

DOI: <https://doi.org/10.61491/yk.15.2023.8058>

ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგია
კულტურული მემკვიდრეობის აღდგენისა და
შენარჩუნებისათვის

Artificial Intelligence Technology for Restoration and
Preservation of Cultural Heritage

თინათინ მშვიდობაძე

გორის სასწავლო უნივერსიტეტი
საქართველო, გორი

Tinatini Mshvidobadze

Gori State University
Georgia, Gori

აბსტრაქტი

ნაშრომში აღწერილია იმერეთის რეგიონში მდებარე სხვადასხვა კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლები; წარმოდგენილია განხორციელებული პროექტები ხელოვნური ინტელექტისა და რობოტოტექნოლოგიის გამოყენებით, რომლებიც თანამედროვე ეტაპზე ასახავს პროგრესს კულტურული მემკვიდრეობის შესანარჩუნებლად. აღწერილ პროექტებში წარმოდგენილი ტექნოლოგიების გამოყენება, ასევე, მნიშვნელოვანი იქნება იმერეთის რეგიონში არსებული კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების რეკონსტრუქციის ხელშესაწყობად. რამდენადაც ტექნოლოგია აგრძელებს განვითარებას და დარგის ექსპერტები უფრო მეტად კომპეტენტური არიან მის გამოყენებაში. არსებობს პოზიტიური პერსპექტივა, რომ ტექნოლოგიების მუდმივი გადრეწვა გამოიწვევს შემდგომ მიღწევებს კულტურული მემკვიდრეობის შენარჩუნებასა და დიגיტალიზაციაში. ციფრული კულტურული მემკვიდრეობის არსებობა კი ხელს შეუწყობს ისტორიის აღრიცხვას, ასევე, კულტურული სიცოცხლისუნარიანობის გამდიდრებას.

საკვანძო სიტყვები: კულტურული ძეგლები იმერეთში, ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგია, მატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის დიგიტალიზაცია.

ABSTRACT

This work explores various cultural heritage monuments situated in the Imereti region. It presents several projects that have utilized artificial intelligence and robotics technology, showcasing advancements in cultural heritage preservation.

The application of these technologies in the projects described will be crucial for facilitating the restoration of cultural heritage monuments in the Imereti region.

As technology continues to evolve and experts in the field become more proficient in its application, there is optimism that further advancements in the preservation and digitization of cultural heritage will ensue. The existence of digital cultural heritage will contribute significantly to recording history and enriching cultural vitality.

Keywords: Cultural monuments in Imereti, artificial intelligence technology, digitalization of material cultural heritage.

იმერეთი ერთ-ერთი უმთავრესი ისტორიული, ეკონომიკური, კულტურული და საგანმანათლებლო რეგიონია საქართველოში და მას გეოგრაფიულადაც ცენტრალური ადგილი უკავია.

იმერეთში 400-ზე მეტი ისტორიული ძეგლია, რომლებიც გვიანი ანტიკური ხანიდან მოყოლებული მე-20 საუკუნის დასაწყისამდე ნათელ წარმოდგენას ქმნის ქართული თვითმყოფადი კულტურისა და ისტორიის შესახებ. განვიხილავთ ზოგიერთ მათგანს.

მოწამეთას მონასტერი აგებულია XI საუკუნეში, თუმცა დღევანდელი სახე XIX საუკუნეში მიიღო. მონასტრის დაარსების ისტორია არგვეთის მთავრების – დავით და კონსტანტინე მხეიძეების სახელს უკავშირდება. 1844-1865 წლებში იმერეთის ეპისკოპოსის – დავით წერეთლის ხელმძღვანელობით ლევან, მოსე და ფილიპე ბერიკაშვილებმა მოწამეთას ეკლესია შეაკეთეს და გააფართოვეს. წყალწითელას ხეობა, სადაც მოწამეთას მონასტერი მდებარეობს, ისტორიულად ერთ-ერთი დაწინაურებული მხარე იყო და მნიშვნელოვან როლს ასრულებდა საქართველოს პოლიტიკურ, ეკონომიკურ და კულტურულ ცხოვრებაში. ხეობის ძეგლთა შორის კი თვალსაჩინო ადგილი უჭირავს მოწამეთას ხუროთმოძღვრულ კომპლექსს (ვაჭრიძე 1985: 11).

გელათის მონასტერი დავით აღმაშენებელმა დააარსა 1106 წელს. მის ანდერძში ვკითხულობთ: „დარჩა მონასტერი სამარხავი ჩემი და სამკალე შვილთა ჩემთა უსრულად და წამყვა მისთვისაც ტკივილი სამარადისო, აწ შვლმან ჩემმან დიმიტრი სრულ ჰყოს ყოვლითურთ” (ბახტაძე 2012: 77). გელათის მონასტერი უდიდესი კულტურულ-საგანმანათლებლო კერა იყო. სხვადასხვა დროს აქ მოღვაწეობდნენ: არსენ იყალთოელი, არსენ ბულმაისიმისძე, პეტრე გელათელი, ევდემონ ჩხეტიძე, ექვთიმე საყვარელიძე, გედეონ ლორთქიფანიძე და სხვა. გელათის მონასტერი

მდიდარ ხელნაწერთა ფონდსა და ჭედური ხელოვნების ნიმუშებს ფლობდა, რომლებიც ამჟამად მუზეუმებშია დაცული. დღეს მისი ფრესკების ნაწილი აღდგენილი, მცირე ნაწილი კი კვლავ დაზიანებულია.



სურ. 1. გელათის დაზიანებული ფრესკები

ზაგრატის ტაძარი აგებულია 1003 წელს, ზაგრატ III-ის მეფობის ხანაში. იგი ქართული კულტურის მნიშვნელოვანი ძეგლია როგორც არქიტექტურული გადაწყვეტით, ასევე, სიმბოლური მნიშვნელობით. ის ჩვენი ქვეყნის ერთიანობისა და ძლიერების სიმბოლოა. აღსანიშნავია, რომ ნაგებობის ჩრდილოეთ სარკმელთან განთავსებულ წარწერაში, რომელიც საქართველოში არაბული ციფრების გამოყენების უძველესი ნიმუშია, მოცემულია ეკლესიის აგების ზუსტი თარიღი: „ოდეს განმტკიცნა იატაკი, ქორონიკონი იყო 223“. XVII საუკუნის დასასრულამდე ძეგლი უვნებლად იყო შემონახული (გაბისონია 2016: 23-30).

შორაპნის ციხე წყაროებში პირველად ძვ. წ. I – ახ. წ. I საუკუნეებში იხსენიება სტრაბონთან. შორაპანი ციხე-ქალაქი ყოფილა. ის იყო დასავლეთ და აღმოსავლეთ ქვეყნებს შორის ერთ-ერთი დამაკავშირებელი რგოლი. ციხის ნაშთებში აშკარად შეიმჩნევა ორი ქრონოლოგიური ფენა – ადრე და გვიანი ფეოდალური ხანა. სიმაგრე მოიცავს სხვადასხვა პერიოდის ნაგებობებს. ციხეს ორი კარი ჰქონია – ჩრდილო-აღმოსავლეთითა და დასავლეთით, სადაც ამჟამად ძველი თაღოვანი ციხის ბურჯია შემორჩენილი. წარსულში ციხე-ქალაქის მთელი ტერიტორია გალავნით ყოფილა შემოზღუდული, რასაც აქ გამოვლენილი ალიზის კედლის ფრაგმენტები და აგურის ნატეხები მოწმობს (ბერაძე 1987: 19).

უბისის მონასტერი – ისტორიული კულტურულ-საგანმანათლებლო კერა ხარაგაულში – აგებულია IX საუკუნეში გრიგოლ ხანძთელის მიერ აფხაზთა მეფის დემეტრეს დახმარებითა და მოწაფეების – ქრისტეფორეს და თეოდორეს თანადგომით. გიორგი მერჩულე აღწერს „გრიგოლ ხანძთელის ცხოვრებაში“: „მაშინ მამამან გრიგოლ სარწმუნოებისაებრ მეფისა აღაშენა

მონასტერი და უწოდა სახელი მისი უბე და ილარიონ ვინმე იერუსალიმით მოსრული, სარწმუნო მოხუცი დაადგინა მამასახლისად“ (ვეფხვამე 2010: 3-11).

ტაძარში წარმოდგენილია ყველა საუფლო დღესასწაულის ბრწყინვალე კომპოზიცია: ხარება, ბზობა, ჯვარცმა, აღდგომა, ნათლისღება და სხვა. ფრესკებს შორის გამოირჩევა „უბისის წმინდა გიორგის ფრესკა“ და „საიდუმლო სერობა“.

ხელოვნური ინტელექტი და სხვა თანამედროვე ტექნოლოგიები ეხმარება მატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის აღდგენასა და ციფრულიზაციას, ვინაიდან ისინი მუშაობენ როგორც არქეოლოგებისა და ისტორიკოსების თანაშემწეები სამუშაო პროცესში.

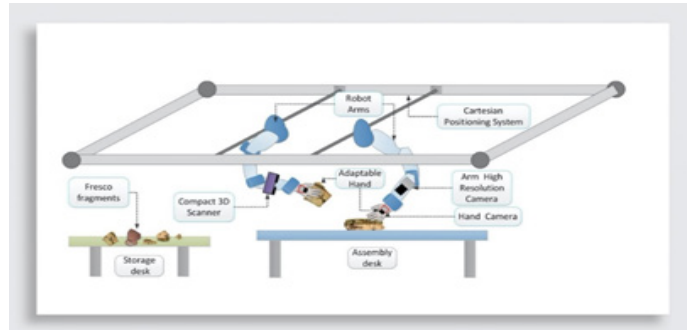
განვიხილავთ პროექტებს ხელოვნური ინტელექტისა და რობოტო-ტექნოლოგიის გამოყენებით, რომლებიც თანამედროვე ეტაპზე ასახავს პროგრესს კულტურული მემკვიდრეობის შესანარჩუნებლად. 2022 წლიდან იტალიის ტექნოლოგიური ინსტიტუტის (IIT) მეცნიერთა ჯგუფი ახორციელებს ექსპერიმენტულ პროექტს (RePAIR) პომპეის შრომატევადი რეკონსტრუქციის პროცესის დასახმარებლად. პროექტში ჩართული ტექნოლოგიებია: 3-D სკანირება, რობოტოტექნოლოგია, მანქანური სწავლების ალგორითმები და ხელოვნური ინტელექტი.

ძველი რომაული ქალაქი პომპეი, რომელიც განადგურდა და დამარხეს 79 წელს ვეზუვიუსის ამოფრქვევის შედეგად, ახლა მხოლოდ ფრესკების ფრაგმენტებია შემორჩენილი (Brando 2021: 79).

პროექტის შესრულებისას არტეფაქტის ფრაგმენტები დასკანირებულია მაღალტექნოლოგიური კომპიუტერების გამოყენებით, რომლებიც იყენებენ მანქანური სწავლების ალგორითმებს ორიგინალური კონფიგურაციის პროგნოზირებისთვის.

შესწავლილ ინფორმაციაზე დაყრდნობით კომპიუტერული პროგრამული უზრუნველყოფა ადარებს ყველა ფრაგმენტს წყვილებში და აფასებს მათი მსგავსების ხარისხს ფორმების, ვარგისიანობისა და ილუსტრაციების შეხამების საფუძველზე, იმის გასარკვევად, თუ როგორ გამოიყურებოდა ორიგინალური სრული არტეფაქტი. მეორე ეტაპზე ხდება რობოტების სამუშაო ადგილზე ჩართვა (Pinkowski 2021: 103-107). რობოტს უნდა შეეძლოს ამ ნაწილების დამოუკიდებლად სკანირება და ფრაგმენტების სრული სახით გადატანა, ხელოვნური ინტელექტის მიერ წარმოქმნილი დაწყვილებული შედეგების საფუძველზე. რობოტი შექმნილია გენუაში, IIT-ის Humanoid & Human Centered Mechatronics Lab-ში¹.

¹ The RePAIR Project Begins – Robotics and Digitisation at the Service of Archaeology.” Pompeii. Accessed February 25, 2022. <http://pompeiiisites.org/en/comunicati/the-repair-project-begins-robotics-and-digitisation-at-the-service-of-archaeology/>.



სურ. 2. რობოტის მუშაობის პროცესის ილუსტრაცია. წყარო: Courtesy IIT.

პროექტის დასასრულს, დასრულებული ფრესკები გამოიფინება საზოგადოების წინაშე, რათა მნახველებმა განიცადონ უძველესი პომპეი, მკვლევარებმა კი შეძლონ შემდგომი კვლევების ჩატარება. ეს პირველი შემთხვევაა არქეოლოგიის სფეროში, როდესაც ხელოვნური ინტელექტი გამოიყენება ამხელა მასშტაბებზე.



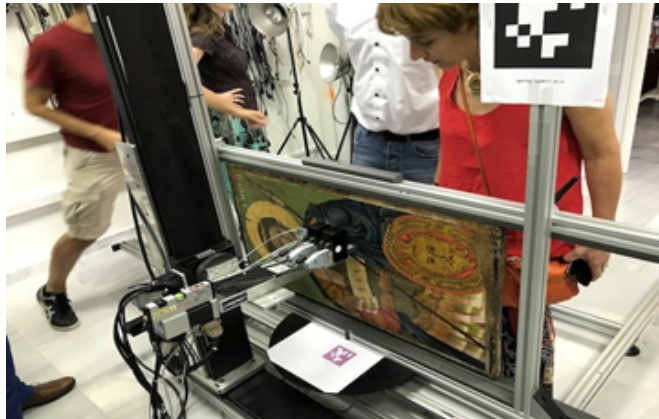
სურ. 3. პომპეის კერამიკის არტეფაქტის ნაჭრები . წყარო: Courtesy IIT.

როგორც პროექტის კოორდინატორი, ვენეციის უნივერსიტეტის კომპიუტერული მეცნიერებისა და ხელოვნური ინტელექტის პროფესორი მარჩელო პელილო აღნიშნავს: „თუ პროექტი წარმატებული იქნება, ტექნოლოგია შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სხვადასხვა ფრაგმენტული კულტურული არტეფაქტების აღსადგენად, რომელთა რესტავრაცია რჩება „ადამიანის ხელმისაწვდომობის მიღმა“.

ხელოვნური ინტელექტის დახმარებით ტექნოლოგიების გამოყენების კიდევ ერთი შესანიშნავი მაგალითია ევროკავშირის მიერ დაფინანსებული პროექტი სახელწოდებით Scan4Reco – კულტურული მემკვიდრეობის

შესანარჩუნებლად (Werkheiser 2022).

ეს პროექტი იყენებს სიღრმისეული სკანირების კამერებს არტეფაქტის მაღალი გარჩევადობის 3D ასლის შესაქმნელად, რათა გადაიტანოს იგი ციფრულ ფაილებში. შემდეგ სენსორის შეგროვებული მონაცემებით კვლევას ემატება მეტი ინფორმაცია ობიექტის ძირეული ფენების შესახებ, რომელთა დანახვა უშუალოდ ადამიანის თვალით შეუძლებელია.



სურ. 4. რობოტის სურათი, რომელიც აღმოაჩენს არტეფაქტის ღრმა დაზიანებას (წყარო: Scan4Reco).

„კონსერვაციის სფეროში გამოყენებული ძალიან სპეციალიზებული სენსორები ახორციელებენ სხვადასხვა ფენის არადესტრუქციულ დიაგნოსტიკურ ანალიზს, რაც ეკვივალენტურია უფრო დესტრუქციული ქიმიური ფენების“, – განმარტავს დოქტორი ანასტასიოს დროსოუ, პროექტის კოორდინატორის მოადგილე².

სენსორის მონაცემები შერწყმულია პროგნოზირებადი მოდელირების ტექნოლოგიებთან ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით, რომლის ალგორითმები ახდენენ არტეფაქტის გარეგნობის სიმულაციას. აქედან გამომდინარე, მას შეუძლია შესთავაზოს კონსერვატორებს შესაბამისი რესტავრაცია, რათა დაიცვან არტეფაქტები მათი მდგომარეობის გაუარესებამდე, ან მინიმუმამდე დაიყვანონ არსებული ზიანი.

ლაზერული სკანირება და ფოტოგრამეტრია არის დამატებითი ტექნოლოგიები, რომლებიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ კულტურული მემკვიდრეობის დიგიტალიზაციის მზარდ პროგრესში. ამდენად, ციფრული კულტურული მემკვიდრეობის ქონა ხელს შეუწყობს ისტორიის აღრიცხვას, ციფრული ბიბლიოთეკების ჩამოყალიბებას, ასევე კულტურული სიცოცხლისუნარიანობის გამდიდრებას (Denbo 2016: 233-239).

მოგაოს გამოქვაბულები, რომელიც მდებარეობს განსუს პროვინციაში,

² Multimodal Scanning of Cultural Heritage Assets for their multilayered digitization and preventive conservation via spatiotemporal 4D Reconstruction and 3D Printing, Scan4Reco, Grant agreement ID: 665091.

ჩინეთის ჩრდილო-დასავლეთში, შეიცავს 2000-ზე მეტ სკულპტურას და 45000 კვადრატულ მეტრზე უნიკალურ და მყიფე ფერწერულ ფრესკებს, რომელთა ასაკი 600-დან 1600 წლამდეა. ამჟამად არქეოლოგები დგანან გამოწვევის წინაშე, შეინარჩუნონ ეს უძველესი ხელოვნების ნიმუშები არსებულ მდგომარეობაში.



სურ. 5. ბუდას ქანდაკება ტანგის პერიოდიდან მოგაოს გამოქვაბულებში
(წყარო: Krister Blomberg/Wikimedia Commons).

იუნესკოს მსოფლიო მემკვიდრეობის ძეგლის უკეთ შესანარჩუნებლად მკვლევარებმა ჩინეთში გამოიყენეს ლაზერული სკანირება და მრავალი ბაზისური მბრუნავი ფოტოგრამეტრია ქანდაკებებისა და ფრესკების ციფრულ ფორმატში გადასაყვანად მომავალი კვლევებისა და შესაძლო ვირტუალური გამოფენებისათვის.

განხილულ პროექტებში მონაწილე მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ მათი განხორციელება წარმატებას მიაღწევს და სარგებელს მოუტანს მსოფლიოს სხვა კულტურულ ადგილებს, რომლებიც საჭიროებენ მსგავს ყურადღებას. ხოლო გამოყენებული ტექნოლოგიები, ასევე, შესაძლებელია გამოიყენონ საქართველოსში, კერძოდ იმერეთის რეგიონში, არსებული კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების რეკონსტრუქციის ხელშესაწყობად.

დასკვნა: ხელოვნური ინტელექტი და სხვა თანამედროვე ტექნოლოგიები შეიძლება დაეხმაროს მატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის აღდგენასა და ციფრულიზაციას, ვინაიდან ისინი მუშაობენ როგორც არქეოლოგებისა და ისტორიკოსების თანაშემწეები სამუშაოს შესანარჩუნებლად, გარდა ამისა, ისინი მუშაობენ როგორც ინსტრუმენტები ადამიანებისათვის, რათა გამოიყენონ და გააუმჯობესონ თავიანთი სამუშაო პროცესი უფრო მაღალ დონეზე.

სტატიაში წარმოდგენილია პროექტები და მაგალითები, რომლებიც ასახავს დიდ პროგრესს კულტურული მემკვიდრეობის შენარჩუნებაში. რამდენადაც ეს ტექნოლოგიები აგრძელებს განვითარებას და დარგის

ექსპერტები ხდებიან უფრო მცოდნე და კომპეტენტური ამ ტექნოლოგიების გამოყენებაში. არსებობს პოზიტიური პერსპექტივა, რომ ტექნოლოგიების მუდმივი გაღრმავება გამოიწვევს შემდგომ მიღწევებს კულტურული მემკვიდრეობის შენარჩუნებასა და დიגיტალიზაციაში ადამიანის გამოგონებებით და ადამიანის მეთვალყურეობის ქვეშ.

გამოყენებული ლიტერატურა

- ბახტაძე 2012: ბახტაძე მ., რამდენიმე მოსაზრება 1125 წლის ანდერძის შესახებ. თბილისი, 2012.
- ბერაძე 1987: ბერაძე თ., ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია, ტომი XI. თბილისი, 1987.
- გაბისონია 2016: გაბისონია პ., ქუთაისის საეპისკოპოსო ისტორია. თბილისი, 2016.
- ვაჭრიძე 1985: ვაჭრიძე პ., მოწამეთა. გაზეთი „ქუთაისი“, №8, 1985.
- ვეფხვაძე 2010: ვეფხვაძე ი., უბისა. ხარაგაული. ქუთაისი. 2010.
- Brando 2021: Brando, M., AI and Robotics are Reconstructing A 2,000-year-old Fresco in Pompeii. Fast Company. pp. 79, 2021.
<https://www.fastcompany.com/90708962/how-ai-and-robotics-are-reconstructing-a-2000-year-old-fresco-in-pompeii> (20.12.2023).
- Denbo 2016: Denbo S., Digitalizing Cultural Heritage: Historic Preservation and The Mogao Caves in China. Perspectives on History. pp. 233-239, 2016.
<https://www.historians.org/publications-and-directories/perspectives-on-history/december-2016/digitizing-cultural-heritage-historic-preservation-and-the-mogao-caves-in-china> (20.12.2023).
- Pinkowski 2021: Pinkowski J., Pompeii's Ruins to Be Reconstructed by Robot. pp. 103-107, 2021.
<https://www.scientificamerican.com/article/pompeii-ruins-to-be-reconstructed-by-robot/> (20.12.2023).
- Werkheiser 2022: Werkheiser G., Artificial Intelligence: Cultural Heritage Required. Cultural Heritage Partners. 2022.
<http://www.culturalheritagepartners.com/artificial-intelligence-cultural-heritage-required/> (20.12.2023).