდ მოხერხებულად სარგებლობენ მავანნი. ქართველებმა, ფაქტობრივად, ბედის ანაბარად მივაგდეთ ინტერნეტის დახმარებით ცივილიზაციების განვითარებაში ქართველური ენების როლის მსოფლიოს წინაშე წარმოჩენის საქმე, და ამ შემთხვევაში რაც უფრო გვაინტერესებს, - მისი ის პლასტიკი, რომელიც მეტალურგიის სფეროში ჩვენი ხალხის ღვაწლზე მეტყველებს.

რა თქმა უნდა, ეს პრობლემა, პირველ რიგში, ქართველ მეცნიერთა მიერ არის მოსაგვარებელი, მაგრამ აქვე საჭიროდ ვთვლით აღვნიშნოთ:

1) არსებობს საშიშროება, მსგავს თემებზე მუშაობისას მკვლევარი ე. წ. „ურაპატრიოტიზმში“ გადავარდეს და მის მიერ სასურველად მიჩნეული ესა თუ ის მოსაზრება ურყევ ჭეშმარიტებად გამოაცხადოს;

2) ასეთი ხიფათის თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია, თითოეული მოსაზრების თუ ჰიპოთეზის ავტორი სიფრთხილით და კრიტიკულად მიუდგეს მიღებულ შედეგებს, მით უფრო მაშინ, როდესაც საუბარი საკუთარი ერის, ენის ამა თუ იმ ღირსებაზეა (*რასაც ჩვენც ვცდილობდით, თუმცა ასეთი გადახრებისგან დაზღვეული არავინაა...*);

3) საერთოდაც, ლინგვისტიკური ძიებებისას მკვლევარი შეიძლება მრავალ წყალქვეშა რიფს გადააწყდეს, მაგალითად, ტერმინებს შორის შემთხვევითი მსგავსებისა თუ *კონტამინაციის* მოვლენათა გამო. სრულიად მცდარი მოსაზრებების წამოყენების მხრივ, განსაკუთრებით ე. წ. ხალხური ეტიმოლოგიური ვერსიები სცოდავენ (*ქართული სინამდვილიდან ამის ერთ-ერთი თვალსაჩინო მაგალითია ტერმინ არამზადის ეტიმოლოგიის „განმარტება“*).

საინტერესოა, რომ ეტიმოლოგიური კვლევების სამეცნიერო ფასეულობის მიმართ, პრობლემატიკის სირთულიდან გამომდინარე, მეტად სკეპტიკურად იყო განწყობილი ისეთი მასშტაბის მოაზროვნე, როგორც ვოლტერია, მაგრამ, კვლევათა პროცესში სტიმულს გვაძლევდა:

1) სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერთა მიერ ისტორიულ-შედარებით მეთოდზე დაყრდნობით მიღებული რიგი ფუნდამენტური შედეგებისა, მაგ., თვით მკვდარი ენების გაშიფრვის საქმეში;

2) მეორე ფრანგი მოაზროვნე ჰელვეციუსის დანაბარები:

„ზოგიერთი პრინციპის ცოდნა ადვილად ანაზღაურებს ზოგი ფაქტის უცოდინრობას“.

და ჩვენც დასახული მიზნის მისაღწევად ზემოთ ხსენებული ინტერ- და ტრანს-დისციპლინური მიდგომების გამოყენებასთან ერთად შევეცადეთ სიღრმისეულად გაგვეცნობიერებინა იმ უტყუარი და უმნიშვნელოვანესი მოვლენის მნიშვნელობა, რომ:

სწორედ ქართველებია დღემდე შემორჩენილი ის ხალხი, რომელთა წინაპრებიც თუ ყველაზე ადრე არა, ერთ-ერთი პირველები დამკვიდრდნენ ადგილზე და ხელი მოჰკიდეს მიწათმოქმედებას.

აქვე უპრიანია ვახსენოთ მეტად საგულისხმო ის ფაქტიც, რომ ძველი ბერძნები ქართველებს მოიხსენიებდნენ *გეორგიანების* ანუ მიწათმოქმედი ხალხის სახელით. *(აქ შევნიშნავთ, რომ შინაარსობრივად ამ განმარტებას ვეთანხმებით, თუმცა, ტერმინის ეტიმოლოგიასთან დაკავშირებით ზოგიერთ მკვლევარს, მათ შორის ჩვენც, განსხვავებული მოსაზრებებიც გვაქვს [16]).*

მთავარი კი ის გარემოება გახლავთ, რომ ცხოვრებისათვის შერჩეული ახალი წესის მოთხოვნებიდან გამომდინარე, ბუნებრივია, ჩვენი წინაპრები „იმულებულნი“ იქნებოდნენ, ახალ ვითარებას მორგებოდნენ და დაწყებული იქნა:

1) ვაზის ველურიდან ჯიშებიდან კულტურული სახეობების გამოყვანა;

2) გარეული ფუტკრის მოშინაურება, რის შედეგადაც შეიქმნა კულტურული სახის მეთაფლეობის დარგი;

3) HERBA-დან *(ბალახ-ბულახიდან)* დღევანდელი *ხორბლის* წინაპარი ჯიშების *(ზანდური, მახა, დიკა და სხვ.)* გამოყვანა და მოწეული მოსავლიდან პურის გამოცხობა;

4) სამკურნალო თვისებების მცენარეთა მოძიება და მათგან შესაბამისი დანიშნულების საშუალებების დამზადება;

5) სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოებისათვის შესაფერისი ვადების განსაზღვრა:

1.1) ამ მიზნით, ციურ მნათობებზე დაკვირვება თავიდან ისეთი მარტივი არტეფაქტების დახმარებით, როგორც *ქვასვეტები*, რომელთაც შემდგომში რელიგიური ძეგლების ფუნქციაც შეითავსეს და *ქაშვეთებად* იქცნენ [17]. *(საქართველოს სხვადასხვა მხარეში ასეთი სახელის მატარებელი რამდენიმე ძეგლი მოგვეპოვება);*

1.2) დაკვირვებებით მიღებული შედეგების ფიქსირებისათვის, შემდგომში მათი გამოყენების მიზნით, - *თვლისა* და *ანგარიშის* ხერხების შემუშავება [18].

6) განსაკუთრებული აღნიშვნის ღირსია ფაქტი, რომ ზემოთ მოყვანილი ზოგიერთი პუნქტის სისწორის დადგენაში დიდი როლი შეასრულეს წინა საუკუნეში მოღვაწე მეცნიერებმა: ნ. ვავილოვმა და ნ. ტიმოფეევმა *(ხორბლის უძველესი ჯიშების გამოკვლევების ხაზით)*, ბოლო ხანებში კი - იმ ევროპულმა ორგანიზაციებმა, რომელთაც ლაბორატორიული კვლევების შედეგად დაადგინეს, რომ *საქართველოში მეღვინეობას სულ ცოტა 8 000 წლიანი ისტორია აქვს და ის უძველესია მსოფლიოში.*

სტატიისათვის მთავარი თემის დეტალურ განხილვამდე გვსურს, გამორჩეულად აღნიშნოს შემდეგი გარემოება - მეტალურგიის დარგის ჩასახვა-განვითარების პროცესი იმდენად მნიშვნელოვანი ფენომენი გახლდათ კაცობრიობისათვის, რომ მკვლევრები ცივილიზაციების ისტორიას 3 ეპოქად ყოფენ: ქვის, ბრინჯაოს და რკინის.

მეტალურგიის დარგის დაბადება, როგორც ბრინჯაოს ეპოქის (*ფერადის*), ისე - რკინისა (*შავის*), პირველ ყოვლისა, დაკავშირებული იყო მთის ქანებში გვირაბების, **ჭების** გაყვანასთან (*ბოლო ხანებში გაჩნდა სხვა გზებიც*).

ზემო აბზაცში სიტყვა **ჭა** სპეციალურად არის ხაზგასმული... დავიწყეთ იმ ფაქტის კონსტანტირებით, რომ ვიკილექსიკონის სათაო საიტზე ტერმინი **ჭა** ქართულ ენაში არაბული, სპარსული და სომხური ენებისგან ნასესხებ სიტყვად არის მოხსენიებული [19].

შენიშვნა: და რაა აქ გასაკვირი, როდესაც ინტერნეტში ზოგნი, „ბრძნულ“ ეტიმოლოგიურ ვერსიებზე დაყრდნობით, ქაშუეთის ტაძარსაც კი სხვა ერის საკუთრებად აცხადებენ, მაშინ, როდესაც ჩვენში არსებობს დედაქალაქის ცენტრში მდებარეზე გაცილებით ადრე აგებული, ამავე სახელის რამდენიმე, ტაძარი [17].

ადვილი შესამჩნევია, რომ **ჭა** ტერმინი მჭიდრო კავშირშია ქართველურ ენებში არსებულ, უძველესი წარმოშობის ბევრ სიტყვასთან და, ამ შემთხვევაში რაც უფრო მნიშვნელოვანია, - სტატიაში განსახილველ თემასთან. პირველ რიგში, უნდა აღინიშნოს ის ფაქტი, რომ სიტყვა **ჭა** ახლოს დგას ტერმინ **ჭრასთან**, მეტიც, ეს უკანასკნელი პირვანდელი, **ჭარ** სახით არის შემორჩენილი გურულ მეტყველებაში - ამ რეგიონის მკვიდრნი იტყვიან ხოლმე არა, ვთქვათ, „ლენტი (ან თოკი) გაჭერი“, არამედ - „გ ა - **ჭ** ა რ“-ის. ტერმინ **ჭა**-ს ქართული ენის კუთვნილებაზე მიუთითებს მასთან ამა თუ იმ ასპექტით ნათესაურ კავშირში მყოფი ეს სიტყვებიც:

ჭრელი, ჭარი (ამჯერად, როგორც გველის გამონაცვალი (ჭრელი) კანი), ჭერა, ჭარბი, ჭორი,...

(თუმცა, მეტალურგიის სფეროსთან მიმართებით ასეთი დამოკიდებულება არ ან ნაკლებად შეიმჩნევა).

განსაკუთრებით საინტერესო შედეგები კი მაშინ მივიღეთ, როდესაც მივმართეთ იმავე ინტერ- და ტრანსდისციპლინური მიდგომების ბაზაზე ჩვენ მიერ ადრე შემუშავებულ *წყლის თეორიას*, მიძღვნილს ზოგადად ენის (ენების) წარმოშობის საკითხისადმი [13].

აღნიშნული თეორიის არსი შემდგომში მდგომარეობს:

თავდაპირველი სიტყვების უმეტესობას უძველესი ადამიანი ქმნიდა წყლის ცნებასთან რაიმე სემანტიკურ კავშირში მყოფ არსთა, მათი ქმედებების, ამ ცნებათა ატრიბუტების და ა.შ. სახელდების შედეგად.

და ეს სავსებით ლოგიკურია, მართლაც, იმ გარემო-პირობების გათვალისწინებით, რომლებშიც ჩვენს შორეულ წინაპარს უხდებოდა არსებობა, ადვილი მისახვედრია, რომ მისთვის *უპირველესი საზრუნავი სწორედ წყლის - არსებობისათვის ამ აუცილებელი წყაროს (სიტყვის პირდაპირი და გადატანითი მნიშვნელობით) მოძიება იქნებოდა.*

ცნობილი ფაქტია - წყლის გარეშე ადამიანს, მით უფრო მაღალი ტემპერატურის პირობებში, რომლებშიც ჩვენს შორეულ წინაპრებს უხდებოდათ ცხოვრება, მხოლოდ 5-6 დღე თუ შეუძლია იარსებოს, მაშინ, როდესაც საკვების მიუღებლად მას ძალუმს რამდენიმე ათეული დღეც კი გაძლოს!

და ახლა წარმოვიდგინოთ ასეთი რეალური სიტუაცია - ტრიალ მინდორზე მთელი დღის განმავლობაში საკვების ძებნაში გადართულ-გადაღლილ ჩვენს წინაპარს წყალი მოსწყურდა, ... და დავსვათ

შეკითხვა: *საითკენ მიაპყრობდა იგი დრო და დრო მზერას?*

პასუხი ასეთია: ცხოველების მიერ წყალსატევების მიმართულებით გაკვალილი გზებისკენ, ტყეებისა და მთებისაკენ, სადაც ხევში ნაკადულს ან კლდეზე გადმომდინარე ჩანჩქერს შეიძლება წააწყდე.

აქვე გავიხსენოთ ბიბლიური თქმულება მოსეს მიერ წყლის მოსაპოვებლად კვერთხით კლდის გაპობის შესახებ.

აქედან გამომდინარე, ლოგიკურია ვიფიქროთ, თუკი ჩვენი წინაპარი, მეტონიმიის წესით, რაიმე ობიექტს დაარქმევდა სახელს, პირველ რიგში, ეს იქნებოდა მდინარეების და წყალსატევების მიმდებარე ტერიტორია – მიწა (*ხმელეთი, ტაფობი, რიყე, ვაკე და ა.შ.*). ადამიანს ხომ საცხოვრებელი ადგილი, უმთავრესად, იმ თვალსაზრისით აინტერესებდა (და აინტერესებს!), მოიპოვება თუ არა იქ წყალი. ისევ წყალია ორიენტირი კაცობრიობის განვითარების შემდგომ ეტაპებზე უკვე მეცხოველეობისა თუ ხვანა-თესვისათვის სავარგულების შერჩევისას.

შენიშვნა: არცთუ იშვითად მოსაზღვრე ან ამა თუ იმ ასპექტით დაპირისპირებულ ობიექტებს, ქმედებებს და მათ ატრიბუტებს ისეთი ანტონიმური სახელები ჰქვია, რომლებიც მეტონიმიის გამო ზოგჯერ ოდნავ ან სრულყოფით არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან (რაც ზოგჯერ მკვლევართა აზრთა სხვაობას იწვევს).

განხილვად თემასთან მიმართებით, ლოგიკურია, ვიფიქროთ, რომ უძველესი ადამიანის მიერ მეტონიმიის წესითვე მოხდებოდა კლდის (*მთის, გორის...*) სახელდებაც.

მართლაც, მრავალი მაგალითი მოიპოვება, როცა მდინარეს და მთას, საიდანაც ეს წყალი ჩამოედინება, იდენტური ან მსგავსი სახელი ჰქვია...

რამდენიმე მაგალითი ქართული სინამდვილიდან:

1) ჩვენს მთიანეთში კირქვიან ადგილებში გამოჩაჟონ მომჟავო-მომლაშო წყალს **მატალას** (*ზოგან მიტალას*) უწოდებენ. მიგვაჩნია, რომ ამ სიტყვის ძირია ფრიად არქაული „მატ“ ტერმინი. იგი „წყლის“ აღმნიშვნელი ერთ-ერთი სიტყვა უძველესი სიტყვაა და „მთაც“ მისგან ჩანს წარმოშობილი, ქართული ენისათვის ასე დამახასიათებელი კვეცადობა-კუმშვადობის მოვლენის შედეგად;

2) ფშავში **მუჯას** ეძახიან მჟავე წყალს და იმ მთა-ადგილებსაც, საიდანაც იგი გამოედინება;

3) იგივე ითქმის ტერმინ **ვეძის** შესახებაც;

4) ასევე, **ჩხატი** სახელწოდებაა ჩანჩქერისა და იმ კლდეებისაც, რომლებზედაც წყალი გადმოჩქეფს;

5) დაბოლოს, **მატ** სიტყვა უცვლელად, ფუძის სახით შემონახულია წყალთან რაიმე ასოციაციაციით დაკავშირებულ ინდოევროპული ენების რიგ ტერმინებში.

ბუნებრივია, რომ ამგვარი სახელდებაების პროცესში გამოყენებული იქნებოდა ძველი ადამიანის მიერვე ადრევე მოფიქრებული წყლის ცნების ის აღმნიშვნელი ბგერათკომპლექსები, რომელთა რიცხვი არცთუ ცოტა იქნებოდა!

ცნობილია, რომ ბერბერებს “აქლემის”, ხოლო ესკიმოსებს “თოვლის” ცნების გამომხატველი ასეულობით ტერმინი გააჩნიათ. ანალოგიურად, ასეთივე სიტუაცია შეიქმნებოდა წყლის ცნებასთან დაკავშირებითაც თავდაპირველი ენის ჩამოყალიბების პროცესში. მეტიც, ერთი შეხედვით, თვისებრივად სრულიად განსხვავებული, ზოგჯერ კი საპირისპირო შინაარსის მქონე ტერმინების ნაწილი ამა თუ იმ ლოგიკური გზით ისევ წყლის ცნებასთან დაკავშირდებოდა. ამ “შვილებს” უნდა მოჰყოლოდნენ “შვილიშვილები”, “შვილთაშვილები”... ყველაფერი კი იმით

დამთავრდა, რომ ენების დღევანდელ უზარმაზარ გორგალში ადამიანებს პირველი სიტყვა დაგვეკარგა!“.

შემდეგ, ვუშვებთ არსებობის უფლებას ამ მოსაზრებისთვისაც:

დასაშვებად მიგვაჩნია, ასეულ ათასობით წლის წინ შემუშავებული ეს წესი მომდევნო ეპოქებში განვითარების უფრო მაღალ საფეხურებზე მყოფ ადამიანს გამოეყენებინა წყლის ფენომენტთან რაიმე კავშირში მყოფი სხვა ობიექტების, ცოცხალი ორგანიზმების (*უპირველეს ყოვლისა, წყლის ბინადართა სამყაროს*), მდინარეებისა და წყალსატევების ატრიბუტების (*ცივი, თბილი, ჩქარი...*) და მოძრაობა-ქმედებათა აღმნიშვნელი ტერმინების (*დინება, ჟონვა, წვეთა, წოვა, motion...*) სახელდებისთვისაც.

და რადგანაც ეს შემოქმედება - კაცობრიობის სამეტყველო ენის თავდაპირველი მარაგის ფორმირება, მეცნიერთა (*ამასთან, არამარტო ლინგვისტიკის სფეროდან*), საფუძვლიანი ვარაუდით, ჯერ კიდევ ქვის ხანის საწყის, ე.წ. ადრეული პალეოლითის პერიოდში უნდა დაწყებულიყო, გასაკვირი არ არის, რომ ამ „პროფილის“ სიტყვებს შორის არა ერთი კავშირია გამოვლენილი მკვლევართა მიერ ენების დიდად განსხვავებული ოჯახებშიც კი.

სწორედ ასეთ, უკვე დადგენილ კავშირებს ვითვალისწინებდით ზოგიერთი მეტად საინტერესო სიტყვის ეტიმოლოგიური წარმოშობის კვლევებისას. ამავე დროს ვეყრდნობოდით როგორც ზემოთ აღნიშნულ ინტერ- და ტრანსდისპლინურ მიდგომებს, ასევე, - ბოლო წლებში კრეატიული აზროვნების განვითარებისათვის შემუშავებულ მეთოდებს.

ყოველივე ამის შედეგად საშუალება მოგვეცა წამოგვეყენებინა რიგი საინტერესო ჰიპოთეზებისა, როგორც აქამდე ამ კუთხით „უიმედოდ“ მიჩნეული ტერმინებისათვის, ასევე, ზოგ შემთხვევაში – გადაგვეაზრებინა აქამდე ურყევ ჭეშმარიტებად აღიარებული შეხედულებებიც.

როდესაც ჩათვალეთ, რომ ნაპოვნი გვექონდა „ენების გორგლის“ წვერო და ძირითადად განსაზღვრული – კვლევების წარმართვისათვის საჭირო აპარატი, ლოგიკურად მივიჩნიეთ ამ წანამდღვრების გამოყენება გვეცადა მეტალურგიის სფეროსთვისაც შესაძლოა საკამათო, თუმცა არცთუ მთლად საფუძველს მოკლებული ჰიპოთეზების წამოსაყენებლად.

თავიდან აღვნიშნოთ ის ფაქტი, რომ მეტალურგიული საქმიანობისათვის აუცილებელ ნედლეულს - *მადანს* ადამიანი, პირველ რიგში, მოიპოვებდა და მოიპოვებს მთის მასივებში გაჭრილი გვირაბებიდან, ჭებიდან, ზოგჯერ ის *მინერალებს* დაუმუშავებელი სახითაც იყენებდა. მაგრამ, სპილენძის და რკინის გამოდნობის ხერხების ათვისების შემდეგ გააცნობიერა, რომ კიდევ უფრო მარტივი იყო ამ ნედლეულის მოძიება ისეთი მდინარეების ნაპირებზე, მაგალითად, აჭარაში **ჭოროხის**, არეალში, სადაც, ასე ვთქვათ, **ჭერეხით** ეყარა **რკინის** შემცველი **ქვები** და **ლოდები**.

ტერმინებისათვის ხაზგასმით გვსურს მკითხველის ყურადღება იმ ფაქტზე გავამახვილოთ, რომ ზემოთ ახსნილი *წყლის თეორია* ამ შემთხვევაშიც წარმატებით მუშაობს.

მაგალითად, წყლის, უფრო ზუსტად, კონკრეტული მდინარის სახელწოდება, მეტონიმიის წესით, თითქმის უცვლელი, **ჭერეხის** ფორმით არის გადასული:

1) ამ მდინარის ნაპირებზე გამო-**რიყ**-ული (*ამ კუთხით, ეს ტერმინიც საინტერესოა*) **ქვების**, მსხვილი **ქვიშის** სახელად;

2) **ჭერეხი** ამავე დროს **თევზის სახეობაცაა**;

3) იგივე სიტყვა (*ჯავახური ლექსიკონის მიხედვით*) **რიცისა** და სიმრავლის, სიუხვის სინონიმად იხმარება.

განსაკუთრებით საინტერესო კი ისაა, რომ ამ ჯიშის თევზის სახელი სლავურ ენებშიც, ფაქტობრივად, იგივეა - **жерех**. ეს სიტყვა ვიკილექსიკონში გაურკვეველი წარმოშობისად არის მიჩნეული, რაც კიდევ ერთი დასტურია მეტად შორეულ წარსულში დღეს ერთმანეთისაგან სრულიად განსხვავებული ენების ერთი წყაროდან წარმომავლობისა.

ზემოთ მოყვანილ მიდგომებსა და მოსაზრებებზე დაყრდნობამ საშუალება მოგვცა, მეტალურგიის სფეროს სხვა მნიშვნელოვანი ტერმინებისთვისაც წამოგვეყენებინა შესაძლოა საკამათო, მაგრამ - ყურადსაღები ჰიპოთეზები. ეს ტერმინებია:

მადანი, მთა, ლითონი, metall, medalion, მეძა

თუმცა, ჯერ ბოლომდე მივიყვანოთ ზემოთ დაწყებული ტერმინ **ჭარ-თან** დაკავშირებული მსჯელობა.

ვთვლით, რომ ტერმინ **ჭა** (ჭარ)-ს მეტალურგიულ საქმიანობასთან არამართო მთის ქანებიდან **მადნის ჭრის** გამო აქვს კავშირი.

ქართველ მკვლევართა განმარტებით, (მ. ჯანაშვილი, ი. მაისურაძე), **ჭ ა რ ი** დაბალ, ჭაობიან, ნოტიო ადგილსაც ნიშნავს.

საქმე ისაა, რომ მადნის, მინერალების მოპოვების შემდეგ საჭირო იყო მინარეებისაგან გაწმენდის მეშვეობით მათი გამდიდრება, რაც ბუნებრივია, წყლის მეშვეობით ხდებოდა.

ამ პროცესმა ბოლო საუკუნეებში ახალი განზომილება შეიძინა და მრავალი მიმართულების მქონე, **ფლოტაცია**დ სახელდებულ საქმიანობად იქცა. აქვე შევნიშნავთ, რომ ტერმინი **ფლოტაცია** პირდაპირ ეტიმოლოგიურ კავშირშია **წყლის ცნებასთან**.

ამრიგად, მეტალურგიასთან **ჭარ** ტერმინს ორი მეტად მნიშვნელოვანი სხვადასხვა სახის ასპექტი აკავშირებს. შესაბამისად, საინტერესო იქნებოდა ამ ორივე კუთხით ქვემოთ ჩამოთვლილი ტერიტორიების ადგილზე შემოწმება იქ დღეს თუ ადრე მეტალურგიის ხაზით საქმიანობაზე:

- 1) სოფ. **ჭარები** ქართლში;
- 2) **ჭარი** - ისტორიული დასახლება ჰერეთში, დღევანდელი აზერბაიჯანის ტერიტორიაზე;
- 3) სან**ჭარო** - უღელტეხილი;
- 4) ზუგდიდის დეპარტამენტში მდებარე სოფ. **ჭაქვინჯი** (*მდებარეობს მდ. ჭანისწყლის პირას*);
- 5) სოფ. **ჭარნალი** (*მასზე გადის მდ. ჭარნალი*);
- 6) **ჭარნალი** - მდ. **ჭოროხის** შენაკადი ხელვაჩაურის მუნიციპალიტეტში,

აქვე მოგვყავს მეტად ინფორმატიული შინაარსის ამონარიდი ინტერნეტიდან:

[https://www.nplg.gov.ge/wikidict/index.php/ჭარნალი_\(სოფელი\)](https://www.nplg.gov.ge/wikidict/index.php/ჭარნალი_(სოფელი))

„სავარაუდოდ, სოფელი ჭარნალი (და იქვე ამავე სახელწოდების მდინარე) წარმომდგარი ჩანს არა ჭალა სიტყვისაგან, არამედ დასავლეთ საქართველოს მიკროტოპონიმიაში კარგად ცნობილი ჭარ- სიტყვისაგან რომელიც სველი, ნოტიო, წყლიანი საფლობ-ტალახიანი ადგილების აღსანიშნავად გვხვდება. ჭარ- ძირის შემცველი გეოგრაფიული სახელები არაერთგზის დასტურდება გურია-იმერეთის, აგრეთვე, რაჭის ტერიტორიაზე. მაშასადამე, ჭარნალი უნდა გავიაზროთ არა როგორც ჭალ-ნარი („ჭალიანი ადგილები“), არამედ როგორც ჭატიო, ჭანჭრობი ადგილები“; „სოფელი, რომლის ტერიტორიაზეც მრავლადაა გუბე-ტბორებიანი, ჭარი ადგილები.

მეორე მხრივ, ამოსავლად შეიძლება გვევარაუდა ქვემო აჭარული სიტყვა „ჭარი“, მნიშვნელობით: „ქვიანი ადგილი“, „ქვავნარი“, „ქვაცილი ადგილი“. უთუოდ ამ შინაარსს შეიცავენ მიკროტოპონიმები ჭარნალი - ღელე და ტყე სოფ. კოლოტაურსა და სოფ. სირთში.

ამრიგად, სახელწოდება ჭარნალი ორგვარად შეიძლება გავიაზროთ:

ა) ჭარიანი ანუ სველი, ჭაობიანი ადგილები: ბ) ქვავნარი, ქვაცილი ადგილები“.

დაბოლოს, მოგვყავს ის ჰიპოთეზები, რომლებიც მეტად მნიშვნელოვნად მიგვაჩნია:

1) ჩვენი ვარაუდით, სწორედ ჭარ ტერმინმა განაპირობა საქართველოში მთელი რეგიონის სახელდება და ეს რეგიონი გახლავთ:

ა - ჭ ა რ - ა

2) ასევე, არ გამოვრიცხავთ, რომ მეტათეზისის მოვლენის წყალობით (მაგ.: რჭ-ობა, კუდჭარა → კუდრაჭა [მერცხალი]) მადნეულის სიმდიდრით განსაკუთრებით გამორჩეული მხარე:

ჭარა მოგვევლინა რაჭად!

ბოლო პუნქტთან დაკავშირებით, მოგვყავს ამონარიდი რაჭის რეგიონის ენციკლოპედისტის, მკვლევარ ავთანდილ გიორგობიანის მონოგრაფიიდან [20]:

„ძველი წელთაღრიცხვის XX საუკუნის ძველგვიკტურ პაპირუსში აღწერილია, თუ როგორ მარაგდებოდა პირამიდები ბრინჯაოთი რიონის ზემო წელიდან“.

საერთოდ, მეტალურგია და კერძოდ, მჭედლობა იმდენად მნიშვნელოვან საქმედ ითვლებოდა, რომ ამ პროფესიის ადამიანები სხვა ამ საქმიანობით არ იყვნენ დაკავებული.

არგონავტების მითში მოთხრობილია, რომ აიეტის ქვეშევრდომი ხალობები „არ ხნავენ მიწას, არ რგავენ ნაყოფმსხმოიარე ხეებს, არ მწყემსავენ ფარებს მდელოებზე; ისინი მოიპოვებენ მადანსა და რკინას დაუმუშავებელი მიწისაგან და ცვლიან საკვებზე. მათი დღე იწყება მძიმე შრომაში, ღამის წყვდიადში და სქელ კვამლში ატარებენ მთელ დღეს შრომაში...“.

ცნობილია, რომ მჭედლის პროფესიასთან ეტიმოლოგიურად დაკავშირებული გვარები ყველაზე მეტად არის გავრცელებული მსოფლიოში (სმიტი, შმიდტი, მჭედლიძე, მჭედლიშვილი, მჭედლოური, კუზნეცოვი, კოვალი და სხვ.).

რაც შეეხება უშუალოდ ჭარ-ტერმინს, ჩვენში მრავლად გვხვდება მასთან ეტიმოლოგიურად დაკავშირებული ტოპონიმებიდან წარმოშობილი გვარები:

ჭარაია, ჭარია, ჭარელიძე, ჭარელაშვილი, ჭარელიშვილი; ასევე, სავარაუდოდ, ჭია ჭაავა, ჭაველიძე, ჭაქვაძე.

გადავდივართ მეტალურგიული სფეროსათვის უმნიშვნელოვანესი ტერმინის - **მადნის** და მისი ეტიმოლოგიის შესახებ მსჯელობაზე.

თავდაპირველად აღვნიშნავთ იმ ფაქტს, რომ სიტყვა **მადანი** თვით საბა-სულხან ორბელიანს მიაჩნდა ქართულში სპარსული და თურქული ენებიდან ნასესხებად, თუმცა ვიკილექსიკონი ასეთ შეხედულებას არ იზიარებს. ამ საკითხზე უფრო დაწვრილებითი მსჯელობა მასალების ძალიან შორეული ეპოქიდან მოხმობას მოითხოვს.

ზემოთ უკვე გვქონდა საუბარი თემაზე, უძველესი ადამიანების მიერ თუ როგორი წესებით იქმნებოდა თავდაპირველი ენის (ან ენების) ლექსიკა. ამასთან, წყლის თეორიის საფუძვლიანობის დასადასტურებლად მოყვანილი იყო ქართულ ენაში ამ ფენომენის კონკრეტულ გამოვლინებათა სახელების, მეტონიმის გზით, მთების სახელწოდებებად გადასვლის მაგალითებიც.

აქვე შევნიშნავთ, რომ ასეთი გადასვლები სხვა ენებშიც მრავლად გვხვდება.

დავიწყეთ მათგან სტატიაში განხილვადი თემისათვის ყველაზე რელევანტურით - მხედველობაში გვაქვს შემდეგი, მეტონიმური სახის გადასვლა *წყლის ცნება* → *მთა* (გაგრძელებებით):

მატ → **მადანი, მთა, metall, medalion медь, мѣд**

მატ ტერმინი ენის უძველესი ლექსიკის შემადგენელი ის ერთ-ერთი ელემენტია, რომელიც ქართულ ენაში, ოდნავ მოდიფიცირებული **მატალა** და **მიტალა** ფორმებით, აღნიშნავდა როგორც წყლის ცნებას, ასევე, მეტონომიის გზით, იმ მთიან ტერიტორიასაც, საიდანაც ეს წყალი მოედინებოდა. ამ ტერმინმა დასაბამი მისცა დღეს სხვადასხვა ენაზე არსებულ უამრავ სიტყვას, მათ შორის, როგორც უკვე აღვნიშნავდით, - **მთას** (შდრ. Mount (ინგლ.), mendia (ბასკ.,) Munte (რუმ.)) და, ჩვენი მოსაზრებით, - **მადან** და metall, medalion медь, мѣд ტერმინებსაც.

საერთოდ, გარდა **მატ**-ისა, წყლის აღმნიშვნელი ფუძე-ტერმინები არა მარტო ამ, არამედ არაერთი მიმართებით წყლის ფენომენტთან ასოციაციურად დაკავშირებული უამრავი ცნების სახელდების წყაროა ძალიან ბევრ ენაზე!

მაგალითად, მარტო ერთ-ერთი ასეთი ***lak** ძირეული ტერმინისათვის ასეულობით ამგვარი სიტყვა მოიძებნება [14], ხოლო თუ გავითვალისწინებთ იმ ფაქტსაც, რომ მრავალ ენაში ხშირად ხდება „რ“ და „ლ“ თანხმოვნების მონაცვლეობა, მაშინ ჩვენთვის საინტერესო თემასთან მიმართებით მასზე დაყრდნობას მივყავართ ასეთი ჰიპოთეზების წამოყენებამდე:

რაკრაკი - რიყე - რაყა - რეცხვა - რიკოთი - rock (ინგლ.) და rocca (სავარაუდოდ, კელტური ან გალური წარმოშობის) ქვა, კლდე - რკინა - река - Рака (მდ.)

შემდეგ, **metall** ტერმინს მკვლევრები წინაბერძნული წარმოშობისად მიიჩნევენ და აკავშირებენ *შახტის, კარიერის* ცნებებთან, რომელთაგან „ერთი ნაბიჯია“ **მატ**, მოცემულ შემთხვევაში მთის, გორის აღმნიშვნელ სიტყვამდე, ხოლო ორი - ზემოთ სიაში მოყვანილ სხვა ტერმინებამდე.

ყველა ეს მოსაზრება შემდგომი კვლევების ჩატარებას მოითხოვს, მით უფრო იმ ფაქტის გათვალისწინებით, რომ ქართველ (და არამარტო ქართველ) მეცნიერებს ამ საკითხის შესახებ ბევრი სხვა საინტერესო აზრი აქვთ გამოთქმული [5, 6, 21,22].

დაბოლოს, სტატიაში განხილულ თემასთან მიმართებით (და არა მარტო ამ კუთხით) უდიდესი მნიშვნელობა აქვს იმ ფაქტს, რომ 1991 წელს (შეიძლება ითქვას, ახლახან) საქართველოში აღმოჩენილი იქნა ადამიანის ნაშთები, დღეს *ჰომო გეორგიკუსად* სახელდებულის, რომლის ასაკი, როგორც დადგინდა, დაახლოებით 1,8 მილიონი წლისაა და, საყოველთაო აღიარებით, უძველესია მთელი ევროპის მასშტაბით.

ამასთან, დადასტურებულია, რომ, იმ დროიდან მოყოლებული, ადამიანები ჩვენს ტერიტორიაზე *უწყვეტად სახლობდნენ ზემოთ მოხსენიებულ ქვის, ბრინჯაოს და რკინის ეპოქებში და ყველა მიმართულებით ვითარდებოდნენ.*

ასე რომ, შესაძლოა, სწორედ აღნიშნული ფაქტი უნდა ჩაითვალოს ყველაზე მყარ, *რკინისებრ* არგუმენტად იმ მოსაზრების დასამტკიცებლად თუ გასამაგრებლად, რომ ჩვენმა წინაპრებმა, მიწათმოქმედების საქმეში პიონერებმა, თავიანთი მწვავე საჭიროებიდან გამომდინარე, სულ ცოტა, ერთ-ერთმა პირველებმა მოჰკიდეს ხელი მეტალურგიულ საქმიანობასაც.

P.S. და არცთუ მთლად ლირიკული გადახვევა:

გადიოდა ასეულ ათასობით წელი... გამრავლებული ტომები ამიერკავკასიიდან თითქმის ყველა მიმართულებით იძვროდნენ, ამერიკის კონტინენტზეც კი დასახლდნენ-დამკვიდრდნენ,

ხოლო ცოტათი აქეთ დარჩენილებმა ადგილებზე შექმნეს ინდოევროპული და ჩინური ცივილიზაციები, უზარმაზარი კულტურით, დიდად გამდიდრებულ-განვითარებული ენებით...

გადის დრო და რამდენიმე ათასი წლის წინ ეს ინდოევროპელები აქეთკენ შემოტრიალდნენ და პროტოქართველები ჯერ მცირე აზიიდან და ხმელთაშუა ზღვისპირეთიდან რომ გაგვყარეს, მერე ამიერკავკასიაშიც შემოგვიტყეს...

ამ ინდოევროპელებს სულ რაღაც ათას წელზე ცოტა მეტი ხანია, თურქული ტომები მოჰყვნენ და დღეს უკვე ჩინელები და სხვანიც არიან დიდ სამზადისში – *უჭირს ქართველებს დემოგრაფიული ხაზითაო!*

ადრე მთიელები გვშველოდნენ, მათ გადაგვარჩინეს სრულ მოსპობას - მტერი ბარში მცხოვრებ ქართულ მოსახლეობას რომ გაანადგურებდა ან აქედან წაასხამდა და ბაზარზე ყიდდა (*ამ საქმეში ზოგი „ქართველიც“ გვარიანად უწყობდა ხელს!*) აი, მაშინ ამბობდა თავის სიტყვას ის მთა... დღეს რომ დაცარიელდა!

3. დასკვნა

ცივილიზაციების განვითარების პროცესში მეტალურგიამ იმდენად დიდი როლი შეასრულა, რომ მკვლევრების მიერ 3 ეპოქად წარმოდგენილი კაცობრიობის ისტორიიდან ორი მათგანი, ბრინჯაოსა და რკინის, სწორედ ადამიანის მოღვაწეობის ამ დარგს უკავშირდება. ლითონების მიღება და მათგან სხვადასხვა სახის იარაღის დამზადება, უპირველეს ყოვლისა, მიწათმოქმედ ადამიანებს სჭირდებოდათ. ცნობილია, რომ ცხოვრების ასეთი წესით პირველნი სწორედ ქართველური ტომები დაკავდნენ.

სტატიაში განიხილება, ინტერ- და ტრანსდისციპლინურ მიდგომებზე დაფუძნებული კვლევების შედეგად ჩვენს ენებში გამოვლენილ-გაანალიზებული ის მასალები, რომლებიც მეტალურგიის სფეროში ქართველური ტომების ღვაწლის თაობაზე მეტყველებს.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. <https://www.3mvet.eu/en/news/history-metallurgy>
2. <http://dSPACE.gela.org.ge/bitstream/123456789/5214/4/Argonavtika.pdf> (in Georgian)
3. <https://ka.wikipedia.org/wiki/პელასგები> (in Georgian)
4. <https://intermedia.ge/%E1%83%A1%E1%83%A2%E1%83%90%E1%83%A2%E1%83%98%E1%83%90/168926/64/> (in Georgian)
5. <https://nationalgeographic.ge/udzvelesi-metalurgiis-shesakheb-saqartveloshi/> (in Georgian)
6. <https://intermedia.ge/%E1%83%A1%E1%83%A2%E1%83%90%E1%83%A2%E1%83%98%E1%83%90/166477/64/> (in Georgian)
7. <https://makale-talep.com/bolkvadze.pdf> (in Georgian)
8. <https://217.147.235.82/bitstream/1234/356768/1/UdzvelesiKolxIberieltaSaidumloeba.pdf>
9. http://www.ifapcom.ru/files/2016/UGRA_ENGL_BLOK_WEB.pdf
10. G. Ghvinepadze. "For wine names". "Parallel" magazine. 2019, No. 11. ISSN 0235-8417. p. 233-235. (in Georgian)
11. G. Ghvinepadze. "Solving some difficult linguistic problems with the help of an interdisciplinary approach". Tbilisi. Publishing House of GTU, "Works", 2019, No. 1 (511), p. 80-88. ISSN 1512-0996. (in Georgian)
12. <https://russian7.ru/post/kak-babochki-spasli-sovetskie-tanki-v-v/> (in Russian)
13. G. Ghvinepadze. "The question of the origin and development of languages in terms of the change of eras and Wiktionary".. Publishing House of GTU, "Works", 2017, No. 3 (505), p. 49-66. (in Georgian)

14. G. Ghvinepadze. Monograph. "In the beginning it was...". Tbilisi. Publishing House "Technical University", p. 103, ISBN 978-9941-8-2402-9. (in Russian)
15. <https://www.morebooks.de/shop-ui/shop/search?q=%20%D0%93%D0%B5%D0%BB%D0%B0%20%D0%93%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D0%B7%D0%B5> (in Russian)
16. G. Ghvinepadze. "Solving some difficult linguistic problems with the help of an interdisciplinary approach (for the etymology of the term Georgia)". Tbilisi. Publishing House of GTU, "Works", 2019, No. 2 (512), p. 40-54. ISSN 1512-0996. (in Georgian)
17. G. Ghvinepadze. "For the etymology of Kashueti Cathedral", scientific-technical magazine "Modern problems of architecture and urban planning", 2021, No. 14-15, p. 133-138, ISSN 2233-3266. (in Georgian)
18. G. Ghvinepadze. Moon - inspirer of counting and accounting processes. Tbilisi. Publishing House "Technical University", WORKS, 2024, №2 (532), ISSN 1512-0996. (in Georgian).
19. <https://en.wiktionary.org/wiki/ჭა>
20. <https://iberiana.wordpress.com/2020/09/20/edena/> (in Georgian).
21. <https://iberiana2.wordpress.com/georgia/giorgobiani/> (in Georgian).
22. <https://iberiana.wordpress.com/iberiana/racha/racha/> (in Georgian).

(სტატია მიღებულია 29.04.2024)

TOWARDS THE SEARCH FOR THE BIRTHPLACE OF METALLURGY

Gvinepadze Gela
Georgian Technical University
Ghvinepadzegela08@gtu.ge

Summary

It is known that metallurgy played an especially important role in the development of civilizations in many directions. The article presents some new arguments about the contribution of the Kartvelian tribes to the establishment and development of this type of activity, based on inter- and transdisciplinary approaches.

(Received 29.04.2024)

К ПОИСКУ РОДИНЫ МЕТАЛЛУРГИИ

Гвинепадзе Г.
Грузинский Технический Университет
Ghvinepadzegela08@gtu.ge

Резюме

Известно, что в развитии цивилизаций по многим направлениям металлургия сыграла особенно важную роль. В статье представлены некоторые новые аргументы о вкладе картвельских племен в становление и развитие этого вида деятельности, при исследовании данного вопроса опираясь на меж- и трансдисциплинарный подходы.

(Поступила 29.04.2024)

თვითმომსახურების სისტემების ევოლუცია, ტენდენციები და გამოწვევები ინტერფეისის დიზაინში

თორნიკე ჩაკვეტაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
tchakvetadze3@gmail.com

რეზიუმე

განხილულია თვითმომსახურების სისტემების ისტორიული ევოლუცია, მიმდინარე ტენდენციები თვითმომსახურების UI დიზაინში, სხვადასხვა გამოწვევებისა და შემთხვევების შესწავლა, ამ სისტემის მომავალი და სხვ. იგი განიხილავს სხვადასხვა მიმდინარე ტენდენციებს, მაგ: ხმის ამოცნობა და AI პერსონალიზაცია, მომხმარებელს ეხმარება, რომ მიიღოს უსაფრთხო, ხელმისაწვდომი და მოსახერხებელი დიზაინი. თვითმომსახურების სისტემების მომავალში განსაზღვრულია ისეთი ტექნოლოგიები, როგორცაა IoT, რაც დაეხმარება UI დიზაინში მომხმარებლის გამოცდილების და სისტემის ეფექტურობის გაუმჯობესებას.

საკვანძო სიტყვები: თვითმომსახურების სისტემა. მომხმარებლის ინტერფეისი. დიზაინი. ტექნოლოგიური ევოლუცია. ხელმისაწვდომობა. უსაფრთხოება. ხელოვნური ინტელექტი. ნივთების ინტერნეტი.

1. შესავალი

ტექნოლოგიის განვითარების პერიოდში, თვითმომსახურების სისტემები გახდა ჩვენი ყოველდღიურობის განუყოფელი ნაწილი. თვითმომსახურების განსხვავებული სისტემები ამარტივებს და აუმჯობესებს ბიზნესპროცესებს სხვადასხვა კუთხით. ეს სისტემები საშუალებას აძლევს მომხმარებლებს თავად, პერსონალის დახმარების გარეშე შეასრულონ დავალებები და მიიღონ სხვადასხვა სერვისები. სწორედ ეს ზრდის ზემოხსენებული სისტემების ეფექტურობას, თუმცა, ეს ეფექტურობა დამოკიდებულია მომხმარებლის ინტერფეისის (User Interface) დიზაინზე. UI დიზაინი უნდა იყოს მარტივი, ხელმისაწვდომი და ეფექტური მომხმარებლის ფართო წრისთვის.

სტატიის მიზანია შეისწავლოს თვითმომსახურების სისტემების ევოლუცია, ხაზი გაუსვას საყურადღებო მიგნებებს და UI დიზაინის განვითარებას. ამის მიხედვით, დიზაინერებსა და დეველოპერებს შეუძლიათ უფრო ზუსტად განიხილონ მომხმარებლის საჭიროებები და ტექნოლოგიური ცვლილებები და შექმნან მეტად მოსახერხებელი ინტერფეისები. ამ კვლევის საშუალებით ჩვენ დავინახავთ, რომ ინტერფეისის დიზაინში არა მხოლოდ მის ესთეტიკას და დიზაინს ექცევა ყურადღება, არამედ მის სიმარტივეს და მომხმარებელზე გათვლილ კომფორტს.

2. თვითმომსახურების სისტემების ისტორიული ევოლუცია

1) თვითმომსახურების სისტემები მე-20 საუკუნის დასაწყისში გამოჩნდა, როდესაც გაჩნდა პირველი ავტომატები და თვითმომსახურების სადგურები [1]. ამ დროისათვის თვითმომსახურების ტექნოლოგიები მოითხოვდა მომხმარებლის მინიმალურ ჩართულობას. დროის გასვლასთან ერთად, ტექნოლოგიებიც განვითარდა და ამასთან ერთად მრავალი ფუნქცია დაემატა ამ სისტემებს. 1960-იან წლებში დაინერგა ავტომატური სალარო, იგივე - ATM. რამაც მომხმარებელს საშუალება მისცა ფინანსური ტრანზაქციები განეხორციელებინათ პერსონალის ჩართულობის გარეშე.

2) 1980-1990-იან წლებში თვითმომსახურების ტექნოლოგია გაფართოვდა პერსონალური კომპიუტერისა და ინტერნეტის მოსვლასთან ერთად. ამ პერიოდში გაჩნდა ონლაინ ბანკინგი,

თვითგადარიცხვის სისტემები სუპერმარკეტებში და ინტერაქტიული კიოსკები საჯარო სივრცეებში, როგორცაა აეროპორტები და მატარებლის სადგურები [7]

მექანიკური სისტემებიდან ციფრულ ინტერფეისებზე გადასვლამ მნიშვნელოვანი ცვლილება გამოიწვია. შეიქმნა ციფრული ტექნოლოგია, სენსორული ეკრანები და გავრცელდა 2000-იანი წლების დასაწყისში [7].

ამ ცვლილებებმა და განვითარებამ თვითმომსახურების სისტემების ადაპტირება მოახდინა, რაც აკმაყოფილებდა და აუმჯობესებდა მომხმარებლის გამოცდილებას.

3. მიმდინარე ტენდენციები თვითმომსახურების UI დიზაინში

განვითარების პერიოდში, თვითმომსახურების მომხმარებლის ინტერფეისის (UI) დიზაინმა მნიშვნელოვანი ინოვაციები განიცადა და ახლაც განიცდის. სენსორული ეკრანის ტექნოლოგიის დანერგვა იყო ერთერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი გარდატეხვა UI დიზაინში. მომხმარებელს საგრძნობლად გაუადვილდა ციფრულ სისტემებთან ურთიერთობა. ეს მოდელი მრავალ მოწყობილობაში დაინერგა. მაგალითად, საინფორმაციო კიოსკებში, საცალო თვითგამყიდველებზე და საზოგადოებრივი ტრანსპორტში [3].

მობილურმა ტექნოლოგიებმა თავიდან ბოლომდე შეცვალა თვითმომსახურების სისტემები. მობილური აპლიკაციები და ვებგვერდების დიზაინები მომხმარებლებს საშუალებას აძლევს სერვისი გამოიყენონ ნებისმიერი წერტილიდან, დღის ნებისმიერ მონაკვეთში, მაშინ, როცა ეს მათთვის მოსახერხებელი იქნება. მათ შეუძლიათ ძალიან მარტივად გადაიხადონ ნებისმიერი გადასახადი თავიანთი სმარტფონებით, სკანირების ან QR კოდის მეშვეობით.

ფიზიკურად შეზღუდული შესაძლებლობის მქონე პირებისთვის დაინერგა კიდევ ერთი ტენდენცია - ხმით გააქტიურებული სისტემა, რომელიც ფიზიკური შეზღუდული შესაძლებლობის მქონე პირებს უმარტივებს ამ სისტემების გამოყენებას [6].

პერსონალიზაცია და მომხმარებელზე ორიენტირებული დიზაინი გახდა თვითმომსახურების UI დიზაინის ძირითადი ელემენტები. ეს ტენდენცია აუმჯობესებს მომხმარებლის კმაყოფილებას და ამის შესაბამისად ხელს უწყობს სისტემის ხშირ გამოყენებას, რაც თავისთავად გადამწყვეტი ფაქტორია თვითმომსახურების სისტემების წარმატებისთვის.

4. გამოწვევები მიმდინარე ინტერფეისის დიზაინში

როგორც უკვე განვიხილეთ, თვითმომსახურების ინტერფეისის დიზაინი ძალიან ეხმარება და უადვილებს მომხმარებელს სხვადასხვა საკითხის მოგვარებას. იგი ძალზე საჭირო და მოსახერხებელ სისტემებს გვთავაზობს. თუმცა, მიუხედავად ამისა, არსებობს საკითხები, რომელიც ხელს უშლის მის პოპულარიზაციას. მაგალითად, მსგავსი სისტემების ხელმისაწვდომობა ყველა ადამიანისთვის. თვითმომსახურების სისტემების გამოყენება შეიძლება გაუჭირდეს დიდი ასაკის მქონე ადამიანს. სწორედ ამიტომ, შემქმნელმა დიზაინერებმა უნდა გაითვალისწინონ ყველა ადამიანის ფიზიკური შესაძლებლობები. მათი სხვადასხვა დონე, ასაკი და სხვ. ამის მოგვარება შესაძლებელია პირობითად მეტად დიდი ზომის ეკრანების გამოყენებით, ხმის კონტროლით და სხვ. [4].

თვითმომსახურების სისტემების გამოყენებისას უსაფრთხოება ერთერთი მთავარი გამოწვევაა, განსაკუთრებით იმ დროს, როცა ეს სისტემა ამუშავებს ისეთ ინფორმაციას, როგორცაა, პირადი მონაცემები, ფინანსური ტრანზაქციები და სხვ.

სწორედ ამიტომ, საჭიროა, რომ უსაფრთხოების ზომები მკაცრად იყოს დაცული.

ახალი ტექნოლოგიების გამოჩენასთან ერთად, საჭირო და აუცილებელია, რომ თვითმომსახურების სისტემებიც მუდმივად განვითარდეს, რათა მომხმარებლების რიცხვი შეინარჩუნოს და წარმატებულად განაგრძოს არსებობა.

5. შემთხვევების შესწავლა

➤ *შემთხვევა 1: თვითმომსახურების ჯიხურების წარმატებული დანერგვა საცალო ვაჭრობაში*

თვითმომსახურების ჯიხურები დაინერგა სხვადასხვა მსხვის და საცალო ვაჭრობაში, რათა ამ სისტემების გამოცდილება და გამოყენება გაუმჯობესდეს. მსგავსი ჯიხურების დანერგვა მომხმარებელს ეხმარება დროის დაზოგვაში. ასევე ამარტივებს მათ გამოყენებას ნებისმიერი ასაკის მომხმარებლებისთვის. კარგად შემუშავებული სისტემების დანერგვამ გაზარდა მომხმარებელთა კმაყოფილება, მომსახურების სიჩქარე და ეფექტურობა.

შემთხვევა 2: საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ბილეთების გაყიდვის სისტემები

ქალაქის საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ბილეთების გაყიდვის სისტემა მიზნად ისახავს უფრო გამართივოს ბილეთების ყიდვის პროცესი, თუმცა, დაფიქსირდა უკმაყოფილების ფაქტები ამ სისტემასთან დაკავშირებით. კერძოდ, მომხმარებლებმა განაცხადეს, რომ ეს სისტემა დამაბნეველი და რთულია, და ასევე დიდ დროსაც მოითხოვს, ამასთან ერთად დაფიქსირდა ტრანზაქციების წარუმატებლობაც. [2]

ნასწავლი გაკვეთილები

საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მაგალითით ვხვდებით, რომ აუცილებელია ყურადსაღები იყოს მომხმარებლის კრიტიკა, მსგავსი სისტემების წარმატებისთვის საჭიროა დიზაინერებმა გაითვალისწინონ მომხმარებლის მიერ დაფიქსირებული უკმაყოფილება. კრიტიკის უგულვებლყოფამ შესაძლოა გამოიწვიოს მომხმარებლის უკმაყოფილება და სისტემის წარუმატებლობა [2].

6. თვითმომსახურების სისტემების მომავალი

ტექნოლოგიების წინსვალსთან ერთად, თვითმომსახურების სისტემების მომავალი უფრო და უფრო პერსპექტიული ხდება. განვითარების მნიშვნელოვანი სფეროებია – ბლოკჩეინი, VR – Virtual Reality, AR – Augmented Reality და AI (Artificial Intelligence).

ბლოკჩეინის ტექნოლოგია აძლიერებს ტრანზაქციების დროს უსაფრთხოებას [1]. ბლოკჩეინის გამოყენებით, თვითმომსახურების სისტემებს შეუძლია შესთავაზოს გადახდის უფრო უსაფრთხო ვარიანტები და მონაცემების გაუმჯობესება. რაც მომხმარებლების ნდობის ხარისხს გააორმაგებს, განსაკუთრებით ისეთ სექტორებში, როგორცაა საბანკო და საჯარო სერვისები.

ვირტუალური რეალობის (VR) და გაფართოებული რეალობის (AR) პოტენციური თვითმომსახურების ინტერფეისების გარდაქმნისთვის ძალზე დიდია. ეს ტექნოლოგიები შეიძლება გამოყენებულ იქნას მომხმარებლის ზუსტი გამოცდილების შესაქმნელად, მაგალითად, საცალო ვაჭრობის მაღაზიებში ვირტუალური სამონტაჟო ოთახები [5].

ხელოვნური ინტელექტი (AI) მამოძრავებელი ძალაა თვითმომსახურების სისტემებში. მას შეუძლია ადაპტირებული და ინტელექტუალური დახმარების გაწევა მომხმარებლისთვის. მისი

წყალობით, თვითმომსახურების სისტემებს ეძლევა საშუალება განვითარდეს დროთა განმავლობაში, მუდმივად გააუმჯობესოს თავისი თავი და მომხმარებლის კმაყოფილება.

დასასრულს, თვითმომსახურების სისტემების მომავალი, ხასიათდება სისტემების გაუმჯობესებით და ფართო მასშტაბებზე ხელმისაწვდომობით. ვფიქრობ, რომ ჩვენ ყოველდღიურობისთვის მსგავსი სისტემების განვითარება აუცილებელია.

7. დასკვნა

თვითმომსახურების სისტემების და მათი მომხმარებლის ინტერფეისების ევოლუცია ასახავს დინამიკურ ურთიერთკავშირს ტექნოლოგიურ ინოვაციებსა და მომხმარებელზე ორიენტირებულ დიზაინს შორის. ადრეული ვაჭრობის აპარატების სიმარტივიდან დაწყებული თანამედროვე ციფრული კოსკებით და მობილური აპლიკაციებით დამთავრებული, თვითმომსახურების ტექნოლოგიები მუდმივად ადაპტირდება და ვითარდება.

ამ მიღწევებთან დაკავშირებული გამოწვევები ძალიან მნიშვნელოვანია. ამ გამოწვევების გადაჭრა პირდაპირპროპორციულია მსგავსი სისტემების განვითარებასთან, ეფექტურობასთან და პოპულარობასთან.

დასკვნის სახით, თვითმომსახურების სისტემების ეფექტურობა დამოკიდებულია მათ უნარზე, თუ რამდენად განვითარდება იგი ტექნოლოგიურ ტენდენციებთან ერთად. ყურადღება უნდა დაეთმოს მომხმარებლის კრიტიკას, უკმაყოფილებას და გათვალისწინებულ იქნას მათი აზრი. მუდმივად გააუმჯობესონ და მიიღონ ახალი ინოვაციები. შეიძლება ითქვას, რომ თვითმომსახურების ტექნოლოგიები სასიცოცხლო და სასარგებლო კომპონენტებია ჩვენი მომავლისთვის და ციფრული სამყაროსთვის.

ლიტერატურა – Reference – Литература:

1. Schneiderman B. (2010). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction* (5th Edition). Pearson Education.
2. Bødker S. (2015). Third-wave HCI, 10 years later—participation and sharing. *Interactions*, 22(5), pp. 24-31
3. Karat C.M., Blom J.O., Karat J. (2004). The benefits of designing new technology for elderly users. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI'04*
4. Nielsen J., Norman D. (2000). *The Usability Engineering Lifecycle: A Practitioner's Handbook for User Interface Design*. Academic Press
5. Baxter K., Courage C., Caine K. (2015). *Understanding Your Users: A Practical Guide to User Research Methods* (2nd Edition). Morgan Kaufmann
6. Gould J.D., Lewis C. (1985). Designing for usability: key principles and what designers think. *Communications of the ACM*, 28(3), pp. 300-311.
7. Mayer R.E. (2014). Incorporating the Computer into Self-Service Technology: The Role of Perceived and Actual Usability. *Computers in Human Behavior*, 31, pp. 123-131

(სტატია მიღებულია 25.03.2024)

EVOLUTION OF SELF-SERVICE SYSTEMS, TRENDS AND CHALLENGES IN INTERFACE DESIGN

Chakvetadze Tornike

Georgian Technical University

Tchakvetadze3@gmail.com

Summary

Issues in the historical evolution of self-service systems are discussed, focusing on advances in user interface (UI) design from early mechanical devices to today's digital platforms. It discusses current trends such as voice recognition and AI personalization, highlighting the challenges of accessibility, security and user-friendly design. Case studies illustrate successful and problematic implementations. The future of self-service systems is predicted to integrate technologies such as IoT and augmented reality, emphasizing the need for continuous innovation in UI design to improve user experience and system efficiency.

(Received 25.03.2024)

ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ САМООБСЛУЖИВАНИЯ, ТЕНДЕНЦИИ И ПРОБЛЕМЫ В ДИЗАЙНЕ ИНТЕРФЕЙСОВ

Чакветадзе Т.

Грузинский Технический Университет

Tchakvetadze3@gmail.com

Резюме

Рассматриваются вопросы исторической эволюции систем самообслуживания, уделяя особое внимание достижениям в разработке пользовательского интерфейса (UI) от ранних механических устройств до современных цифровых платформ. В нем обсуждаются текущие тенденции, такие как распознавание голоса и персонализация искусственного интеллекта, подчеркиваются проблемы доступности, безопасности и удобного дизайна. Тематические исследования иллюстрируют успешные и проблемные реализации. Прогнозируется, что будущее систем самообслуживания будет связано с интеграцией таких технологий, как Интернет вещей и дополненная реальность, что подчеркивает необходимость постоянных инноваций в дизайне пользовательского интерфейса для улучшения пользовательского опыта и эффективности системы.

(Поступила 25.03.2024)

შავი ზღვის მდინარეთა ესტუარების და ტბების ეკომონიტორინგის საინფორმაციო სისტემის აგების კონცეფცია ახალი ციფრული ტექნოლოგიებით

გია სურგულაძე, ლილი პეტრიაშვილი, ნინო თოფურია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
g.surguladze@gtu.ge, l.petriashvili@gtu.ge, nino.topuria@gtu

რეზიუმე

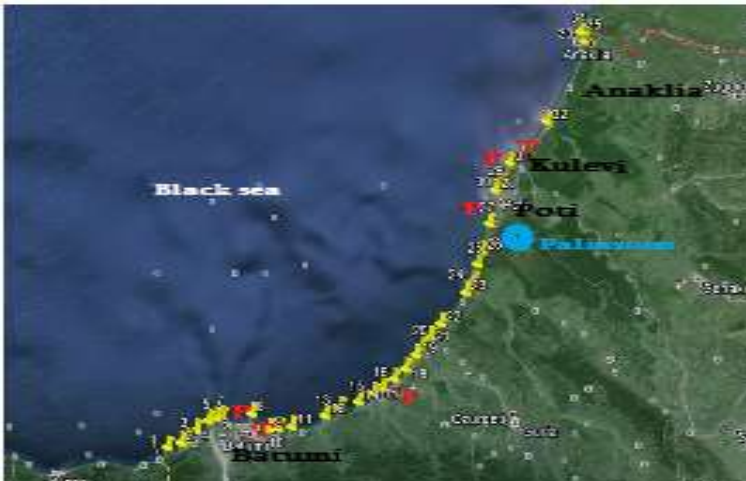
განხილულია შავი ზღვის საქართველოს აკვატორიაში მდინარეებისა და ტბების ჰიდრორესურსების აღრიცხვის, სტატისტიკური დამუშავებისა და მონიტორინგის საინფორმაციო კომპიუტერული სისტემის ანალიზის, მოდელირების, დაპროექტების და პროგრამული რეალიზაციის კონცეფცია ახალი ციფრული ტექნოლოგიების საფუძველზე. წარმოდგენილია შავი ზღვის მდინარეთა ესტუარების, პორტების, ნავთობტერმინალების და მიმდებარე ტბების ეკოლოგიური მონიტორინგის მონაცემთა ანალიზისა და შედეგების პროგნოზირების ავტომატიზებული სისტემის პროტოტიპი. ნაშრომი სრულდება NATO პროექტის ჩარჩოში - „შავი ზღვის უსაფრთხოებისა და დაბინძურების რისკების კონტროლი რიცხვითი მოდელების გამოყენებით“ (SPS G6028, NATO, აშშ, საქართველო, უკრაინა, რუმინეთი, ბულგარეთი, თურქეთი [2023-2025]).

საკვანძო სიტყვები: შავი ზღვა. ჰიდრორესურსი. ესტუარი. ეკოლოგიური მონიტორინგი. საინფორმაციო სისტემა. მონაცემთა ბაზა. კონცეპტუალური მოდელი. იმიტაციური მოდელი. მანქანური დასწავლა. IoT. Azure SQL.

1. შესავალი

შავი ზღვის 110 კმ-იანი სანაპირო ზოლი მდინარეების: ჭოროხისა და ენგურის საზღვრებშია მოქცეული (200 კმ აფხაზეთის ტერიტორიის დროებით ოკუპირებულია) [1-3].

ჩვენი ქვეყანა საკმაოდ მდიდარია ჰიდრორესურსებით: მდინარეებით და ტბებით [4,5].



ნახ.1. შავი ზღვის ეკომონიტორინგის სისტემის საკონტროლო პუნქტები (P-პორტი, T-ნავთობტერმინალი)

ამჯერად დასავლეთ საქართველოს მდინარეებს ვგულისხმობთ, რომლებიც შავ ზღვას უერთდება და იქმნება ესტუარების (შეერთების ადგილები), ბუნებრივი სისტემა. კლიმატის გლობალური ცვლილება და მის შედეგად მომატებული სტიქიური მოვლენები (წყალდიდობები, სანაპიროს აბრაზია და ა.შ.) ახდენს შავი ზღვის ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუარესებას. მასზე ასევე უარყოფითად მოქმედებს არსებული პორტები (P) და ნავთობტერმინალები (T) (ნახ.1).

საზღვაო პორტები განლაგებულია ბათუმის, ფოთის და სოფელ ყულევის მახლობლად. იგეგმება მომავალში (დროებით დაკონსერვებული) ანაკლიის საკმაოდ დიდი მოცულობის საზღვაო პორტიც. მოქმედი ნავთობტერმინალები: ბათუმთან, სუფსაში და ყულევთან, აგრეთვე

ქმნის პოტენციურად საშიშ წერტილებს ეკოლოგიური უსაფრთხოების თვალსაზრისით. იგი პირდაპირ უკავშირდება შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემების მეცნიერულ შესწავლას, ახალი ციფრული ტექნოლოგიების, ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების, იმიტაციური მოდელირების ინსტრუმენტების, დიდ მონაცემთა სტატისტიკური დამუშავებისა და გადაწყვეტილების მიღების შესაბამისი რეკომენდაციების გამომუშავების საფუძველზე.

2 (ა-ვ) ნახაზებზე ნაჩვენებია შავი ზღვაში ჩამდინარე რამდენიმე ძირითადი მდინარე თურქეთის საზღვრიდან (მდ. ჭოროხი) ოკუპირებული აფხაზეთის საზღვრამდე (მდ. ენგური). აქვეა წყალუხვი მდინარეები: კინტრიში, სუფსა, რიონი და ხობისწყალი, თავიანთი შენაკადებით [5]. ისინი დიდ ეკოლოგიურ გავლენას ახდენს შავი ზღვაზე შესართავებთან და ქმნის მოწყვლად (სენსიტიურ) უბნებს - ანუ ესტუარებს. მათი წყლის სინჯების დამუშავება და ეკოლოგიური მონიტორინგის შედეგების გადაგზავნა სისტემის სერვერზე - მნიშვნელოვანი საკითხია.

დასავლეთ საქართველო, კერძოდ, შავი ზღვის მიმდებარე ტერიტორია მდიდარია ტბებით: აფხაზეთის, აჭარის, გურიის რეგიონებში. მათ შორის განსაკუთრებით უნდა აღვნიშნოთ პალიასტომის ტბა. იგი მდებარეობს ქ. ფოთის სამხრეთით და ერთადერთია, რომელსაც შავ ზღვასთან აკავშირებს მდინარე კაპარჭინა (ბუნებრივად) და წინა საუკუნეში ხელოვნურად გაჭრილი არხი, რომელიც დროთა განმავლობაში ხშირი შტორმების ზეგავლენით გაფართოვდა და ზღვის მარილიანი წყალი ადვილად შეღწევადი გახდა (პალიასტომი 0.30 მ-ით დაბლაა ზღვის დონიდან). ამან გამოიწვია ეკოლოგიურად მტკნარი წყლის გამლამება, ფლორისა და ფაუნის ცვლილებები (ნახ.3).

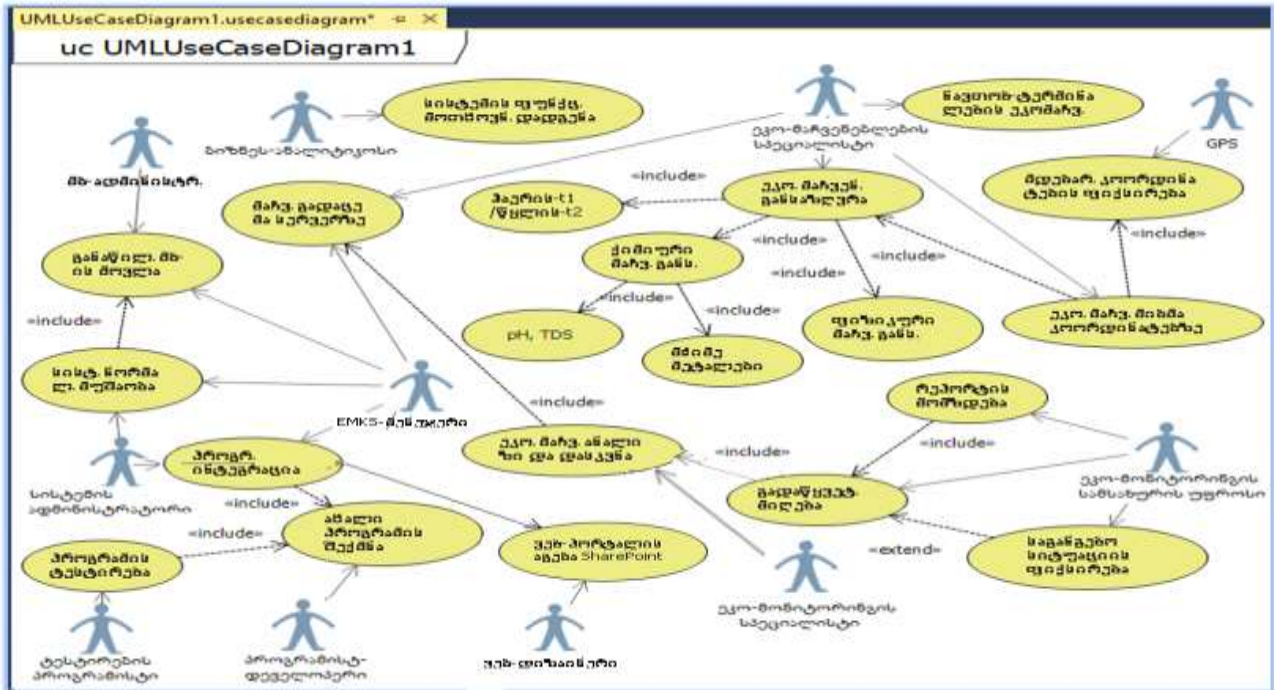
მნიშვნელოვანი საკითხია გამოსაკვლევი შავი ზღვისა და პალიასტომის ტბის ესტუარის საზღვრებში წყლის ეკოლოგიური პარამეტრების დადგენა და სისტემატური კონტროლი. ამ მიზნით განხორციელდება სტატისტიკური მონაცემების მოგროვება და სისტემის სერვერ-ბაზაში შენახვა. პროცესი ჩატარდება პერიოდულად (ყოველთვიურად) და განსაკუთრებით, 4-5 ბალიანი და მეტი სიმძლავრის შტორმების შემდეგ, ვინაიდან ამ დროს მნიშვნელოვნად იცვლება ზღვის ესტუარის, თვით ტბის წყლის ეკოლოგიური ბალანსი.

შავი ზღვის საკონტროლო წერტილებში, წყლის სინჯების ანალიზს, ტრადიციულად ასრულებენ ეკოლოგიური სამსახურის ექსპერტები და შედეგებს აგზავნიან მონიტორინგის ცენტრის სერვერზე [1]. ჩვენი ეკომონიტორინგის სისტემაში კი ამ ფუნქციის შესრულება განხორციელდება IoT სენსორების დახმარებით [2]. სტუ-ის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორის, აკად. გ. გავარდაშვილის ინიციატივით ფოთის რეგიონში დაფუძნდა შავი ზღვის ობსერვატორია [3]. ეკომონიტორინგის ინფორმაციული ბაზა და ანალიტიკის სისტემა აქტიურად იქნება გამოყენებული ამ ობსერვატორიაში.

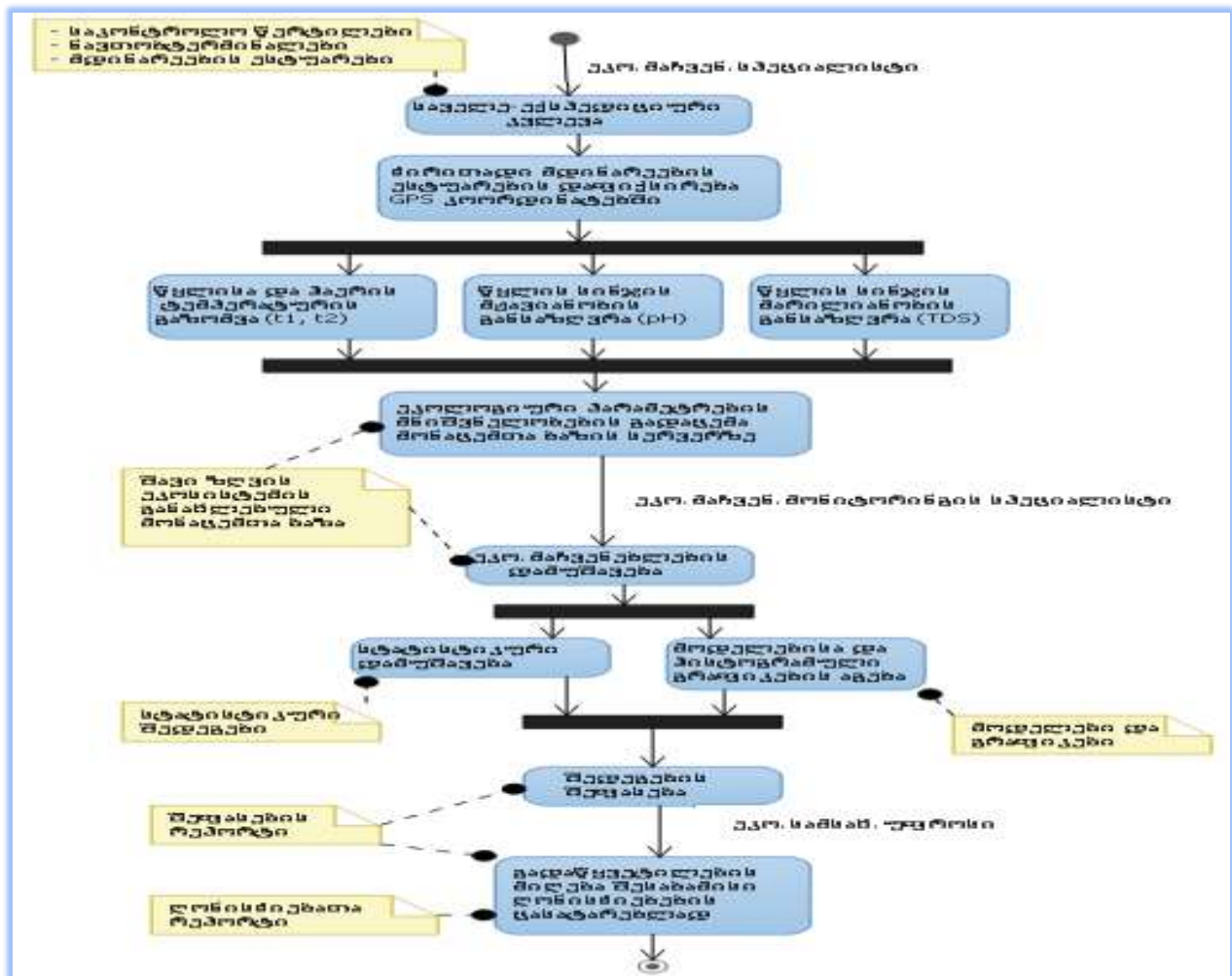
2. ძირითადი ნაწილი

2.1. ეკომონიტორინგის სისტემის ობიექტ-ორიენტირებული ანალიზი

ამ ეტაპზე განისაზღვრება საპროექტო სისტემის ბიზნეს-მოთხოვნელებები და სისტემის მომხმარებელთა როლები და ფუნქციები. მე-5,6 ნახაზებზე ნაჩვენებია უნიფიცირებული მოდელების (UseCase-D, Activity-D) ფრაგმენტები, სადაც კარგად ჩანს ელ-მონიტორინგის სისტემის ფუნქციური მომხმარებლები და მდინარეთა ესტუარების კვლევის ბიზნეს-პროცესი.



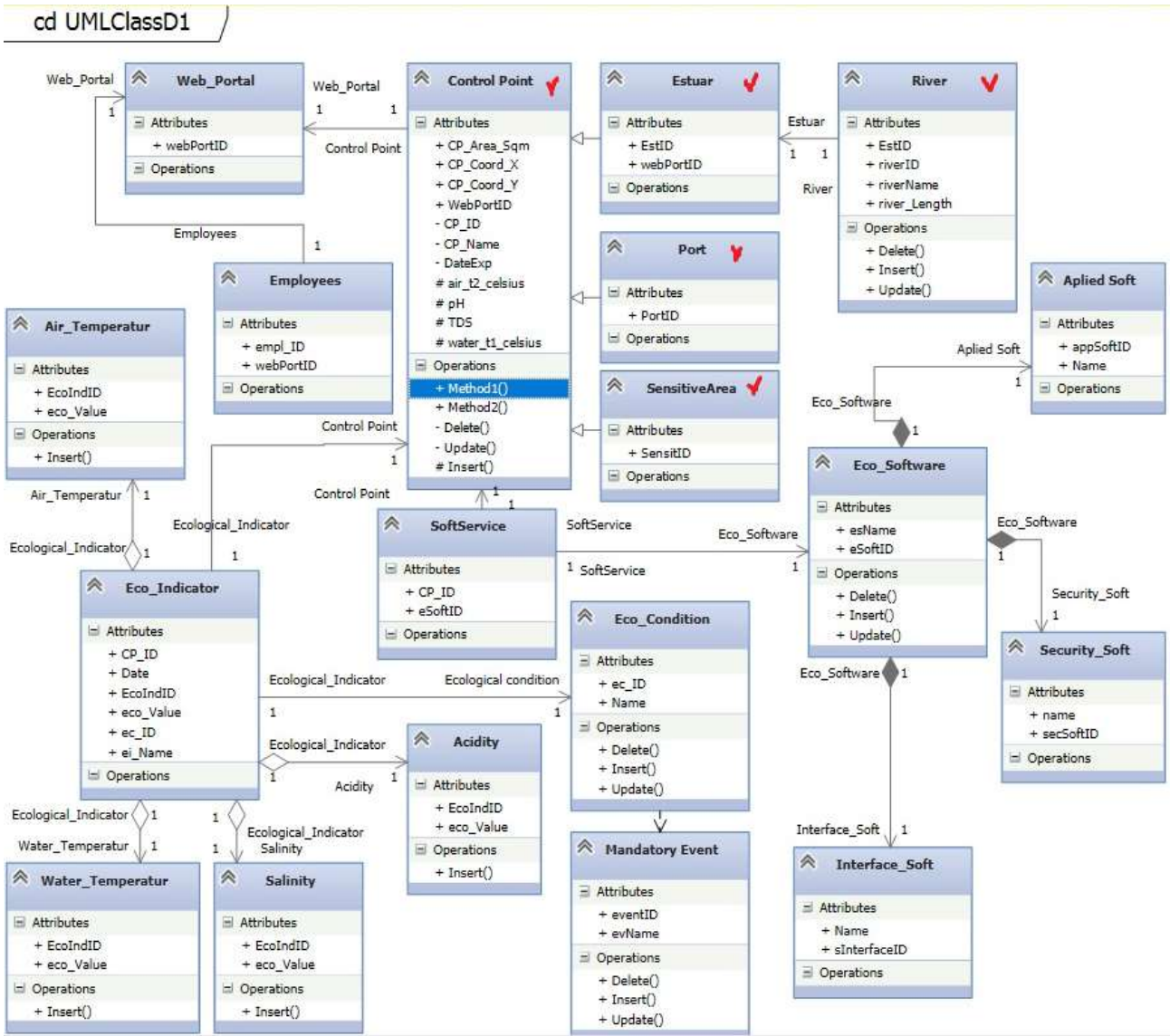
ნახ.5. UseCase დიაგრამა ეკო-მონიტორინგის სისტემისათვის (EMS)



ნახ. 6. EMCS-ის ფუნქციონირების ბიზნეს-პროცესი მდინარეების ესტუარებისთვის

2.2. ეკომონიტორინგის სისტემის კლასთა-ასოციაციის მოდელი

მე-7 ნახაზზე წარმოდგენილია საპროექტო სისტემის ძირითადი კლასების და მათი კავშირების (მემკვიდრეობითი, ასოციაციური და აგრეგატული) დიაგრამა. იგი ასახავს სისტემის ძირითად შინაარსობრივ (სემანტიკურ) და სტრუქტურულ მიმართებებს, რაც აუცილებელი კომპონენტებია შემდგომი ეტაპებისთვის, კერძოდ, ინფორმაციული და პროგრამული უზრუნველყოფების დასაპროექტებლად.



ნახ. 6. ეკომონიტორინგის პროგრამული სისტემის კლასთა-ასოციაციის დიაგრამა

2.3. სისტემის ტექნიკური და პროგრამული რეალიზაციის კონცეფცია

შავი ზღვის საკონტროლო (საკვლევი) წერტილებიდან წყლის სინჯების პარამეტრების მონიტორინგის მიზნით აუცილებელია შემდეგი მაჩვენებლების გაზომვა: წყლის მარილიანობა; წყლის მჟავიანობა; წყალში გახსნილი ჟანგბადი; წყლის დაბინძურება მძიმე მეტალებით; შავი ზღვის წყლის დაბინძურება ჩამდინარე წყლებით; წყლის ხარისხი პორტების აკვატორიაში; წყლის ხარისხი ნავთობტერმინალებთან (ყულევი, სუფსა, ბათუმი); ტემპერატურული რეჟიმები; შავი ზღვისა და სანაპირო ზოლის ფლორა და ფაუნა და სხვ.

წყლის სხვადასხვა პარამეტრების გასაზომად მიზანშეწონილია დღეისათვის ციფრული ტექნიკისა და ტექნოლოგიების გამოყენება. კერძოდ, აქტუალური და თანამედროვე მიდგომაა IoT სენსორების გამოყენება. მაგალითად, Microsoft Azure IoT Central წარმოადგენს IoT SaaS გადაწყვეტილებას, რომელიც აადვილებს IoT სენსორების მასშტაბურ დაკავშირებას, მონიტორინგს და მართვას. არის დაცული, გვთავაზობს ცენტრალიზებულ მენეჯმენტს ხელახლა კონფიგურაციისა და განახლებისთვის [7].

მე-8 ა.ბ ნახაზებზე ნაჩვენებია Wio Terminal, რომელიც როგორც კლიენტი უერთდება Microsoft Azure IoT Central-ს. Wio Terminal არის IoT Plug and Play სერტიფიცირებული მოწყობილობა, მის მისაერთებლად გამოყენებულია QR კოდი.



3. დასკვნა

შავი ზღვის ეკომონიტორინგის პროგრამული სისტემის შექმნა ახალი ციფრული ტექნოლოგიების ბაზაზე დაკავშირებულია კომპლექსურ საქმიანობასთან, რაც მოიცავს შესაბამისი ფუნქციური პროცესების მოდელირების, პროექტირების და პროგრამული რეალიზაციის ეტაპებს. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ამ პროცესებში ინოვაციური ტექნოლოგიების, კერძოდ ინტერნეტ ნივთების (IoT) სენსორების გამოყენებას - ინფორმაციის მოპოვების მიზნით. ასეთ დროს შესაძლებელი ხდება წყლის სხვადასხვა სენსორების დაკავშირება Wio-ტერმინალთან. კონტროლირდება წყლის pH, ტემპერატურა და სიმღვრივე, რაც მნიშვნელოვანია გარემოს მონიტორინგის, აკვაპონიკასა და წყლის ხარისხის შეფასებისთვის. მონაცემების შეგროვების შემდეგ, Wio Terminal ინტეგრირდება ღრუბლოვანი სერვისებთან, როგორცაა Azure IoT Central, რეალურ დროში მონიტორინგისა და ანალიზისთვის. შემდგომი ეტაპზე კი შესაძლებელია მანქანური დასწავლის ალგორითმების გამოყენება წყლის ხარისხის პროგნოზირების მიზნით, რათა დროულად იყოს შესაძლებელი შესაბამისი გადაწყვეტილებების მიღება.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Gavardashvil G., Surguladze G., Petriashvil L., Topuria N. (2022). Designing Eco-Monitoring Information System for the Black Sea Coastline Based on Modern Digital Technologies. Bulletin "Moambe", vol. 16, N 2. Georg. National Academy of Sciences. pp. 29-34
2. Chogovadze G., Prangishvili A., Surguladze G. (2017). Hybrid Software Technologies and Data Engineering for Management Information Systems. Monograph, ISBN 978-9941-20-790-7. GTU, „Techn.Univ.“, Tb., -1001 p., (in Georgian)
3. Surguladze G., Topuria N., Gavardashvili A., Namchevadze Ts. (2018). Automation of Web-portal and Database Construction Processes for the Black Sea Ecosystem Monitoring. International Journal of Environmental and Ecological Engineering. World Academy of Scientific (WASET), v.12, N1. ISSN 1307-6892, Amsterdam, pp. 47-52

4. Surguladze G., Motsanelidze N., Phiphia T. (2007). Computer system of hydroresources monitoring of Georgia. Collection of GTU works, N3(465), Tbilisi, publishing house „Technical University”, pp. 41-48 (in Georgian)

5. Encyclopedia "Georgia". (1997). Tbilisi. Vol. 1, -477 p., (in Georgian)

6. Biofloc Monitoring System powered by Wio Terminal. (2020). <https://www.seeedstudio.com/blog/2020/09/29/biofloc-monitoring-system-powered-by-wio-terminal-m/>

(სტატია მიღებულია 21.04.2024)

CONCEPT OF BUILDING INFORMATION SYSTEM FOR ECOMONITORING OF BLACK SEA RIVER ESTUARIES AND LAKES WITH NEW DIGITAL TECHNOLOGIES

Surguladze Gia, Petriashvili Lili, Topuria Nino

Georgian Technical University

g.surguladze@gtu.ge, l.petriashvili@gtu.ge, nino.topuria@gtu

Summary

The concept of object-oriented analysis, modeling, design and software implementation of the information-computer system of accounting, statistical processing and monitoring of hydro resources of rivers and lakes of the Black Sea region of Georgia based on the latest digital technologies is discussed. A prototype of an automated system for data analysis and prediction of ecological monitoring of Black Sea river estuaries, ports, oil terminals and nearby lakes is presented. The work is carried out as part of the NATO project - "Control of risks of safety and pollution of the Black Sea using numerical models" (SPS G6028, NATO, USA, Georgia, Ukraine, Romania, Bulgaria, Turkey [2023-2025]).

(Received 21.04.2024)

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭКОМОНИТОРИНГА ЭСТУАРИЕВ И ОЗЕР ЧЕРНОГО МОРЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Сургуладзе Г., Петриашвили Л., Топурия Н.

Грузинский Технический Университет

g.surguladze@gtu.ge, l.petriashvili@gtu.ge, nino.topuria@gtu

Резюме

Рассматривается концепция объектно-ориентированного анализа, моделирования, проектирования и программной реализации информационно-компьютерной системы учета, статистической обработки и мониторинга гидроресурсов рек и озер черноморской акватории Грузии на основе новых цифровых технологий. Представлен прототип автоматизированной системы анализа и прогнозирования данных экологического мониторинга устьев черноморских рек, портов, нефтяных терминалов и близлежащих озер. Работа выполняется в рамках проекта НАТО - "Контроль рисков безопасности и загрязнения Черного моря с использованием численных моделей" (SPS G6028, НАТО, США, Грузия, Украина, Румыния, Болгария, Турция [2023-2025]).

(Поступила 21.04.2024)

რევერსული პროგრამირების CASE მეთოდი საინფორმაციო სისტემების ობ-დაპროექტების პროცესის სრულყოფისათვის

გია სურგულაძე, მარინე ბიტარაშვილი, ბეჟან გელაძე,
გულბათ ნარეშელაშვილი, ირაკლა შურღაია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

g.surguladze@gtu.ge, maribitarashvili@yahoo.com, bejangeladze67@gmail.com

g.nareshelashvili@gtu.ge, i.shurghaia@gtu.ge

რეზიუმე

განხილულია ორგანიზაციული მართვის საინფორმაციო სისტემის ავტომატიზებული დაპროექტების და პროგრამული რეალიზაციის ამოცანა უნივერსიტეტის მაგალითზე, UML/Agile მეთოდოლოგიების კომპრომისული გამოყენების საფუძველზე. წარმოდგენილია უნიფიცირებული პროცესის რევერსული ასახვის („მოდელი <--> კოდი“) რეალიზაცია მაკროსოფტის Visual Studio.NET Framework 2022 პლატფორმაზე.

საკვანძო სიტყვები: უნივერსიტეტი. სასწავლო პროცესი. CASE. UML. Agile. ინფორმაციული სისტემა. VS.NET. რევერსული პროგრამირება.

1. შესავალი

ორგანიზაციული მართვის (მენეჯმენტის) პროცესების ავტომატიზაცია საინფორმაციო სისტემების საფუძველზე მოითხოვს საპროექტო და დეველოპმენტის გუნდებისგან თანამედროვე საერთაშორისო სტანდარტების მქონე მეთოდოლოგიების გამოყენებას: UML/Agile/BSI [1].

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია დღეს ევროპული (დიდი ბრიტანეთი) BSI (British security informationsystems) კიბერუსაფრთხოების სტანდარტები და ისეთი ფრეიმვორკები, როგორც ITIL (Information Technology Infrastructure Library) - მეთოდოლოგია, COBIT სტანდარტები და ა.შ. [2]. COBIT ფოკუსირებულია ეფექტიან მმართველობაზე, IT-ს ბიზნეს მიზნებთან შესაბამისობაში. ITIL კი ახორციელებს სერვისების მენეჯმენტს (ITSM - IT Service Management) და მიწოდებას. ამ განსხვავებათა ცოდნა ეხმარება ორგანიზაციებს აირჩიოს ის სტრუქტურა, რომელიც შეესაბამება მის სტრატეგიულ მიზნებს [3].

ბოლო ათწლეულში განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა მართვის საინფორმაციო სისტემების დაპროექტების და პროგრამული რეალიზაციის პროცესში MVC (Model-View-Controller) კონცეფციის გამოყენებას [4]. თითქმის ყველა მულტიპარადიგმულ ენებმა (Java, C++, C#, Python და სხვ.) უზრუნველყვეს ამ იდეის პრაქტიკული რეალიზაცია თავიანთ პლატფორმებზე, რამაც მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინა ვალიდური გამოყენებითი აპლიკაციების სწრაფი და ხარისხიანი შექმნის პროცესების სრულყოფისათვის.

სტატიაში განხილულია კონკრეტული ამოცანა, რომელიც ეხება „მოდელი <--> კოდი“ რევერსული მექანიზმის გამოყენებას Visual Studio.NET 2022 პლატფორმაზე. გამოყენებითი საპროგრამო სფეროს მომხმარებლების (მაგალითად, ბიზნეს ანალიტიკოსები) ან ნაკლებ-კვალიფიციური პროგრამისტ-დეველოპერების მიერ შესაძლებელი ხდება პროგრამული პროდუქტების სწრაფად რეალიზაცია და ტესტირება. მასალის ექსპერიმენტული ნაწილი შესრულებულია VS.NET Framework პლატფორმაზე უნივერსიტეტის საპრობლემო სფეროს მარტივ მაგალითზე, თუმცა შემდეგ შესაძლებელია ამოცანის გართულება მისი გაფართოებით, VS.NET Core პლატფორმაზე გადასვლა და სრული MVC მოდელის რეალიზაცია.

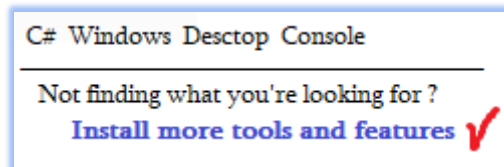
2. ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ საუნივერსიტეტი განათლების სფეროსთვის სასწავლო პროცესის მენეჯმენტის მაგალითი ობიექტ-ორიენტირებული მოდელირების მიდგომით. კერძოდ, Visual Studio .NET Framework პლატფორმაზე შევქმნათ დესკტოპ-პროგრამული პროექტი კლასებით: Student, Lector, Group, Acad_course და ა.შ., რა თქმა უნდა კლასთა ურთიერთკავშირებით: Inheritance, Association, Agregation და ა.შ.

საპროექტო სისტემის საბოლოო მიზანი უნივერსიტეტის ფაკულტეტების, დეპარტამენტების, სტუდენტებისა და ლექტორების შესაბამისი ინტერფეისების აგებაა, რომლებიც დაკავშირებულია მონაცემთა ბაზის კლასიკურ SQL-ცხრილებთან (ან NoSQL - კოლექციებთან, MongoDB Compaas მაგალითზე) [4].

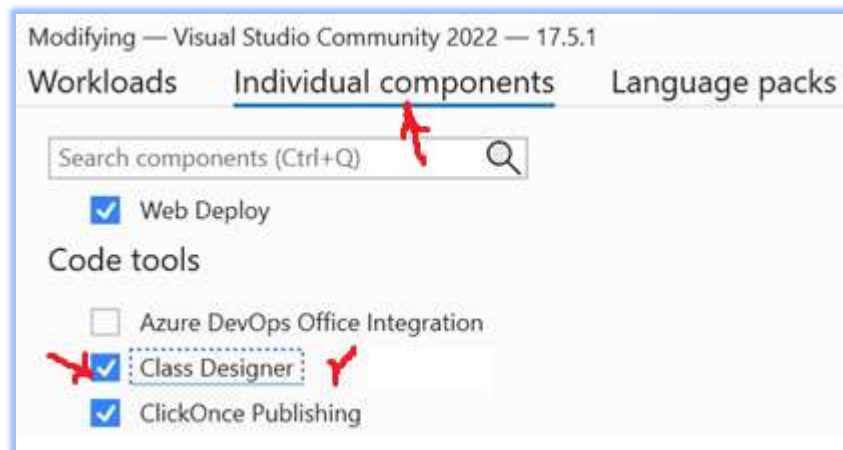
ბიჯი_1) VS.NET პლატფორმის Class Designer რესურსის მოძიება:

ავამუშავოთ Visual Studio.NET 2022 პაკეტი და აპლიკაციის ტიპის არჩევის საწყისი ფანჯრის ბოლოში ავირჩიოთ ლინკი (ნახ.1)



ნახ.1. Installer-ში გადასვლა

შედეგად გადავდივართ ახალ გვერდზე (ნახ.2). აქ Class Designer-ის ჩეკბოქსს ჩავრთავთ. მისი დანიშნულებაა, მაგალითად, UML-კლასების დიაგრამის მოდელირება, რომლის დახმარებითაც განვახორციელებთ „მოდელი-კოდის“ (ან პირიქით) რევერსულ პროგრამირებას.

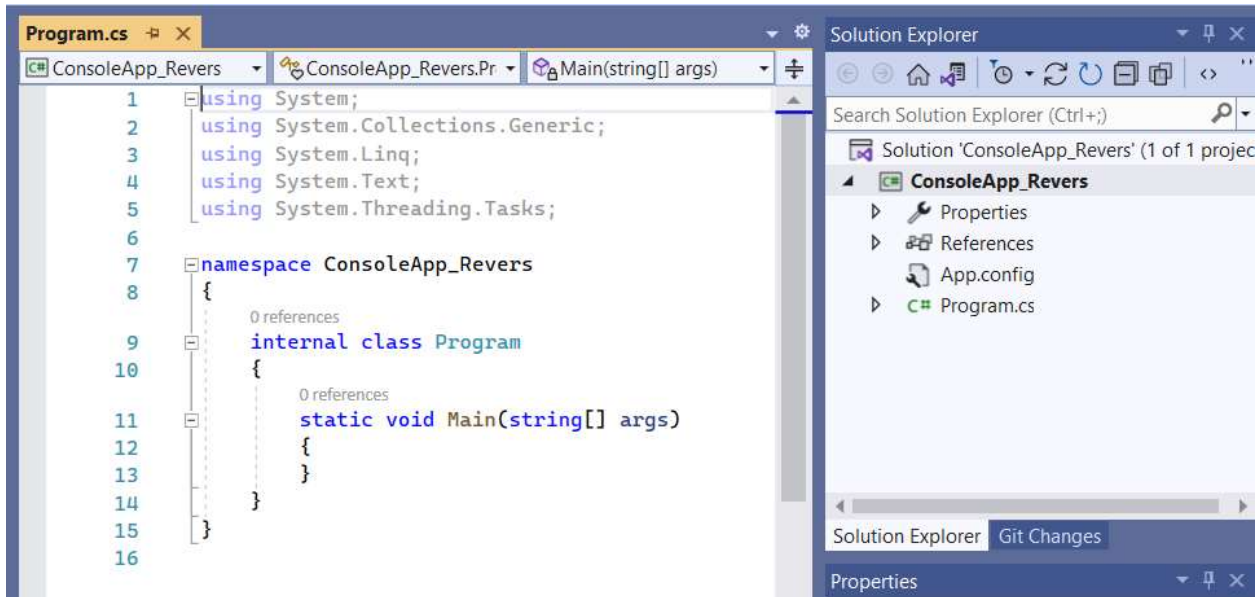


ნახ.2. Class Designer ინდივიდუალური კომპონენტის დაინსტალირება

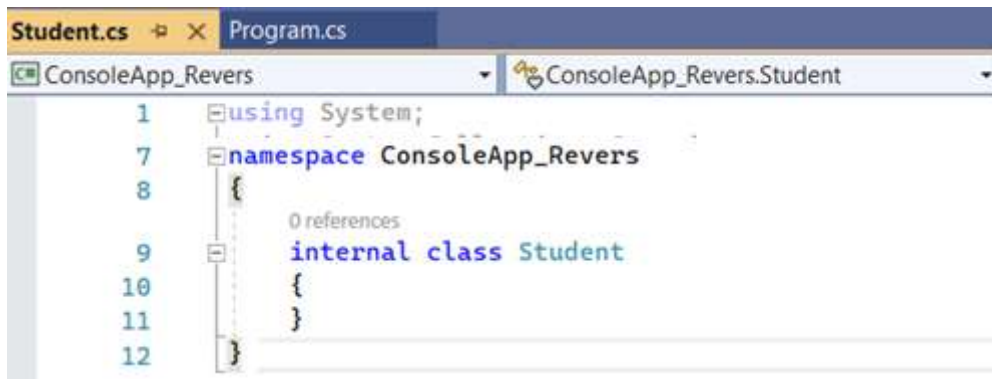
ბიჯი_2) VS.NET პლატფორმაზე Console App (.Net Framework) არჩევა და პროექტის შექმნა:

პროგრამული პროექტის სახელი დავაფიქსირეთ: ConsoleApp_Revers. მიიღება საწყისი სურათი Solution Explorer-ით (ნახ.3).

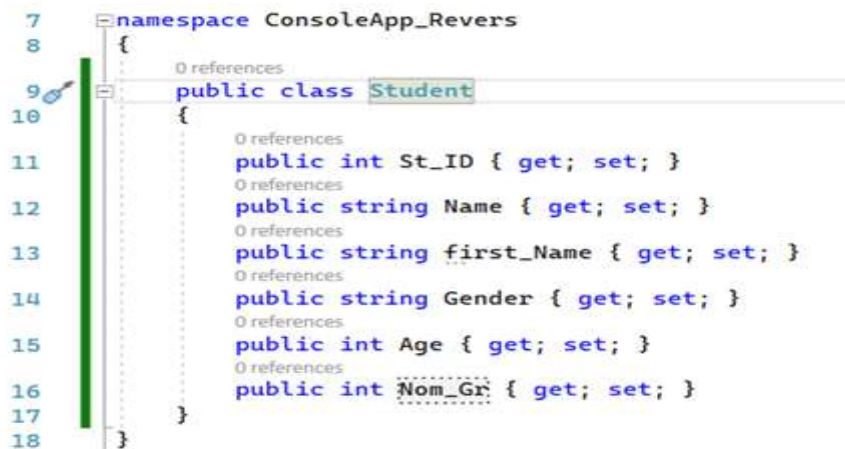
პროექტის სახელზე კონტექსტური მენიუს გამოტანით ვირჩევთ Add -> Class და ვარქმევთ შესაბამისი კლასის სახელს (მაგალითად, Student) (ნახ.4). ამ კოდში კლასის ხილვადობა Internal შევცვალეთ public-ით. შემდეგ კლასის კოდში შევიტანეთ პროგრამულად ატრიბუტები: St_ID, Name, first_Name, Gender, Age და Nr_Gr. კოდი მიიღებს ასეთ სახეს (ნახ.5).



ნახ.3. პროექტის საწყისი სტრუქტურის (Solution Explorer) და C# კოდის შექმნა

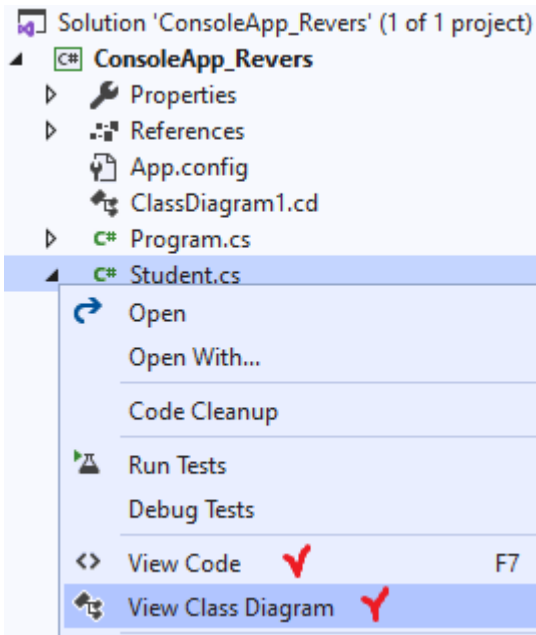


ნახ.4. Student კლასის შექმნა

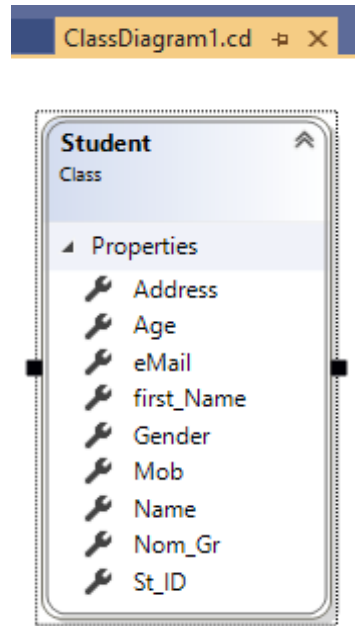


ნახ.5. C# კოდი Student კლასისთვის

Solution Explorer-ში Student-კლასის კონტექსტური მენიუდან კლასების დიაგრამის გამოსატანად ვირჩევთ View Class Diagram-ს (ნახ.6, 7).

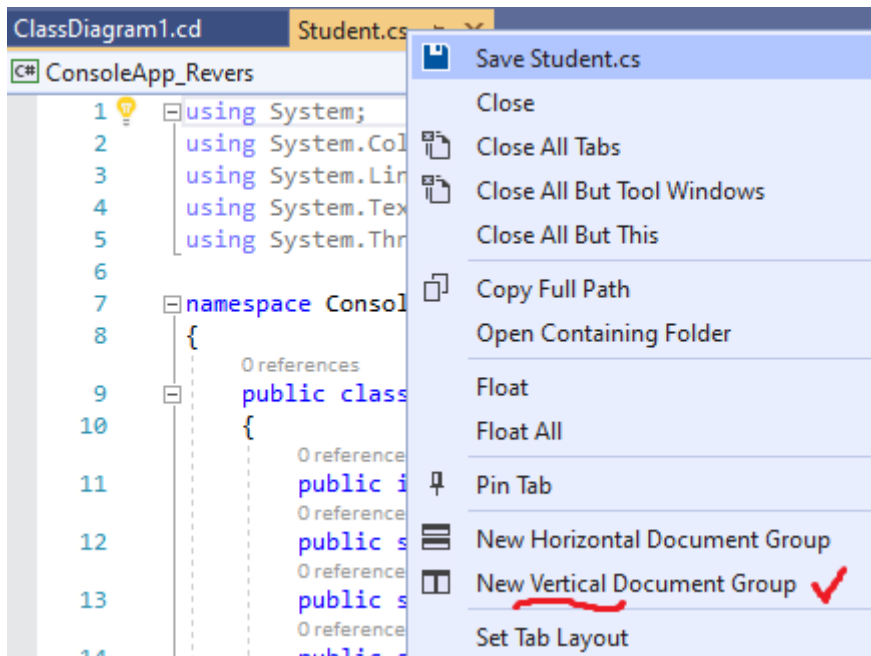


ნახ. 6



ნახ. 7

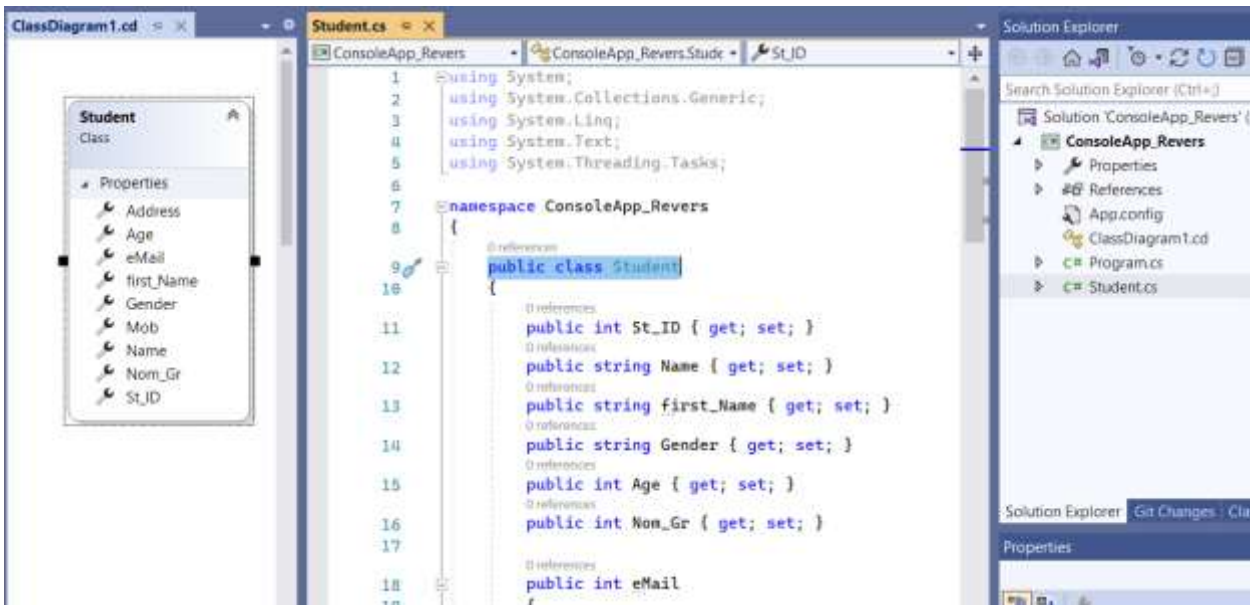
Student-კლასის დიაგრამის და მისი C# კოდის ერთდროულად ხილვადობისათვის ვიყენებთ კონტექსტ-მენიუს ჩანართს New Vertical Document Group (ნახ.8).



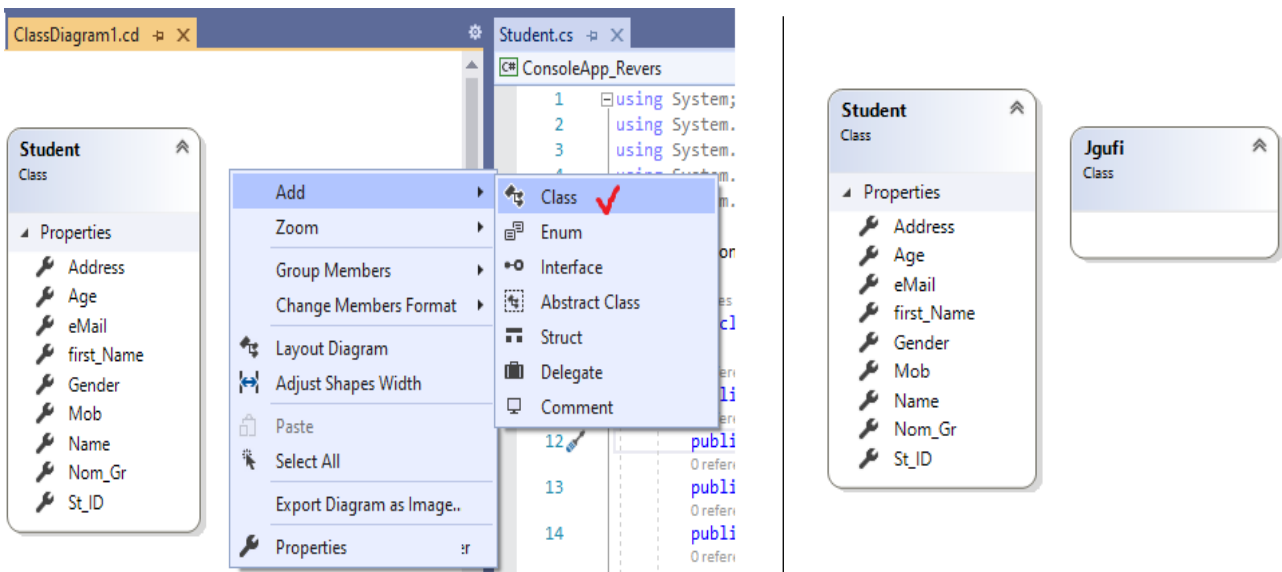
ნახ. 8

შედეგად მიიღება მე-9 ნახაზზე ნაჩვენები ფორმა. სწორედ აქ არის შესაძლებელი ჩვენი ამოცანის გაფართოება ახალი კლასებით, ახალი თვისებებით (ატრიბუტებით) და ა.შ., ანუ რევერსული თვალსაზრისის საფუძველზე თუ შევცვლით კლასთა დიაგრამას (მარცხენა ფანჯარაში), მყისიერად შეიცვლება პროგრამა (მარჯვენაში). ასევე, თუ პროგრამულ ნაწილში

ჩავამატებთ ახალ კლასს თავისი ატრიბუტებით, ან შევცვლით არსებულს, მაშინვე კლასთა დიაგრამაზე აისახება ეს ცვლილებები. მაგალითისათვის დავამატოთ მოდელურ ნაწილში კლასი Jgufi (ნახ.10).



ნახ. 9.



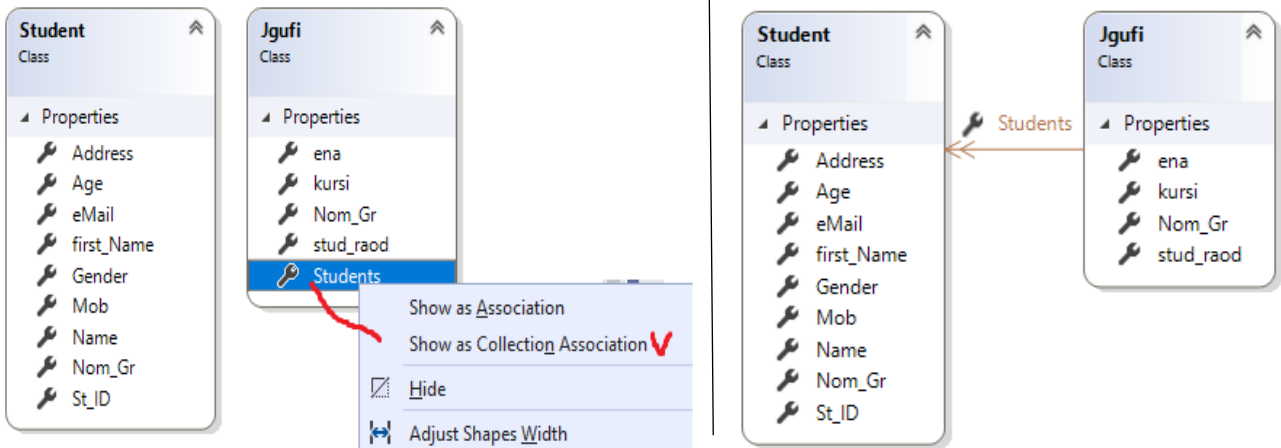
ნახ. 10. კლასთა დიაგრამაზე გამოჩნდა ახალი კლასი Jგუფი

კლასში Jგუფი (დიაგრამაზე) ჩავამატოთ შესაბამისი ატრიბუტები (Properties - თვისებები): Nom_Gr, kursi, ena და stud_raod. კოდის ცვლილება მყისიერად ისახება კლასების დიაგრამაზე და პირიქით, კლასის დიაგრამაზე თვისების ცვლილება ავტომატურად ანახლებს კოდს.

კოდში ჩავამატოთ Student და Jგუფი კლასებს შორის ასოციაციური კავშირისთვის სტრუქტურა:

```
public ICollection<Student> Students { get; set; }
```

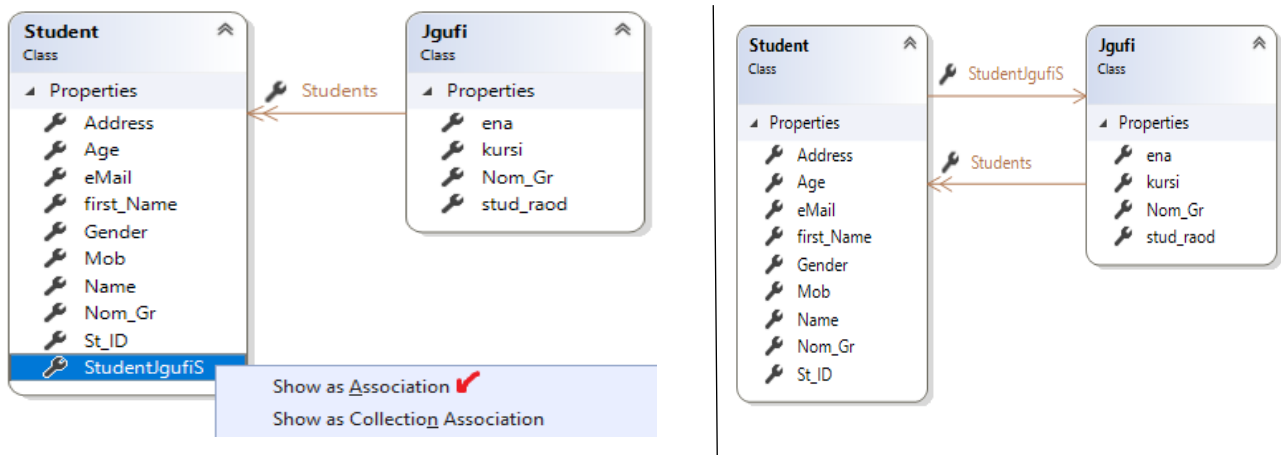
Jგუფ-ის მოდელში გამოჩნდება თვისება Students. ამ თვისებაზე კონტექსტური მენიუს გამოტანით ავირჩევთ Show as Collection Association და კავშირის შედეგიც სახეზეა (ნახ. 11).



ნახ. 11. კლასთაშორის ასოციაციური კავშირის აგება (1)

ახლა Student კლასის კოდში ჩავამატოთ სტრიქონი თვისებისთვის StudentJgufiS (ნახ.12):

```
public Jgufi StudentJgufiS { get; set; }
```



ნახ. 12. კლასთაშორის ასოციაციური კავშირის აგება (2)

მარჯვენა ნახაზზე აისახა კლასთაშორის ასოციაციური კავშირი, რომელც მოგვავაგონებს მონაცემთა ბაზის ცხრილებს შორის 1:N დამოკიდებულების შემთხვევას.

კლასის თვისებების შეცვლა შესაძლებელია როგორც დიაგრამიდან (მოდელიდან), ასევე კოდიდან და კლასის დეტალების (Class Details) ფანჯრიდან.

3. დასკვნა

დიდი პროგრამული პროექტების აგების პროცესში ძალზე ეფექტურია CASE ტექნოლოგიების გამოყენება, განსაკუთრებით უნიფიცირებული პროცესების მოდელირებისას ობიექტ-ორიენტირებული მიდგომის საფუძველზე. ექსტრემალური პროგრამირების ან Scrum მეთოდების გამოყენებისას დროის ფაქტორი მნიშვნელოვანია, ამიტომ აქ UML დიაგრამების სრული გამოყენება არ ხდება. მხოლოდ ბიზნესპროცესის (Activity-D) ან კლასების დიაგრამის გამოყენებაა რეკომენდებული (სემანტიკური მიზნებისთვის), რაც კომპრომისულ გადაწყვეტილებად ითვლება [2]. მაკროსოფტის კორპორაცია აქტიურად აფართოებს Visual Studio.NET Core პლატფორმის ფუნქციონალობას ამ მიმართულებით, რაც დესკტოპ- და ვებ-აპლიკაციების სწრაფ და ხარისხიან დეველოპმენტს უწყობს ხელს.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Surguladze G. (2019). Computer Programming Methods and Methodologies (SP, OOP, VP, Agile, UML). GTU, "IT Consulting Center", Tbilisi, 200 p. (in Georgian).
2. Surguladze G., Urushadze B. (2014). International Experience in Information Systems Management (BSI, ITIL, COBIT). ISBN978-9941-20-458-6. GTU, Tbilisi, 2014. 320 p.. https://gtu.ge/book/gia_sueguladze/sainfo_sistemebi_BSI_ITIL_COBIT.pdf
3. Roberts S. (2023). COBIT vs ITIL: A Comparison Guide. Internet resource: <https://www.theknowledgeacademy.com/blog/cobit-vs-til/> (20.04.24)
4. Surguladze G., Petriashvili L. (2022). Application programming and data management. ISBN 978-9941-8-3810-1. GTU. "IT-consult. Scientific Center". Tbilisi, -135 p.

(სტატია მიღებულია 30.04.2024)

CASE METHOD OF REVERSE PROGRAMMING FOR PERFECTING THE PROCESS OF OBJECT-ORIENTED DESIGN OF INFORMATION SYSTEMS

Surguladze Gia, Bitarashvili Marine, Geladze Bezhan,
Nareshelashvili Gulbaat, Shurghaia Irakli
Georgian Technical University

g.surguladze@gtu.ge, maribitarashvili@yahoo.com, bejangeladze67@gmail.com
g.nareshelashvili@gtu.ge, i.shurghaia@gtu.ge

Summary

The problem of computer-aided design and software implementation of an organizational management information system is discussed based on a university example, using the compromise application of UML/Agile methodologies. An implementation of a unified reverse mapping process ("model <--> code") on the Visual Studio .NET 2022 platform is presented.

(Received 30.04.2024)

CASE-МЕТОД РЕВЕРСНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОО-ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Сургуладзе Г., Битарашвили М., Геладзе Б.,
Нарешашвили Г., Шургая И.

Грузинский Технический Университет
g.surguladze@gtu.ge, maribitarashvili@yahoo.com, bejangeladze67@gmail.com
g.nareshelashvili@gtu.ge, i.shurghaia@gtu.ge

Резюме

Рассматривается задача автоматизированного проектирования и программной реализации информационной системы организационного управления на примере университета на базе компромиссного применения UML/Agile методологий. Представлена реализация унифицированного процесса реверсивного отображения ("модель <--> код") на платформе VisualStudio.NET 2022.

(Поступила 25.04.2024)

იბეჭდება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

კომპიუტერული უზრუნველყოფა: გ. სურგულაძე, გ. ნარეშელაშვილი,
ლ. პეტრიაშვილი, გ. დალაქიშვილი

გადაეცა წარმოებას 14.05.2024 წ. ქალაქის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი
თაბახი 6.5, სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 6,5. ტირაჟი 50 ეგზ.

იბეჭდება ავტორთა ხარჯით