

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Факультет історії та філософії

Кафедра археології та етнології України

Д и п л о м н а р о б о т а

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: **«3D моделювання предметів мистецтва як метод вивчення історії від первісної доби до козацького часу»**

«3D modelling of art objects as a method for historical research from prehistory till Cossacks age»

Виконала: студентка денної форми навчання спеціальності 032 Історія та археологія
Ліщина Ксенія Юріївна

Керівник к.і.н., доц. Кіосак Д.В. _____

Рецензент к.і.н., ст.н.с. Охотніков С.Б.

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ ____ від _____ 2020 р.

Завідувач кафедри

(підпис)

Сминтина О.В.
(прізвище, ініціали)

Захищено на засіданні ЕК № 1

протокол № ____ від _____ 2020 р.

Оцінка _____/_____/_____
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Голова ЕК

(підпис)

Гребцова І.С.
(прізвище, ініціали)

Одеса – 2020

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. СТАНОВЛЕННЯ ТА ЕВОЛЮЦІЯ МЕТОДІВ ПРОСТОРОВОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ІСТОРИЧНОГО ОБ'ЄКТУ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	8
1.1. Історія побудови технологій тривимірного моделювання.	9
1.2. Методи реконструкції історичних об'єктів.....	12
1.3. Технології тривимірного моделювання.....	14
1.4. Схема створення тривимірної моделі	16
РОЗДІЛ 2. ТЕОРІЯ ПОБУДОВИ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ІСТОРИЧНИХ ТА АРХЕОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ	19
2.1 Ідеальні умови для програмного забезпечення фотограмметрії.....	20
2.2. Програмне забезпечення Agisoft PhotoScan.	22
2.3. Побудова 3D моделі в програмі Agisoft PhotoScan.	24
2.4. Переваги та недоліки програм реалізації створення віртуальних моделей.....	27
РОЗДІЛ 3. Створення тривимірних моделей артефактів на прикладі петрогліфу «Вішап» та кам'яного козацького хреста	29
3.1 Дослідження та історіографія історико-археологічного комплексу «Кам'яна могила».....	30
3.2. Вивчення та інтерпретація петрогліфів зображених на «Вішапі».....	33
3.2.1 Процес візуалізації артефакту.	37
3.3 Історіографія намогильних хрестів Одещини.....	38
3.4 Процес інтерпретації та збереження культурного надбання на Куяльницькому кладовищі.....	40
3.4.1 Створення 3D моделі частини кам'яного хреста.....	41

РОЗДІЛ 4. ПРОБЛЕМАТИКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	44
4.1 Висвітлення сучасного розвитку тривимірних реконструкцій пам'яток історії.....	45
4.2 Тенденції, приклади та перспективи розвитку в світі та Україні.....	47
4.3 Проблема збереження історичних об'єктів у м. Одеса.....	52
4.4 Перспективи застосування створених тривимірних моделей.....	53
ВИСНОВОК	55
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ	58
ДОДАТКИ.....	65

ВСТУП

Питання про збереження пам'яток історії, які створені до нашого часу, неодноразово розглядалося упродовж розвитку цивілізації. Історична спадщина піддається впливу часу та природних катаклізмів, руйнується в зв'язку з відсутністю фінансування на її відновлення, страждає від військових дій та як наслідок перерозподілу територій, зміни влади, релігії та світогляду. Розвиток інформаційних технологій надає нам нові інструменти для відновлення вигляду історичних об'єктів, які вже частково зруйновано через людську недбалість, локальні конфлікти, непереборні обставини, зростання виробництва чи вплив часу. В разі використання новітніх 3D технологій – частково вирішується низка актуальних задач, які пов'язані з вивченням, оберіганням та популяризацію світової культурної спадщини.

Застосування тривимірного моделювання, по-перше, дає змогу зафіксувати поточний стан об'єкту який досліджується, а по-друге, дає можливість відтворити чи реконструювати його втрачений вигляд. Важливим аспектом 3D моделювання вважається науковий характер і достовірність, тобто моделювання повинно спиратися на архівні документи чи історичний аналіз. Ідеально коли поєднуються історична достовірність та висока якість візуалізації.

Тема дипломної роботи відповідає сучасним потребам історії та археології і сприятиме перспективам її розвитку в майбутньому.

Актуальність вибраної теми обумовлена практично повсюдним використанням тривимірної графіки в різних сферах діяльності. Метод 3D моделювання стає все необхіднішим для збереження та відтворення історичної спадщини, археологічних знахідок та музейних експонатів.

Ще в 2003 році на 32-й Генеральній конференції ЮНЕСКО була прийнята «Хартія про збереження цифрової спадщини », в якій говорилося:

«Спадщина у цифровому вигляді складається з унікальних ресурсів людських знань і форм їх вираження... Багато з цих ресурсів мають неабияку цінність та значимість і тому уособлює собою спадщину, яку слід зберігати та захищати для сучасних і майбутніх поколінь. Ця, постійно зростаюча спадщина, може існувати на будь-якій мові, в будь-якій частині світу і відноситься до будь-якої сфери людських знань і засобів вираження» [4, с. 84].

Важливим та актуальним питанням на даний момент стало створення цифрових моделей доісторичних та археологічних об'єктів. Такий напрям має велике перспективне значення, так як допоможе уникнути суб'єктивної оцінки унікальних археологічних розкопок і дозволить вийти на новий рівень музейної справи і туризму.

Мета моєї дипломної роботи вивчити особливості створення моделей на прикладі могильного хреста та наскального зображення скульптури з пам'ятника Кам'яна Могила з використанням можливостей програми Agisoft Photoscan 1.2.4.

Завдання дослідження конкретизують та сприяють досягненню мети:

- вивчити і проаналізувати літературу по темі дослідження;
- опрацювати теоретичні аспекти 3D моделей;
- оволодіти технікою 3D моделювання сучасними програмними засобами;
- продемонструвати технологію використання програми Agisoft Photoscan, для створення моделей об'єкту історичного значення (наскального зображення та хреста);
- проаналізувати 3D модель історичного об'єкту з точки зору евристичного потенціалу.

Об'єкт дослідження – культурна та історична спадщина України як рухома, так і нерухома.

Предметом дослідження виступають особливості 3D моделювання історичних пам'яток як новітнього методу дослідження та збереження культурної спадщини.

Хронологічні межі дослідження мають дискретний характер та визначаються пам'ятками обраними для демонстрації можливостей 3D моделювання в цій роботі. Насамперед, йдеться про комплекс петрогліфів з Кам'яної Могили, так званого «Вішапа». Перші сліди образотворчої діяльності на ньому відносяться ще до доби мезоліту (XI-VI тис. до н.е.). Поверх них нанесено ще зображення в добу ранньої бронзи (3300-2800 р. до н. е.) Другим прикладом застосування методики обрано хрест з кладовища Сотниківської Січі. Це старовинне козацьке кладовище, яке знаходиться на схилі Шкодової гори на околиці міста Одеса та датоване останньою чвертю XVIII - першою половиною XX ст.

Територіальні межі дослідження охоплюють південь сучасної України.

Були застосовані такі *методи дослідження* як загальнонаукові так і загально-логічні методи: аналізу, синтезу, дискурсивної раціоналізації та реконструкції. Основним методом роботи виступає полігональне 3D моделювання. Робота власне досліджує методичні особливості їх застосування.

Джерельну базу дослідження складають речові та писемні джерела: пам'ятки історії та культури, а також тексти з інформацією про їх контекст і датування: археологічна польова документація та історичні описи особливості роботи каменярів XVIII – XIX ст.

Об'єм та структура роботи визначаються цілями та задачами дослідження. Дипломна робота складається зі вступу, 4 розділів, кожний з яких містить підрозділи та висновки до кожного розділу, підсумовуючого загального висновку, списку використаних джерел, літератури та додатків (у вигляді малюнків, 3D моделі та презентації). Список джерел містить 9 позицій, список літератури містить 47 позицій, з них на іноземній мові – 16.

У Вступі знайшли відображення поставлені цілі та задачі дослідження. Розділ I, який містить чотири підрозділи, присвячений розгляду проблематики та актуальності в сучасному світі створення тривимірних моделей історичної спадщини. Ведеться дослідження та здійснюється опис методів, технологій та завдань новітніх досягнень програмування при обробці похідних даних, а також пропонується схема побудови тривимірної копії об'єктів чи артефактів. Розглянуті поняття: реконструкція, артефакт, віртуальна археологія, методи моделювання, модель, Sketchpad.

Розділ II присвячений розробці системи 3D-моделювання для побудови полігональних моделей, можливості програмного забезпечення Agisoft PhotoScan та процес створення тривимірних моделей.

У III розділі здійснюється аналіз досліджуваного матеріалу історично-описовим та описово-аналітичним методами, які дозволили розкрити наукову цінність окремо взятих артефактів пагорба «Кам'яна могила» та Куяльницького цвинтаря м. Одеси, оцінити ступінь їх вивчення та узагальнити отримані результати, з метою доказу наукової новизни та доцільності моєї роботи.

IV розділ знайомить з українськими та всесвітніми проектами, із застосуванням схожих технологій та направлених на збереження історичної спадщини. Запропоновані напрямки застосування створених моделей та доведена їх важливість.

Робота завершується Висновком, у якому підведені підсумки проведеного дослідження та списком використаної літератури, з якого на іноземній мові, а також 20 додатків. В додатках А, Б, В, Г, Д, Е, Є представлені джерела з архівів, в додатках Г, Ж, З, И, І, Ї, К, Л, М, Н, О, П –отримані результати побудови тривимірних моделей на різних етапах.

ВИСНОВОК

В дипломній роботі було проаналізовано вітчизняні наукові праці по історії і археології, починаючи з кінця XIX ст., розробки ведучих спеціалістів з тривимірного моделювання, архівні фотокартки, дослідження іноземною мовою, а саме: англійською, французькою та на івриті.

Опрацьовані методологічні засади створення тривимірної моделі історичних артефактів та взаємодію фотограмметричної науки з археологією і всією історією в цілому.

Великий пласт самого дослідження був у тому, щоб доказати необхідність збереження культурної спадщини для наступного покоління дослідників. Також – у транслюванні тези, що знищення історії може призвести до катастрофічних наслідків і як за допомоги сучасних технологій можливо завадити цьому.

Створені 3D моделі вже займають значну ланку в повсякденному житті людей. Використання їх значно покращує процеси навчання, дослідження, процеси обміну інформацією. Використання їх в сфері охорони культурної спадщини теж набирає обертів і тому тривимірні моделі – актуальне сьогодення.

В роботі розроблений та проаналізований ланцюг трансформації переходу вербальної моделі у цілком реалістичну тривимірну модель: експеримент – опис (фіксація результату) – пояснення – застосування. Вихідною базою слугували археологічні джерела, які вже пройшли етапи археологічної інтерпретації.

Технологія тривимірного моделювання розширює функціонал історичних досліджень, додаючи можливості аналізу, синтезу і репрезентації історичної спадщини. Запропонована комп'ютеризована методика наукової верифікації створення моделей і тим самим – адаптації програмного забезпечення з розрахунком специфіки досліджених об'єктів.

В моєму дослідженні вперше проведено роботу по втіленню комплексу методів і технологій 3D моделювання щодо історичних знахідок на Півдні України.

Розглянуті мною намогильний хрест з Куяльницького кладовища та «Вішап» з археологічного комплексу Кам'яна могила як об'єкти дослідження надали можливість для багатоаспектної апробації модерних технік віртуального тривимірного моделювання.

За допомогою проведеного аналізу і фотограмметричної є головний результат дослідження – побудова тривимірних моделей «вішапу» та частини козацького хреста.

В ході проведеного дослідження були вирішені наступні задачі:

- Проаналізовано мінливість, варіабельність артефактів та їх властивостей. Дослідження, проведені в даній роботі, приводять до висновку про необхідність захисту історичної спадщини.

- Проведено евристичні методи аналізу, які базувалися на моєму досвіді та інтуїції, та дозволи прийти до висновку, що результат роботи дозволяє вирішувати широкий аспект раніше неможливих задач.

- Вивчені методи 3D моделювання та розглянуті різні програмні забезпечення, для створення тривимірних моделей.

- На прикладі створених 3D моделей «Вішапу» та частини намогильної споруди-козацького хреста показана доцільність застосування сучасних засобів комп'ютерних технологій в археологічних та історичних дослідженнях.

- Побудову просторового вигляду артефактів за допомогою синтезу джерельної бази в комп'ютерних програмах 3D моделювання.

Ефективність використаних технологій в історико–археологічних дослідження може бути оцінена в подальшому при вирішенню проблем відсутності історичного контексту або джерельної бази.

Справою майбутнього, вважаю в процесі роботи з давніми артефактами на кожному етапі, розпочинаючи з періоду відкриття такого об'єкту, реставрації та до наукової публікації, створювати віртуальні моделі в польових умовах та подальшої можливістю її трансляції для дослідників всього світу.

Відомий такий «тезис Уівера»: всяка дисципліна у своєму розвитку проходить три ступеню аналізу – організованої простоти, неорганізованої складності і організованої складності. Висловлю припущення що, створення 3D моделей в моїй роботі, може стати одним із шляхів розвитку вітчизняної історії до стану «організованої складності».

Археологічні знання, як і інші знання, спираються на факти. Характерною рисою археологічних знань, крім комплексного, природничо-гуманітарного характеру, є особисте відношення ученого-археолога до інформації, отриманої в ході дослідження. Тому в археології значення мають не тільки знання, а і особиста думка.

Наступним кроком у розвитку тривимірного моделювання в археології має бути створення нових проєктів з використанням експонатів з архівної бази музею, а також розширення структури бази даних з метою внесення додаткової інформації та вдосконалення інтерфейсу користувача під нові документи.

Отриманні результати підтверджують доцільність практичного застосування запропонованого в дипломі метода для вирішення поставлених цілей і задач.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

а. Джерела

1. Жизнь животных. Земноводные, пресмыкающиеся / редкол. : Л. А. Зенкевич и др. Москва : Просвещение, 1969. Т. 4, ч. 2., 485 с.
2. Ригведа. Избранные гимны / за ред. Елизаренкова, Т. Я. Москва : Наука. Главная редакция восточной литературы, 1972 г. 418 с.
3. Скальковський А. А. История Новой Сечи или последнего Коша Запорожского. Одесса. 1841. 461 с.
4. Хартия о сохранении цифрового наследия (2003г) URL: <http://www.nbuv.gov.ua/law/03Chartia/doc> (дата звернення 19.02.2020).
5. Agisoft LLC. Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition. 2017. Version 1. 3.105 p. URL: https://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_4_en.pdf. (дата звернення 25.02.2020).
6. Rain Bull engraving interpretation: 3D Model. URL: <https://sketchfab.com/3D-models/rain-bull-engraving-interpretation-e420433Df19747f3b25e4f4a1b3a98f4> (дата звернення 12.03.2020)
7. ScanIMAGER – миллиарды точек в одном окне. URL: <http://scanimager.ru/capabilities.html> . (дата звернення: 21. 04. 2020).
8. Sutherland I. E. A head-mounted three dimensional display. 1968. Pp. 13–20. URL: http://90.146.8.18/en/archiv_files/19902/E1990b_123.pdf (дата звернення: 21. 04. 2019).
9. Vishap from Kamyana Mohyla: 3D Model. URL: <https://sketchfab.com/3D-models/vishap-from-kamyana-mohyla-bb763a9a972347e491c0ff2c0ec0f77c> (дата звернення 12.03.2020).

б. Література

10. Археологія : від джерел до реконструкцій / редкол. : Отрощенко В. В та ін. Київ : «Археологія і давня історія України», 2011. Вип. 5. 250 с.
11. Бадер О. М. Петрогліфи Кам'яної Могили. Видавництво АН УРСР Палеоліт і неоліт України. Київ, 1949. Т. 1 Вип. 4. С. 297—313.
12. Бойцови Федір і Яна: «Цифрові цілителі міста Pixelated Realities : «Зберігаємо сьогодні для завтрашніх людей»» : [інтерв'ю із засновниками проекту «Одеса на дотик із закритими очима»/ бесіду вела Христина Петрик] // Часопис Про|стріп. URL: <https://www.prostranstvo.media/cifrovi-ciliteli-mista-pixelated-realities-zberigaiemo-sogodennja-dlja-zavtrashnih-ljudej/> (дата звернення 6.03.2020).
13. Борисов Н. В., Горончаровский В. А., Швембергер С. В., Щербаков П. П. Компьютерная 3D-реконструкция археологических памятников (по материалам боспорского города-крепости Илурат). Москва, 2007. X международная конференция EVA URL : http://conf.spc.ru/eva2007//rus/reports/theme_1112.html. (дата звернення : 10. 02. 2020).
14. Бородкин Л. И., Румянцев М. В., Лаптева М. А. Виртуальная реконструкция историко-культурного наследия в форматах научного исследования и образовательного процесса. *Научные исследования*. Москва, 2011. № 3. С. 73–76.
15. Гладилин В.М. До питання про вік наскельних рисунків Кам'яної Могили Археологія. *Наукова думка*. 1964. Вип. 16. С. 82–88.
16. Гончарук Т. Г. Каменярі одеських передмість. *Сапожников И. В. Каменные кресты предместий Одессы : конец XVII–XIX вв.* Ильичевск: Элтон–2 : Гратек, 1999. – С. 82–86.
17. Енгельберг–Барам Оріт рада зі збереження об'єктів спадщини в Ізраїлі. Буклет №4. URL : <https://shimur.org/activities/6965/> (дата звернення : 12. 04. 2020)
18. Жеребятъев Д. И. Методы исторической реконструкции памятников истории и культуры России средствами трехмерного компьютерного

моделирования : автореф. ... дисс. канд. ист. наук : 07. 00. 09. Москва, 2013. 28 с.

19. Жеребятьев Д. И., Кончаков Р. Б. Использование технологий создания 3D – игр как инструмента сохранения и реконструкции исторических памятников. История, информационные технологии и культурное наследие : перспективы XXI столетия : материалы межд. науч. конф., г. Москва, 14 мая 2006. С. 12–13.

20. Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. – 492 с.

21. Корреспондент. net : ЮНЕСКО створює фонд захисту об'єктів культурної спадщини в зонах збройних конфліктів. URL : <https://ua.korrespondent.net/world/3782577-yunesko-stvoruiie-fond-dlia-zakhystu-obiektiv-svitovoi-spadschyny-v-hariachykh-tochkakh>

22. Марков Б. Г. Автоматизация геометрического моделирования утраченных памятников архитектуры по иконографическим материалам : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 063. 95. 05. Петрозаводск, 2000. 19 с.

23. Марков Б. Г., Марков О. Б., Борисов А. Ю. Особенности геометрического моделирования утраченных памятников архитектуры. Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Петрозаводск, 2013. №8. С. 88–92.

24. Массон В. М. Исторические реконструкции в археологии / Отв. ред. В. П Мокрынин. Фрунзе : Илим, 1990. 96 с.

25. Михайлов Б. Д. Исследования Каменной Могилы. *Наука*. Москва. 1987. С. 372–373.

26. Михайлов Б. Д. Курганы эпохи бронзы в бассейне реки Молочная. *Древности Степного Причерноморья и Крыма*. Запорожье, 1991. Т. 2. С. 63–66.

27. Михайлов Б. Д. Петрогліфи Кам'яної Могили : Семантика. Хронологія. Інтерпретація : монографія. Запоріжжя : Дике поле, 1999. 296 с.
28. Рачкина Н. Г. Геометрическое обеспечение компьютерной реконструкции архитектурной фотоперспективы : автореф. дисс. канд. техн. наук : 05. 01. 01. Москва, 2000. 18 с.
29. Рудинський М. Я. К вопросу о наскальных изображениях Каменной Могилы. *Краткие сообщения Института археологии АН Украины*. 1956. №. 5. С. 64–70.
30. Рудинський М. Я. Кам'яна Могила (корпус наскальних рисунків). Київ, 1961. 140 с.
31. Сапожников И. В., Слюсарь Ю. А. Новые и неизвестные данные о каменных крестах запорожских козаков. Запорозьке козацтво в пам'ятках історії та культури: матеріали міжнар. наук. -практ. конф., м. Запоріжжя. 1997. С. 65–69.
32. Сапожніков І. В. Каменные надгробные кресты запорожцев. *Південна Україна. XVIII–XIX століття*. Запоріжжя, 1996. Вип. 2. С. 86–95.
33. Сапожніков І. В., Кушнір В. Г., Островерхов А. С. Кам'яні хрести Одещини : з матеріалів розвідок. *Старожитності Причорномор'я*. Одеса, 1995. Вип. 2. С. 48–63.
34. Сапожніков І. В., Слюсар Ю. О., Шувалов Р. О. Типологія кам'яних надгробних хрестів Південно–Західної України. *Старожитності Причорномор'я*. Одеса, 1995. Вип. 2. С. 16–47.
35. Сильнов А. В. Классическая античность и компьютерная графика в реконструкции памятников архитектуры Древней Греции. 66–й научная конференция профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета : материалы СПбГАСУ науч. конф., г. Санкт–Петербург, 28 апреля. 2009 г. Санкт–Петербург, 2009 г. С. 123–128.

36. Смирнов А. М. Женское божество и храм в искусстве монументальной скульптуры и архитектуры Европы в IV–III тыс. до н. э. *Археологические вести*. Санкт–Петербург, 2006. №13. С. 281–296.
37. Смит Б. Исследовательская деятельность Европейского Союза в области культурного наследия. Информация для всех : культура и технология информационного общества : материалы межд. конф. EVA, г. Москва, 3Дек. 2003 г. Москва, 2003. С. 3–18.
38. Телегін Д. Я. Козацькі кам'яні хрести: некрополі чорноморських козаків Одещини. *Старожитності*. Київ, 1993. Ч. 19–24. С. 14–18.
39. Телегін Д. Я. Про деякі регіональні відміни в намогильних монументах козацької доби в Україні. *Дослідження археологічних пам'яток українського козацтва*. Київ, 1995. Вип. 4. С. 25–29
40. Укрінформ : У Музеї історії міста Києва покажуть стародавні керамічні “гаджети” та їхні 3D моделі. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-culture/2638762-u-kievi-pokazut-starodavni-keramicni-gadzeti-ta-ihni-3Dmodeli.html> (дата звернення 17.03.2020).
41. Чемпмен Джордж. KSL. com. URL: <https://www.ksl.com/article/36039333/utah-inventions-the-birth-of-computer-graphics> (дата звернення : 20. 03. 2020)
42. Шахматенко Иван: 3D сканирование объектов и трехмерное моделирование. URL: <http://klona.ua/3D-skanirovanie> (12. 05. 2020).
43. Шувалов Р. О. Козацьке кладовище. *Пам'ятки України*. Київ, 1993. №1–6. С. 180–181.
44. Шувалов Р.О. Про що розповів некрополь (Куяльницьке козацьке кладовище міста Одеси). Київ: АН України, УТОПК, Центр пам'ятокознавства, 1992. 89 с.
45. Binford L. R. *Archaeological Perspectives. New perspectives in archaeology*. Chicago : Aldine, 1968. 207 p.

46. Bui Tuong Phong Illumination for computer generated pictures. *CACM*, 1975 p. Vol. 18 № 6. P. 311–317.
47. Curtis Jo M. The Great Temple of Petra. Scientists, artists and archaeologists collaborate on digital archaeology. Brisbane: An Arts and Humanities Supplement to the George Street Journal (Feb. 28), 2003.
48. Debevec P. E. Modeling and Rendering Architecture from Photographs : a diss. ... degree of Doct. of Phil. / University of California at Berkeley. California, 1996. 154 p.
49. Europa Nostra : Europa Nostra and the Global Heritage Fund join forces through a transformational partnership URL: <https://www.europanostra.org/europanostra-and-the-global-heritage-fund-join-forces-through-a-transformational-partnership/> (дата звернення 10. 04. 2020).
50. Fleury Ph., Madeleine S. Realitevirtuelle et restitution de la Rome antique au IV siècle p. c. Histoire urbaine. 2007. № 18. Pp. 157–165.
51. Radchenko S., Nykonenko D. Rock Art from the Western Edge of the Steppe : Engravings Inside the Bull Grotto at the Kamyana Mohyla Site. Expression. 2019. № 24. Pp. 49–62.
52. Reilly P. Shennan S. Applying solid modeling and animated three-dimensional graphics to Archaeological problems. Surface and solid modelling and image enhancement for: CAA, Oxford. 1989. Pp. 157–166.
53. Stančič, Z. and T. Veljanovski (eds.). Computing Archaeology for Understanding the Past. Computer applications and quantitative methods in archaeology: CAA, c. Ljubljana, April 2000 y. Ljubljana, 2000 y. Pp. 233–240.
54. Sutherland Ivan Technology and Courage. Santa Clara: Sun Microsystems Laboratories, 1996. 33 pp.
55. Thi Porter S., Roussel M., Soressi M. A Simple Photogrammetry Rig for the Reliable Creation of 3D Artifact Models in the Field. Advances in Archaeological Practice. Cambridge, 2016. № 4 (1). Pp. 71–86.

56. Vilbrandt C.W., Goodwin J.M., Goodwin J.R. Computer models of historical sites: Sazaedou – from the Aizu History Project. Proceedings of the 1999 EBTI, ECAI, SEER & PNC Joint Meeting. Pp. 489–502.