



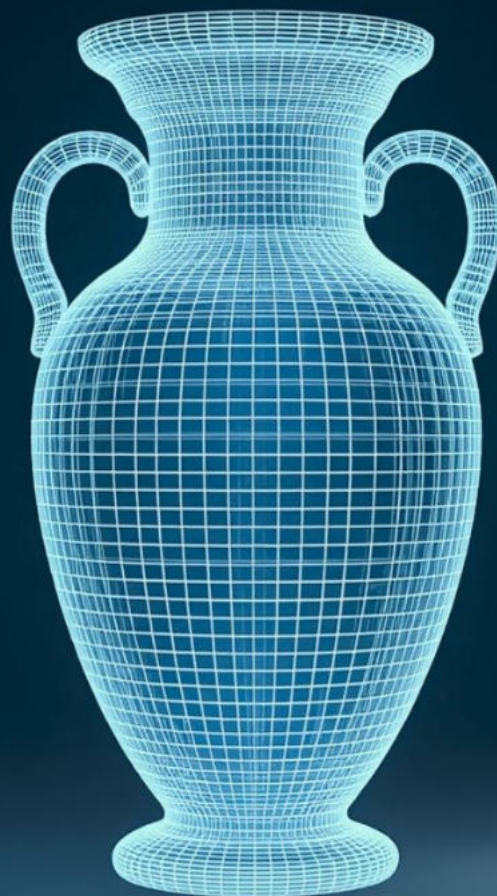
DIGI·ARCHEO·SPACE
MODERN TOOLS FOR DOCUMENTING & PRESENTING
THE CULTURAL HERITAGE IN ARCHEOLOGY



Ко-финансирано од
Европска Унија

ПРАКТИЧЕН ВОДИЧ

МОДЕРНИ АЛАТКИ ЗА ДОКУМЕНТАЦИЈА И ПРЕЗЕНТАЦИЈА НА КУЛТУРНОТО НАСЛЕДСТВО ВО АРХЕОЛОГИЈАТА



digiarcheospace.eu

СОВРЕМЕНИ АЛАТКИ ЗА ДОКУМЕНТИРАЊЕ И ПРЕТСТАВУВАЊЕ НА КУЛТУРНОТО НАСЛЕДСТВО ВО АРХЕОЛОГИЈАТА

Практичен водич изработен во рамките на Erasmus+ проектот
„DigiArcheoSpace“
(KA220-HED)

digiarcheospace.eu

Благодарност

Овој водич е изработен во рамките на Erasmus+ проектот DigiArcheoSpace (KA220-HED), со придонес од сите проектни партнери:

- Историски музеј Приморско, Бугарија
- Student Computer Art Society (SCAS), Бугарија
- Шуменски универзитет „Епископ Константин Преславски“ (SHU), Бугарија
- Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје (UKIM), Северна Македонија
 - Универзитет Бартин (BARÜ), Турција
- Институт за етнологија и фолклористички истражувања (IEF), Хрватска

Финансирано од Европската Унија. Ставовите и мислењата изнесени овде, сепак, им припаѓаат исклучиво на авторот(ите) и не мора нужно да ги одразуваат ставовите на Европската Унија или на Европската извршна агенција за образование и култура (EACEA). Ниту Европската Унија ниту EACEA не можат да сносат одговорност за нив.

Содржина:

- 1. Вовед: цел и начин на користење**
- 2. Како беа избрани алатките**
- 3. Современи тенденции во претставувањето на документираните податоци**
- 4. Користење на овој водич во наставата**
- 5. Дигитални алатки за археологија**
- 6. Примерни наставни пакети**
- 7. Заклучок**
- 8. Референци и дополнителна литература**

1. Вовед: цел и начин на користење

Водичот DigiArcheoSpace е изработен во рамките на **Erasmus+** проектот **DigiArcheoSpace: Modern Tools for Documenting and Presenting the Cultural Heritage in Archaeology (KA220-HED)**, со главна цел да се зајакне дигиталниот капацитет на високообразовните институции во областа на археологијата и науките за наследството. Археологијата минува низ длабока трансформација, при што дигиталните алатки одново го дефинираат начинот на кој истражувачите ги документираат, толкуваат, зачувуваат и комуницираат материјалните траги од минатото. Дигиталниот пресврт во археологијата не само што ја зголемува точноста и ефикасноста на собирањето податоци, туку и го демократизира пристапот до културното наследство преку иновативни методи на визуелизација и дисеминација. Препознавајќи ги овие промени, проектот DigiArcheoSpace има цел да ги опреми и студентите и наставниците со компетенциите потребни за сигурно дејствување во оваа нова средина. Водичот претставува избор на дигитални алатки и апликации релевантни за археолошка документација, анализа и презентација. Тој е осмислен како дополнување на наставните модули развиени во рамките на проектот и служи како отворен образовен ресурс за универзитети, музеи и професионалци во областа на наследството. Воедно, водичот претставува дидактички и практичен ресурс за наставници, студенти, музејски куратори и експерти за наследство кои се заинтересирани за примена на дигитални алатки и методологии во археолошката документација, анализа и презентација.

Тој е наменет за флексибилна употреба во високото образование, како дел од постојните наставни програми по археологија или културно наследство, но и во контексти на неформално и доживотно учење.

Поврзувајќи ги теоријата и практиката, водичот поттикнува практично разбирање на тоа како дигиталните технологии можат да се применат во археолошката работа — од теренско прибирање податоци до 3D визуелизација, дигитално раскажување и јавен ангажман. Водичот ги поддржува шесте образовни модули развиени во рамките на DigiArcheoSpace и е усогласен со Рамката на компетенции на проектот и пристапот на микро-квалификации, овозможувајќи им на учесниците постепено да стекнуваат, применуваат и вреднуваат дигитални компетенции релевантни за археологијата.

На крајот, оваа публикација ја отелотворува мисијата на проектот: да поттикне одржлив, иновативен и инклузивен пристап кон образованието за културно наследство низ Европа. Таа ги повикува своите корисници да размислуваат надвор од традиционалните методи, да ја прифатат дигиталната писменост и да ја интегрираат технологијата како природен дел од археолошкото истражување и толкување.

2. Како беа избрани алатките

Дигиталните алатки претставени во овој водич беа идентификувани преку заеднички процес меѓу сите проектни партнери. Почетната листа од повеќе од триесет потенцијални алатки беше сведена на дваесет основни технологии врз основа на следниве критериуми:

- **Педагошка релевантност: соодветност за настава и учење во археологијата и студиите за културно наследство;**
- **Цена и пристапност: предност за алатки со отворен код или со ниска цена за да се обезбеди широка применливост;**
- **Интердисциплинарен потенцијал: способност за поврзување на археологијата со области како компјутерски науки, географија и визуелни уметности;**
- **Одржливост: поддршка за отворени стандарди, интероперабилност и долгорочно зачувување;**
- **Практична вредност: применливост во реални услови при теренска работа, лабораториска анализа и претставување на наследството.**

Преку процес на гласање меѓу партнерите беше утврдена конечната листа на алатки, групирани во категории со ниска, средна и висока цена. Секој партнер ќе придонесе со две алатки, следејќи го заедничкиот образец даден на крајот од овој документ.

Заедно, овие алатки го покриваат целиот археолошки работен тек — од прибирање и управување со податоци до анализа, визуелизација и јавно ширење — и обезбедуваат основа за развивање дигитална писменост во наставните програми по археологија.

3. Современи тенденции во претставувањето на документираните податоци

Дигиталната трансформација суштински го преобликува начинот на кој културното наследство се бележи, визуелизира и споделува со стручната и пошироката јавност. Овој дел ги истакнува современите пристапи кон претставувањето на документираните археолошки податоци, одразувајќи ги тековните иновации во визуелизацијата, раскажувањето и пристапноста.

3.1 Интерактивни дигитални платформи

Веб-базирани алатки, како што се story maps, интерактивни временски линии и веб-прегледувачи за GIS, им овозможуваат на научниците и на јавноста динамично да ги истражуваат археолошките збирки на податоци. Онлајн платформи како ArcGIS StoryMaps, IIIF и Sketchfab овозможуваат отворен пристап до 3D модели, карти и слики, правејќи го толкувањето на наследството попартиципативно и потранспарентно.

3.2 Имерзивни и мешани реалности

Интеграцијата на технологиите за Виртуелна реалност (VR) и Проширена реалност (AR) отвора невидени можности за визуелизација на наследството. Виртуелните реконструкции на антички простори им овозможуваат на корисниците да се движат низ историски средини, додека AR-апликациите директно ги преклопуваат археолошките реконструкции врз постојни пејзажи или артефакти. Овие методи го засилуваат и образовниот ефект и вклученоста на посетителите.

3.3 Музејски и апликативни решенија за јавноста

Современите музеи сè повеќе се потпираат на дигитално раскажување — преку екрани на допир, интерактивни проекции или онлајн изложби — за да создадат мултисензорни доживувања. Апликациите на археолошките податоци насочени кон јавноста обезбедуваат резултатите од истражувањето да бидат достапни и надвор од академските кругови, поттикнувајќи поврзување со заедницата и културна свест.

3.4 Пристапност, етика и одржливост

Дигиталното наследство мора да се придржува и до етички и инклузивни стандарди. Политиките за отворен пристап, повеќејазичните ресурси и обезбедувањето алтернативен текст, титлови и опции за низок интернет-проток гарантираат дека дигиталните материјали остануваат достапни за разновидни публики. Понатаму, етичкото споделување

чувствителни податоци — особено за свети или загрозени локалитети — бара внимателна курација и соработка со заедницата.

4. Користење на овој водич во наставата

Овој водич е замислен како наставно помагало што ја надополнува и теоретската и практичната обука по археологија. Тој им нуди на наставниците структурирани примери за тоа како дигиталните алатки можат да се вклучат во наставата и како учесниците постепено можат да градат компетенции во дигиталната археологија.

Описот на секоја алатка е усогласен со Исходите од учењето (LOs) и индикаторите од Рамката на компетенции, што го олеснува нејзиното вклучување во предмети што користат ECTS-базирани микро-квалификации. Наставниците можат да избираат релевантни алатки во зависност од целите на курсот — од основна теренска документација до напредна визуелизација на податоци.

Водичот поддржува и самостојно учење: независните учесници можат да истражуваат алатки, упатства и збирки на податоци со сопствено темпо, развивајќи практични дигитални вештини, а притоа разбирајќи ја нивната археолошка важност.

5. Дигитални алатки за археологија

Овој дел ги претставува дигиталните алатки предложени од партнерите за документирање, анализа и претставување на културното наследство во археологијата.

Метаподатоци за поднесокот

Партнер (институција)	Историски музеј Приморско
Соработници (имиња и улоги)	Д-р Даниел Пантов (автор), Борислава Кирова (истражувач)
Јазик	Англиски
Датум	25.11.2025
Контакт е-пошта	museum.primorsko@gmail.com kirova.borislava77@gmail.com

Алатка 1: LiDAR

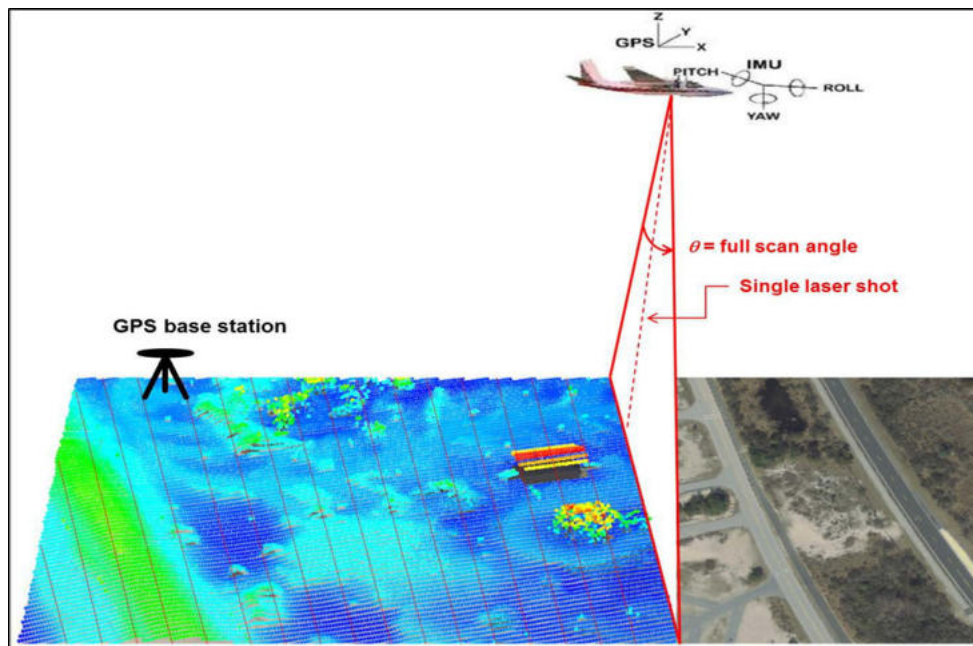
Категорија (ценовно ниво)	Високо
Развивач / добавувач	Hesai, Velodyne Lidar, Luminar, Leice, Ouster
Платформи	Global Mapper (со LiDAR-модул), CloudCompare, QGIS, GRASS GIS, LAsTools, UgCS
Типична лиценца	Типично комерцијална; GRASS GIS има и отворен код; LAsTools и UgCS исто така имаат алатки со отворен код.
Ниво на вештини	Високо ниво на образование и практично искуство
Типична примена во археологијата	LiDAR-системот може да детектира површински аномалии. Батиметрискиот LiDAR се користи и за проучување подводни објекти, како што се потонати населби и пловни објекти.

1) Што прави алатката (краток опис)

LiDAR — ласерска алтиметрија (гранка на геометријата што се занимава со мерење висини) — е акроним од light detection and ranging. Станува збор за технологија за далечинско набљудување која емитува силни, фокусирани

зраци светлина и го мери времето потребно рефлексите да бидат детектирани од сензорот. Тридимензионалните координати (на пр., x , y , z или географска ширина, должина и надморска височина) на целните објекти се пресметуваат врз основа на временската разлика меѓу емитувањето и враќањето на ласерскиот пулс, аголот под кој пулсот бил „испукан“ и апсолутната положба на сензорот на или над површината на проучуваниот објект.

Светлосното мапирање е метод за создавање точни и директно геореференцирани просторни информации за обликот и карактеристиките на објектите. Овие технологии им овозможуваат на научниците, картографите и археолозите со поголема точност, прецизност и флексибилност да ја проучуваат природата и изградената средина во широк опсег на размери (сл. 1).



Слика 1: Схематски приказ на воздушен LiDAR што врши линеарно скенирање, при што се добиваат паралелни линии од измерени точки.

Извор на слика: <https://www.cnblogs.com/>

2) Работен тек и образовна примена

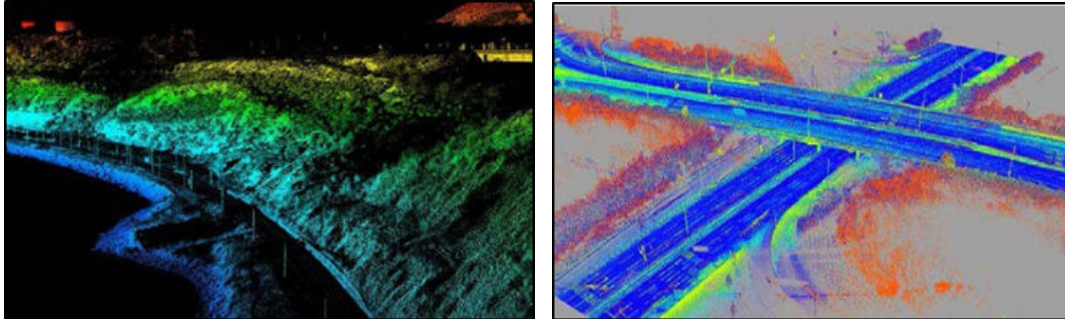
Технологиите за далечинско набљудување се делат на пасивни и активни, во зависност од изворот на енергија што се користи за откривање на одредена цел. Пасивните системи детектираат зрачење што го создава надворешен извор на енергија, како што е сонцето, додека активните системи создаваат и насочуваат енергија кон целта, а потоа го детектираат зрачењето. LiDAR-системите се активни системи; тие емитуваат светлосни пулсови (односно ласерски зраци) и ја детектираат рефлектираната светлина. Оваа особина овозможува податоците да се собираат ноќе, кога воздухот обично е почист, а небото содржи помалку воздушен сообраќај отколку преку ден. LiDAR не може да продри низ облаци, дожд или густа магла и мора да се користи во добри временски услови.

LiDAR-системите овозможуваат да се „гледа под дрвјата“, што го олеснува прибирањето висински податоци преку далечинско набљудување над Земјината површина. Поголемиот дел од големите збирки на податоци се создаваат со технологии што не можат да продрат низ вегетација, но обично има доволно поединечни „точки“ за да се обезбеди соодветна покриеност во пошумени подрачја. Во практика, LiDAR може да гледа низ празнините во крошните или вегетацијата, што е особено корисно во археолошките проспекции.

LiDAR-сензорите можат да се постават на фиксни стативи и да создаваат точковни податоци со сантиметарска точност; особина што често се користи за мапирање на теренот при премер.

Современите навигациски и позициони системи овозможуваат користење водни и копнени мобилни платформи за прибирање податоци од земја и од воздух. Овие системи обично се поставуваат на возила со висок клиренс кога податоците се собираат од земја, и на дрoнови, хеликоптери, мали авиони и други летала кога податоците се собираат од воздух. Авионите и хеликоптерите се најчестите и најисплатливи платформи за добивање LiDAR-податоци за големи, континуирани подрачја. Посакуваните информации се добиваат со поставување систем во летало и летање над целното подрачје. Повеќето воздушни платформи можат да покријат околу 50 квадратни километри на час и притоа да создадат високопрецизни податоци што ги исполнуваат барањата на примената. Воздушните платформи се идеални и за прибирање батиметриски податоци во релативно чисти, плитки води. Комбинираните топографски и батиметриски LiDAR-системи на воздушни платформи се користат за мапирање на

крајбрежја и крајбрежни области, што е корисно за подводни истражувања (сл. 2).

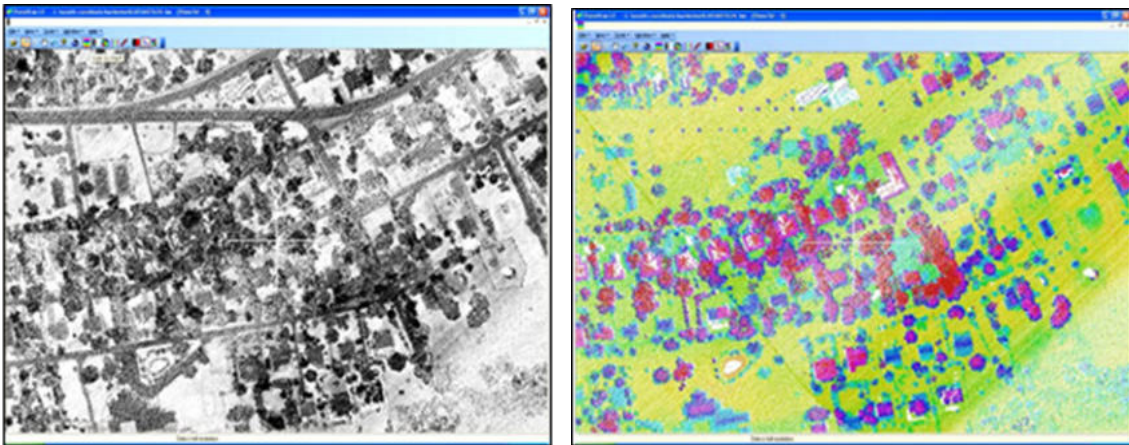


Слика 2. Мобилен LiDAR приборан од возило (лево) и од чамец (десно).
Слики обезбедени од Sanborn и Fugro.

Примената на LiDAR-технологијата во археологијата главно е поврзана со пребарување и лоцирање археолошки локалитети што ѝ се непознати на науката и сè уште не го привлекле вниманието на специјалистите. Една од причините за тоа може да биде густата вегетација и ограничениот пристап до локалитетот. Користењето на оваа иновативна технологија ефикасно ја елиминира вегетацијата, а по детална проверка на земјината површина и обработка на податоците од истражуваното подрачје, стануваат видливи траги од материјал што очигледно не припаѓа на природниот околн терен. Благодарение на LiDAR-технологијата, списокот на археолошки локалитети значително порасна во последниве години. Овој тип истражување се користи кога теренот е многу нерамен, стрмен или густо обраснат, што го отежнува движењето по него. Методот најчесто се применува за откривање траги од населби, тврдини, градби, поединечни могили, некрополи итн. Откако ќе се претпостави постоење на локалитет, конкретната област се истражува и ја посетуваат специјалисти. Се преземаат мерења на територијалниот опфат на локалитетот, а од површината се собира материјал што им помага на археолозите што попрецизно да го датираат периодот на негово функционирање.

Инерцијалните мерни единици (IMU) и инерцијалните навигациски системи (INS) се клучни за обезбедување точно позиционирање на истражуваните објекти. Овие системи можат да мерат движење во сите правци и да ги

претвораат тие мерења во конкретна положба. Сепак, не се совршени и ја губат точноста по кратко време (на пр., 1 секунда). За „ажурирање“ или „ресетирање“ на INS или IMU секоја секунда се користи високо софистициран GPS-уред што бележи неколку видови сигнали од GPS-сателити. GPS-позициите ги бележат и леталото и земјена станица со позната позиција. Податоците обично се во растерски датотеки со формати како GeoTiff (.tif), Esri Grid (.adf), floating point raster (.flt) или ERDAS Imagine (.img). Во некои случаи податоците се достапни и во TIN-формат (на пр., Esri TIN). Во случај на растерски податоци, тие се создаваат од точковни датотеки и можат да се интерполираат со многу различни техники (сл. 3).



Слика 3. LiDAR-точки обоени за да претстават различни атрибути на податоците.

Извор на слика: <https://www.cnblogs.com/>

Извор на слика: <https://www.cnblogs.com/>

3) Пример(и) / теренска работа со LiDAR

Во работна средина студентите се запознаваат со спецификите на работата со LiDAR-систем. Потребни се специфични вештини, кои се стекнуваат со достапност на LiDAR и завршување специјализирана обука. Ако системот е прикачен на дрон, студентите мора да поминат и пилотска обука. На обучуваните им се даваат сурови податоци извлечени од радарски систем, кои тие се обидуваат да ги толкуваат и споредуваат со сателитски снимки од различни временски периоди (со и без листови на дрвјата) и да ги споредат со податоците. По детално разгледување на собраниот материјал,

посета на локалитетот со претпоставените структури и преглед на теренот, можно е да се лоцира подрачје што може да се толкува како археолошки локалитет што претходно не бил регистриран.

Во работна средина студентите учат за спецификите на работата со LiDAR-систем. Потребни се специфични вештини, кои се стекнуваат преку достапност до LiDAR и завршување специјализирана обука. Ако системот е прикачен на дрон, студентите мора да завршат и пилотска обука. На учесниците им се обезбедуваат сурови податоци извлечени од радарски систем, кои тие се обидуваат да ги толкуваат и споредуваат со сателитски снимки од различни временски интервали (со и без лисја на дрвјата) и да ги споредат со податоците. По детална анализа на собраните материјали, посета на локалитетот со претпоставените структури и преглед на теренот, можно е да се лоцира подрачје што може да се толкува како археолошки локалитет кој претходно не бил регистриран.

4) Предности и ограничувања (LiDAR)

Предности	Ограничувања / барања
<ul style="list-style-type: none"> • Можност за користење LiDAR-системи поставени на мали летала (дронове, мали авиони) и возила со висок клиренс, кои се лесно достапни и ја поддржуваат работата на стручњаците. • Помага во откривање нови археолошки локалитети од далечина. • Обезбедува проширена видливост на големи површини и можност за следење поединечни локалитети и нивната врска со комплекси и структури. • Воздушното LiDAR-скенирање овозможува пристап до информации под дрвја и друга вегетација, што им помага на археолошките активности. • Добиените податоци се подготвени за автоматизирана обработка и анализа. 	<p>Работата со LiDAR-систем бара специјализирана обука.</p> <p>Набавката на LiDAR-опрема бара значителни финансиски средства.</p> <p>Монтирањето на беспилотни и пилотирани летала бара посебни оперативни вештини.</p> <p>Ефикасноста на LiDAR-системите се намалува во лоши временски услови, бидејќи ласерските пулсови можат да бидат расфрлани или блокирани, што доведува до неточни податоци и празнини во скенирањето.</p> <p>LiDAR-системите создаваат сложени и обемни податоци и бараат специјализиран софтвер за обработка и анализа.</p>

5) Технички барања

Софтвер: LP360 универзален софтвер за обработка на LiDAR-податоци, ласерско скенирање и фотограметрија; бесплатни LiDAR-софтверски алатки и прегледувачи: QGIS 3, Fugro Viewer, Plas.io, SAGA GIS (Automated Geoscientific Analysis System), GRASS: Geographic Resource Analysis Support System

Хардвер: LiDAR сензор/скенер. Систем за позиционирање и навигација (GPS/GNSS и IMU). Минимум 8 GB RAM, а за обработка на големи облаци на податоци се препорачуваат 32 GB или повеќе. Процесор (CPU). Двојадрен Intel Core i5 / i7 или повисок, со основна работна фреквенција од најмалку 4 GHz. Видео-картичка (GPU) со моќна NVIDIA графика со најмалку 2–4 GB видео-меморија, со поддршка за технологии како OpenGL 4.6. SSD (Solid-state drive) за брз пристап и обработка на големи количини податоци

Формати на датотеки: LAS, LAZ, ASCII, E57.

Формати на датотеки: LAS, LAZ, ASCII, E57.

6) Етички аспекти и аспекти поврзани со податоците

При започнување планирани археолошки истражувања, при посета на локалитет, доколку тој се наоѓа на приватен имот, соодветно е да се побара дозвола од сопствениците за спроведување на истражувањето. Доколку се откријат нови објекти непознати за науката, сопствениците треба прво да бидат известени.

Кога започнуваат планирани археолошки истражувања, при посета на локалитетот, ако тој е на приватен имот, соодветно е да се побара дозвола од сопствениците за спроведување на истражувањето. Ако се откријат нови објекти што ѝ се непознати на науката, сопствениците треба најнапред да бидат известени.

7) Брз почеток (опционално)

- Откривање нови археолошки локалитети, подрачја, градби и други структури скриени под вегетација или почва со користење LiDAR, без потреба од физичко ископување.

- Прецизно мапирање на археолошки локалитети со LiDAR и создавање точни и детални картографски модели на археолошките локалитети за да се олесни планирањето на ископувања, конзервација и управување со проучуваниот локалитет.
- Анализа на распределбата на археолошките локалитети во рамките на целокупната структура на пејзажот, што обезбедува информации за древни транспортни мрежи, водни системи и земјоделски практики.
- Следење и проценка на динамиката на животната средина и потенцијалните закани за археолошките локалитети, како што се ерозија, пошумување или човечка активност.
- Реставрација и визуелизација на археолошки локалитети. Тридимензионалните слики создадени со LiDAR ја олеснуваат реставрацијата и визуелизацијата на археолошките локалитети и структури.
- Откривање нови археолошки локалитети, подрачја, градби и други структури скриени под вегетација или почва со користење LiDAR, без потреба од физичко ископување.

www.csc.noaa.gov

www.asprs.org/a/society/committees/lidar/lidar_format.html

www.asprs.org/a/society/committees/lidar/Downloads/Vertical_Accuracy_Reporting_for_Lidar_Data.pdf

- Следење и проценка на динамиката на животната средина и потенцијалните закани за археолошките локалитети, како што се ерозија, пошумување или човечка активност.

Campana, S., & Dabas, M. (2011). *Archaeological research and remote sensing sensors*. Cambridge University Press.

White, S., C. Parrish, B. Calder, S. Pe'eri, and Y. Rzhanov. 2011. "LIDAR-Derived National Shoreline: Empirical and Stochastic Uncertainty Analyses." *Journal of Coastal Research*. Special Issue 62.

ASPRS. 2007. "Common Lidar Data Exchange Format – .LAS Industry Initiative."

8) Референци и линкови

Официјална страница / документација	www.csc.noaa.gov
Веб-страница	www.asprs.org/a/society/committees/lidar/lidar_format.html www.asprs.org/a/society/committees/lidar/Downloads/Vertical_Accuracy_Reporting_for_Lidar_Data.pdf
Литература	Campana, S., & Dabas, M. (2011). Archaeological research and remote sensing sensors. Cambridge University Press. White, S., C. Parrish, B. Calder, S. Pe'eri, and Y. Rzhanov. 2011. "LIDAR-Derived National Shoreline: Empirical and Stochastic Uncertainty Analyses." Journal of Coastal Research. Special Issue 62. ASPRS. 2007. "Common Lidar Data Exchange Format – .LAS Industry Initiative."

Алатка 2: Географски информациски систем GIS

Категорија (ценовно ниво)	Средно
Развивач / добавувач	Развој на софтвер: дизајн и имплементација на GIS-апликации, веб-мапи и алатки со користење програмски јазици како C#, Python, JavaScript
Платформи	ArcGIS (Esri), ArcGIS Pro, ArcMap, ArcGIS Online, GeoNode
Типична лиценца	Типично комерцијална, но постои можност и за користење со отворен код.
Ниво на вештини	Напредно
Типична примена во археологијата	GIS се користи како преферирана алатка во археологијата кога станува збор за тешко достапни подрачја за проспекција и откривање нови локалитети.

1) Што прави алатката (краток опис)

Географскиот информациски систем (GIS) е компјутерски базиран систем што создава, објавува, регистрира и складира електронски документи. Тој опфаќа основен софтвер и катастарски апликациски системи. Неговите можности овозможуваат интеграција на одделни тематски слоеви од просторни информации што одразуваат различни географски податоци — надморска височина, почва, вегетациска покривка, вода, населби, патишта итн. Комбинирањето на овие информации овозможува формулирање различни прашања и спроведување сеопфатна анализа на географската средина и нејзините поединечни елементи, земајќи ги предвид различните фактори на влијание. Географските податоци во GIS се основен елемент што овозможува прецизно да се одреди местоположбата на даден објект, вклучително и археолошки, на Земјината површина преку систем на координати претставени во соодветен координатен систем и датум. Во суштина, координатниот систем, како математичка апстракција неповрзана со Земјата за лоцирање на позицијата на точка преку координати (обично географска ширина, должина и надморска височина), и датумот, кој ја дефинира семантиката на координатниот систем и неговата врска со Земјата во хоризонтална и вертикална рамнина, се основните компоненти на еден координатен референтен систем.

За да се претстави моделот на тридимензионалната Земјина површина (приближно сфатена како елипсоид, сфера или геоид) во дводимензионална рамна слика на карта, потребно е да се примени картографска проекција, која ги определува обликот, површината, растојанието и правецот на просторните објекти.

Концептот и филозофијата зад развојот на GIS се насочени кон создавање цврста база на податоци за воспоставување единствен информациски систем, како неопходна алатка за надградување на конвенционалните методи, со користење моќни алатки како GIS за управување и анализа на тековните процеси (сл. 1).



Слика 1. GIS. Извор на слика: <https://www.online.uc.edu/>

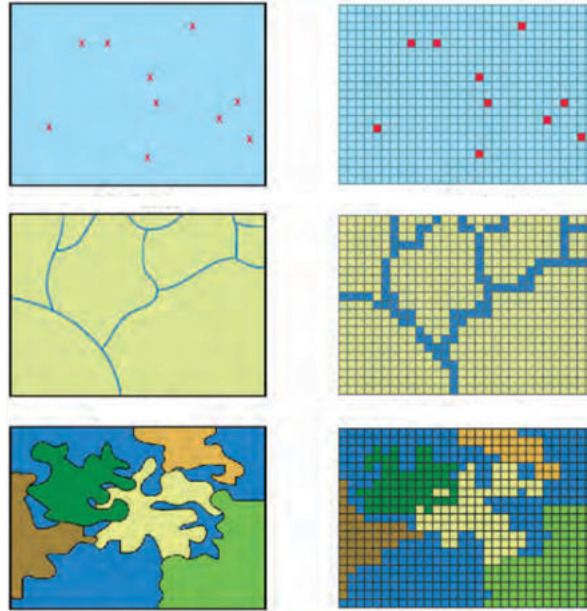
2) Работа со растерски и векторски формати

GIS-софтверот овозможува работа со различни векторски и растерски формати на датотеки — GeoTIFF, ECW, Esri GRID, IMG, AutoCAD, DXF, Keyhole Markup Language (KML), Shapefile Esri, GeoJSON итн. — при што предност се дава на еден или друг формат во зависност од целите на анализата што се спроведува. Во споредба со растерските формати, векторските формати содржат информации за координатите на точките долж контурите на објектот, па затоа се и помали по големина на датотека (сл. 1).

За целите на археологијата, GIS се користи за регистрирање новооткриени археолошки локалитети.

Во изминатата деценија археолозите брзо се приспособија на GIS, што се должи на фактот дека повеќето специјалисти веќе добро ги познаваат компјутерските технологии и лесно ги прифаќаат иновациите во оваа област. Главните функции што се користат се поврзани со реконструкција на теренски модели, компјутерско мапирање и користење DEM во проучуваните подрачја, било само за визуелизација, компјутерски

симулации или предиктивно моделирање за донесување просторни одлуки, како и за контролирано управување со културното наследство (сл. 2).



Слика 2: Споредба меѓу растерски и векторски модели на геометриски податоци.

Извор на слика: Esri

2а) Географски информациски системи за археолошки цели

За археолошки цели, GIS главно се користи за регистрирање новооткриени археолошки локалитети.

Во последната деценија археолозите брзо се приспособија на GIS, што се должи на фактот дека повеќето специјалисти веќе се добро запознаени со компјутерските технологии и лесно ги прифаќаат иновациите во оваа област. Главните функции што се користат се поврзани со реконструкција на теренски модели, компјутерско мапирање и употреба на DEM во проучуваните подрачја, било само за визуелизација, компјутерски симулации или предиктивно моделирање за донесување просторни одлуки, како и за контролирано управување со културното наследство.

GIS им обезбедува на археолозите широки можности за собирање податоци и геореференцирање преку интеграција на слоеви, просторна анализа,

визуелизација и интерпретација. Општиот однос на археологијата кон GIS ни овозможува да се насочиме кон неговата употреба не само како алатка за складирање, обработка и визуелизација, туку пред сè како средство за сложена просторна анализа преку многубројните функции што ги нуди софтверот. Откривањето на аналитичкиот потенцијал на GIS е во средиштето на истражувањата на повеќе научници кои ја потврдуваат неговата примена во археологијата и ги поставуваат темелите на предиктивното моделирање за утврдување претпоставени локации на објекти преку статистички екстраполации и корелации. Во таа насока, можат да се издвојат две главни перспективи на неговата употреба — во управувањето со културното наследство и во просторната анализа на археолошките пејзажи, кои најшироко одговараат на неговото практично и научно значење.

Иако ги користат истите алатки, нивните крајни цели се различни и затоа бараат различни пристапи. Во поглед на управувањето со културното наследство, GIS нуди добри можности за организирање големи збирки на податоци и одржување регистри на културни споменици преку брз пристап до информации од различни државни или научни организации. Како метод, предиктивното моделирање овозможува пресметување на потенцијалниот обем на археолошки споменици во подрачја каде што не се спроведени целосни археолошки истражувања. Додека во чисто научните истражувања предиктивното моделирање служи за формулирање и тестирање хипотези, во управувањето со културното наследство тоа мора да обезбеди сигурна процена на веројатноста за појава на археолошки локалитети во секое подрачје. Од големо значење за научниот аспект е т.н. плурализам во GIS, односно можноста да се прифатат, конструираат и аргументираат повеќе хипотези во едно археолошко истражување во зависност од варијациите. Во таа смисла, GIS не треба да се перципира како алатка што потврдува едно единствено точно решение, што всушност е клучна точка на научниот пристап во хуманистичките науки.

Современите развои во науката водат кон сè поширока интеграција на различни истражувачки области во рамките на интердисциплинарен и трансдисциплинарен пристап. Израз на овој тренд е предложениот концепт „дигитална геоархеологија“ — спој на развоите во археологијата на пејзажот, геоархеологијата, археометријата, науките за Земјата и компјутерските технологии, кој се појавува како поле на примена на GIS.

Значителен поттик за усвојување на GIS меѓу алатките на археологијата, а со тоа и на неговите главни можности за складирање, обработка и визуелизација на податоци, дадоа теренските истражувања спроведувани во рамките на големи инфраструктурни проекти, изведени според стандардизирана методологија со користење мобилен GIS.

3) Пример(и) / студија на случај (GIS)

За прецизно да се утврди точната местоположба на новооткриен археолошки локалитет, група студенти треба да го посети локалитетот заедно со специјалисти (археолози и геодети). По неговото откривање на терен, студентите го прегледуваат околниот простор со цел да соберат материјал од површината и да им го предадат на специјализирани археолози за почетно датирање. Потоа следува снимање на структурите со геодетски инструменти и обработка на добиените податоци. GIS ни овозможува да внесеме конкретни детали за природата и датирањето на археолошкиот локалитет, покрај неговата точна локација.

4) Предности и ограничувања

Предности	Ограничувања / барања
<p>Брза и точна локализација</p> <p>Можност за утврдување детални параметри од далечина.</p> <p>Можност за идентификување други археолошки локалитети и комплекси што се наоѓаат блиску еден до друг, врз основа на претходни истражувања.</p> <p>Детални информации за датирањето и функциите на археолошкиот локалитет.</p> <p>GIS помага при донесување поинформирани и подобри одлуки.</p> <p>Оваа технологија се применува во проучувањето на објекти и појави и во анализата во археологијата.</p> <p>Употребата на географски информациски системи (GIS) при проспекции овозможува собирање</p>	<p>Може да биде потребно плаќање или ексклузивен пристап до услугата.</p> <p>Серверот бара голема база на податоци.</p>

<p>голем обем информации и согледување на актуелните состојби.</p> <p>GIS овозможува да се обединат сите податоци поврзани со проучувањето на археолошките локалитети, како и пристап до тие информации на различни нивоа — за научници, за јавноста, за образовни цели итн.</p> <p>Тие исто така даваат добра можност за промоција на културните вредности откриени во истражувањата.</p>	
--	--

5) Технички барања

Софтвер: ArcGIS Pro (водечки комерцијален софтвер), QGIS (бесплатен софтвер со отворен код), gvSIG, MapInfo, ArcGIS Server, MapServer, ArcGIS for Mobile, GISExplorer Desktop; QGIS.bg.

Хардвер: EDM – ITRC; GRASS; SAGA.

6) Етички аспекти и аспекти поврзани со податоците

Во случаи кога местото каде што треба да се спроведе интердисциплинарното истражување е во приватна сопственост, покрај тоа што е потребно навремено и уредно да се издаде дозвола, мора да се побара и согласност од сопственикот за спроведување на ископувањата.

7) Брз почеток (опционално)

- Мапирање археолошки локалитети врз основа на нивниот статус; анализа на нивната положба во однос на современата географска средина.
- Додавање геоподатоци, атрибутни податоци и земјишна покривка во основниот GIS.
- Идентификување фактори што придонесуваат за појава и функционирање на населбите.

- Параметризирање на просторните односи врз основа на веќе утврдени врски, определување индикатори за предиктивна процена, изработка на GIS-слоеви што одговараат на факторите и нивните показатели (buffer – water, buffer – mounds итн.).
- Категоризација на клетките според поединечни индикатори и интегриран GIS-модел со слоеви — прогнозни модули и можности за филтрирање на клетките со највисок потенцијал.
- Проширување на референтната територија, синтетизирање на најважните карактеристики на населбените системи и влијанието на факторите во различни периоди од историскиот развој, зголемување на деталноста со користење помали просторни модули, прецизирање на ранг-вредностите, вклучување попрецизни геоподатоци итн.

8) Референци и линкови

Веб-страница	www.ndep.gov/NDEP_Elevation_Guidelines_Ver1_10May2004.pdf www.csc.noaa.gov/digitalcoast/_/pdf/Lidar-provisioning-guidance.pdf http://campus.esri.com http://www.spatialanalysisonline.com/index.html
Литература	<p>Longley P., Goodchild M., Maguire D., Rhind D. 2005. Geographical Information Systems and Science (2nd edn). John Wiley & So.</p> <p>Kemp K. (ed.). 2008. Encyclopedia of Geographic Information Science. SAGE Publ.</p> <p>Kraak M-J., Ormeling F. 2010. Cartography: Visualization of Geospatial Data (3rd edn). Pearson.</p> <p>De Smith M., Goodchild M., Longley P. 2015. Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools (5th edn).</p>

Метаподатоци за поднесокот

Партнер (институција)	SCAS
Соработници (имиња и улоги)	Вонр. Проф., д-р Росен Петков (автор), Борјана Савова (истражувач)
Јазик	Англиски
Датум	19.11.2025
Контакт е-пошта	rosen@scas.bg, bsavova@scas.bg

Алатка 3: Дигитална епиграфика: користење RTI и 3D-скенирање за документирање и анализа на површини со натписи.

Категорија (ценовно ниво)	Ниско / средно
Развивач / добавувач	Relight: relightable images (RTI) Од Visual Computing Lab of ISTI / CNR (Пиза, Италија). Со отворен код е.
Платформи	Windows / macOS / Linux
Типична лиценца	Со отворен код
Ниво на вештини	Почетно / средно
Типична примена во археологијата	документирање и анализа на површини со натписи

1) Што прави алатката (краток опис)

Тоа е поле на практика во рамките на археологијата и епиграфските студии што користи дигитални алатки (RTI, фотограметрија, 3D скенирање, ласерско скенирање, дигитално цртање) за документирање, анализа и објавување натписи. Reflectance Transformation Imaging (RTI) е дигитален метод на снимање што го регистрира начинот на кој светлината взаимодействува со површината, така што еден објект се фотографира повеќепати под различни агли на осветлување. 3D скенирањето во археологијата користи ласерски скенери или уреди со структурирана светлина за да ја забележи прецизната геометрија на артефакти, натписи и архитектонски елементи, создавајќи дигитални модели со висока резолуција. Двата метода можат дигитално многу повеќе да ја подобрат видливоста на површината отколку стандардната фотографија, што ги прави исклучително корисни за читање траги, абење на површината или техники на врежување кај оштетени или изветвеани археолошки натписи.



Слика 1: Визуелизација на нормали од RTI Viewer 1.1. Станува збор за приказ во лажни бои што ја покажува ориентацијата на нормалите на секој пиксел и го олеснува читањето на површинските карактеристики. Извор на слика: Cultural Heritage Science Open Source



Слика 2: 3D скенирање со пренослив скенер, мал lightroom и ротирачка платформа. Извор на слика: Student Computer Art Societ

2) Работен тек и образовна примена

RTI природно се вклопува и во теренската и во постископувачката документација. Истражувачите можат да фотографираат артефакти, натписи или архитектонски површини од фиксна позиција на камерата и со систематски менувани агли на осветлување. Во постобработката, овие збирки слики се комбинираат во софтвер (на пр. RTIBuilder (legacy software) или RelightLab) за да се создаде RTI-датотека што овозможува интерактивно повторно осветлување.

Типичниот работен тек започнува со снимање на објект или површина со скенер со структурирана светлина или ласерски скенер за да се добијат густе облаци од точки. Потоа овие скенови се чистат, порамнуваат и спојуваат во софтвер за да се добие водонепропустлива, точно размерена 3D-мрежа. Крајниот модел може да се анализира за површински детали, да се споредува со други збирки на податоци или да се објави за истражување, конзервација и јавен ангажман. Софтвер со отворен код што може да помогне во оваа задача се MeshLab, CloudCompare, Blender и многу други.

Во текот на анализата се истражуваат ситни детали, како траги од алатки, избледени натписи, длабочина на врежување или траги од изветвеност што тешко се забележуваат со стандардна фотографија. На крај, за презентација и дисеминација, RTI-датотеките и 3D-моделите можат да се рендерираат и споделуваат со студенти, колеги и јавноста, овозможувајќи виртуелен, недеструктивен увид во објектите.

Предложени микро-исходи од учењето:

- Идентификување на клучните RTI-функции релевантни за археологијата.
- Спроведување основен RTI-работен тек: снимање мала серија фотографии со различно осветлување, обработка во софтвер и преглед на резултатот.
- Толкување на RTI-излезите преку опишување на воочените површински карактеристики и дискутирање за ограничувањата.

2a) Знаења и вештини на експертот (3D скенирање + RTI)

- Основни знаења: основи на дигиталното снимање и 3D-геометријата; интеракција на светлината со површините; облаци од точки, мрежи и типови RTI-датотеки.

- Практични вештини: ракување со скенери или камерски поставки, прибирање висококвалитетни податоци, порамнување/чистење мрежи, обработка RTI-слики и извоз на употребливи резултати.
- Препорачана основа: воведна обука по дигитална документација; познавање на алатки како MeshLab, CloudCompare или RTIBuilder/RelightLab.
- Време до оспособување: 10–20 часа за основниот работен тек

3) Пример(и) / студија на случај (RTI со минимална опрема)

Во наставна лабораторија, студентите документаат монета користејќи фиксна камера и повеќе рачни позиции на светло. Сликите се обработуваат во RelightLab за да се создаде RTI-датотека, што овозможува интерактивно повторно осветлување на површината на монетата. Добиениот модел открива фини детали како истрошени натписи, ознаки на ковница и суптилни релјефни карактеристики што тешко се гледаат под вообичаено осветлување. Студентите вежбаат толкување на овие карактеристики, споредуваат траги од абење и стилови на гравирање и дискутираат што тие укажуваат за циркулацијата и ковањето. Оваа вежба покажува како RTI и RelightLab ја подобруваат анализата на површината и го поддржуваат практичното учење во дигиталната епиграфика.

4) Предности и ограничувања (3D скенирање + RTI)

Предности	Ограничувања / барања
Детално снимање на површината Недеструктивно Интерактивна анализа и визуелизација Поддржува документација, настава и објавување Се интегрира со други дигитални работни текови	Потребна е опрема (скенер, камера, извор на светлина, статив) Софтверот има крива на учење RTI не работи добро со рефлексивни или големи површини Време за обработка и складирање податоци Потребно е одредено техничко знаење

5) Технички барања

Софтвер: RelightLab, MeshLab, CloudCompare, Blender, COLMAP/OpenMVS (фотограмetriја).

6) Етички аспекти и аспекти поврзани со податоците

Кај 3D скенирањето и RTI, етичките и податочните аспекти вклучуваат внимателно ракување со артефактите, почитување на дозволите за културно чувствителни објекти и избегнување објавување точни локации на локалитети.

7) Брз почеток (опционално)

Поставување – Поставете го објектот на стабилна површина; фиксирајте ја камерата/скенерот и контролирајте го осветлувањето.

Снимање – Направете повеќе фотографии за RTI или скенирајте го објектот за 3D.

Обработка – Користете RelightLab (RTI) или MeshLab/CloudCompare (3D).

Истражување – Интерактивно прегледајте го RTI или 3D-моделот.

Извоз – Зачувајте ги резултатите за анализа или презентација.

Документирање – Запишете основни метаподатоци за репродуктивност.

8) Референци и линкови

Официјална страница на RelightLab	https://vcg.isti.cnr.it/vcgtools/relight/
Онлајн Web3D-презентација на трудот A Compact Representation of Relightable Images for the Web	Онлајн Web3D-презентација
Труд: A Compact Representation of Relightable Images for the Web	https://vcg.isti.cnr.it/vcgtools/relight/compact-representation-relightable.pdf
3D Laser Scanning for Heritage:	https://historicengland.org.uk/images-books/publications/3d-laser-scanning-heritage/heag155-3d-laser-scanning

Advice and Guidance on the Use of Laser Scanning in Archaeology and Architecture	
Dense Point Cloud	https://pressbooks.bccampus.ca/ericsaczuk/chapter/chapter-2-1-dense-point-cloud/

**Алатка 4: Масена спектрометрија (AMS, ICP-MS):
високопрецизна анализа за радиојаглеродно датирање,
утврдување потекло и анализа на остатоци.**

Категорија (ценовно ниво)	Високо
Развивач / добавувач	Вообичаени провајдери се компании како Thermo Fisher Scientific, Bruker, Agilent Technologies и специјализирани истражувачки установи или универзитетски лаборатории што ракуваат со AMS или ICP-MS инструменти за археолошка анализа.
Платформи	Зависи од хардверот
Типична лиценца	Типична лиценца
Ниво на вештини	Напредно
Типична примена во археологијата	Се користи за прецизно радиојаглеродно датирање, следење на елементарниот состав и анализа на остатоци за реконструкција на хронологијата и минатите човечки активности.

1) Што прави алатката (краток опис)

Масената спектрометрија (AMS / ICP-MS) е високопрецизна аналитичка техника што се користи за мерење на елементарниот или изотопскиот состав на археолошки материјали. Акцелераторската масена спектрометрија (AMS) овозможува исклучително прецизно радиојаглеродно датирање од многу мали примероци, додека Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) идентификува елементи во трагови и изотопи за утврдување

потекло на суровини или анализа на остатоци. Овие методи откриваат хронолошки информации, потекло и модели на употреба кај артефакти како керамика, метали или органски остатоци.



Слика 3: Конзерваторски научник од Indianapolis Museum of Art што изведува течна хроматографија–масена спектрометрија. Извор на слика: Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0

2) Работен тек и образовна примена

Масената спектрометрија првенствено се користи во постископувачката анализа. Примероците собрани на терен (на пр. јаглен, коска, керамика, метал или остатоци) внимателно се подготвуваат во лабораторија, често со хемиски третман или дигестија. Инструментот AMS или ICP-MS го мери изотопскиот или елементарниот состав, создавајќи прецизни податоци за радиојаглеродно датирање, студии за потекло или анализа на остатоци. Потоа аналитичарите ги толкуваат резултатите за да реконструираат хронологија, извори на суровини или минати човечки однесувања, кои можат да се претстават во извештаи, публикации или да се вклучат во 3D-визуелизации на артефакти и локалитети.

Наставниците можат да ја вклучат масената спектрометрија во наставата преку мини-проект со обезбедени збирки на податоци. Студентите можат да истражуваат реални AMS/ICP-MS резултати, да вежбаат толкување изотопски или елементарни модели и да ги поврзат наодите со археолошки прашања. Домашните задачи можат да вклучуваат споредување збирки на податоци или процена како квалитетот на примерокот влијае врз

результатите. Дополнително, едукативна посета на лабораторија што работи со масена спектрометрија и разговор со експерт таму може да бидат многу корисни за студентите.

2а) Знаења и вештини на експертот (техничар / аналитичар за масена спектрометрија)

- Основни знаења: аналитичка хемија, масена спектрометрија (AMS / ICP-MS), изотопи, елементи во трагови, подготовка на примероци, лабораториски стандарди, формати на податоци, контрола на квалитет
- Практични вештини: работа со инструменти и софтвер, безбедна подготовка и обработка на примероци, спроведување контрола на квалитет, решавање проблеми, извоз на податоци, толкување спектри и резултати
- Препорачана основа: диплома или обука по хемија/геохемија, лабораториско искуство со хемикалии и инструменти, тимска работа со археолози и конзерватори
- Време до оспособување: за самостојна работа — месеци под надзор; за напредна експертиза — години практика

3) Пример(и) / студија на случај (кратко)

Реалистично почетно искуство за студентите може да биде едукативна посета на AMS или ICP-MS лабораторија, што би вклучувала вовед во лабораторијата и обиколка водена од експерт за масена спектрометрија, со преглед на инструментите и работните протоколи. Техничарот може да демонстрира како се внесуваат и мерат примероците, истакнувајќи ги клучните чекори во ракувањето со AMS или ICP-MS. Потоа студентите можат да ги истражуваат добиените податоци користејќи го софтверот на инструментот. Сесијата може да заврши со разговор меѓу групата и експертот/техничарот, проследен со кратка рефлексивна од студентите.

4) Предности и ограничувања

Предности	Ограничувања / барања
Висока прецизност и чувствителност Потребна е минимална големина на примерок Овозможува датирање, утврдување	Високи трошоци за инструментите и нивното одржување Потребна е специјализирана лабораторија и обучен кадар

<p>потекло и анализа на остатоци Поддржува цврста археолошка интерпретација Создава квантитативни и репродуктивни податоци</p>	<p>Подготовката на примероците може да биде сложена Методот е деструктивен за малите примероци Стрмна крива на учење за работа и толкување на податоците</p>
--	--

5) Технички барања

Минимален хардвер: лабораториски AMS или ICP-MS инструмент; опрема за подготовка на примероци (ваги, садови за дигестија, пипети, аспиратор); компјутер за контрола на инструментот и анализа на податоците

Зависности / забелешки: потребни се услови за чиста лабораторија и безбедносни протоколи; хемикалии и потрошен материјал за дигестија на примероци; калибрациски стандарди и референтни материјали за точност; работа под надзор на обучен персонал.

6) Етички аспекти и аспекти поврзани со податоците

AMS и ICP-MS често бараат мали, но деструктивни примероци, па затоа се неопходни дозволи и минимизирање на одземениот материјал.

7) Референци и линкови

Видео: How ICP-MS Works: A Detailed Guide to Its Working Principles	https://youtu.be/Zer537veqW0?si=NFpljZQazDUfFat_&t=1
Accelerator Mass Spectrometry (AMS) Dating	https://www.radiocarbon.com/accelerator-mass-spectrometry.htm

Метаподатоци за поднесокот

Партнер (институција)	УКИМ
Соработници (имиња и улоги)	М-р Кирил Денковски (автор), проф.д-р Ирена Теодора Весевска (автор)
Јазик	Англиски
Датум	13.10.2025
Контакт е-пошта	k.denkovski@gmail.com, irenap@fzf.ukim.edu.mk

Алатка 5: Геофизичка проспекција (GPR, магнетометрија): подповршинско снимање за недеструктивно откривање закопани структури.

Категорија (ценовно ниво)	Високо
Развивач / добавувач	Компанија (производители на опрема и софтвер)
Платформи	Windows / macOS (обработка); теренски системи специфични за производителот
Типична лиценца	Комерцијална (типично); некои академски/образовни лиценци
Ниво на вештини	Средно
Типична примена во археологијата	Недеструктивни техники за подповршинско снимање се користат за откривање и мапирање закопани археолошки објекти, структури или аномалии преку мерење варијации во својствата на почвата и магнетните полиња.

1) Што прави алатката (краток опис)

Методите на геофизичка проспекција се суштински алатки во дигиталната археологија за недеструктивно истражување на закопани археолошки локалитети. Радарот за продирање во земја (GPR) и магнетометријата се техники што користат електромагнетни бранови и мерења на магнетното поле за да откријат подповршински аномалии што можат да укажуваат на сидови, грбови или артефакти без ископување на почвата.

Радарот за продирање во земја (GPR) е уред што го детектира присуството на објекти во земјата преку емитување радио-бранови и анализа на повратните сигнали создадени од рефлексивноста на брановите на места каде што постојат разлики во диелектричните својства на материјалот. Магнетните мерења ги бележат просторните варијации во Земјиното магнетно поле, а магнетометријата се користи и во копнената и во подводната археологија. Просторните податоци добиени со примена на GPR или магнетометрија се обработуваат во детални карти или тридимензионални површини, нудејќи увид во структурата и стратиграфијата на локалитетот. Со примена на овие техники, археолозите можат поефикасно да ги документираат и толкуваат локалитетите. Геофизичките истражувања го зачувуваат културното наследство, а истовремено ја подобруваат точноста на истражувањето и јавната презентација.

2) Работен тек и образовна примена

Во рамките на типичен археолошки работен тек, овие техники се применуваат првенствено пред почетокот на ископувањата. Податоците измерени на терен потоа се обработуваат со специјализиран софтвер за да се филтрира шумот, да се засили контрастот и да се пренесат просторните информации на конкретна платформа за понатамошна анализа и интерпретација. Археолозите ги анализираат и толкуваат аномалиите во однос на познатиот контекст на локалитетот, насочувајќи ги целните ископувања и намалувајќи ги непотребните нарушувања. Податоците добиени од GPR и магнетометрија, поткрепени со други современи дигитални техники (дигитални платформи, GIS, 3D-реконструкции итн.), помагаат во претставувањето и промоцијата на културното наследство пред академската и пошироката јавност. За да се постигне подобар континуитет во наставата, наставниците можат да ги претстават овие алатки преку 90-минутна лабораториска сесија што комбинира кратки демонстрации на опремата и вежби за интерпретација на податоци во софтвер. Како домашна задача, студентите би можеле да анализираат даден збир на податоци за да идентификуваат можни археолошки објекти. Развивањето мини-проект што би вклучувал споредба на предностите и ограничувањата

на GPR и магнетометријата на различни типови локалитети поттикнува критичко размислување за тоа како да се истражуваат и толкуваат податоците.

Предложени микро-исходи од учењето:

- Идентификување соодветни геофизички методи (GPR наспроти магнетометрија) за дадено археолошко истражувачко прашање и теренски услови.
- Спроведување основни чекори за планирање проспекција и прибирање податоци (поставување мрежа, калибрација, собирање податоци) и извоз на резултатите за понатамошна анализа.
- Толкување клучни аномалии и процена на несигурноста/ограничувањата, поврзувајќи ги резултатите со археолошки објекти и со одлуките за целни ископувања.

2а) Знаења и вештини на експертот (профил на улогата)

Геофизичките техники за проспекција, како што се радарот за продирање во земја (GPR) и магнетометријата, бараат комбинација од технички, аналитички и интерпретативни вештини. Иако овие алатки можат да ги користат геофизичари или обучени техничари, археолозите исто така мора да ги разбираат принципите на нивната употреба и интерпретација.

- Основни знаења: разбирање на геофизичките принципи, спроводливоста на почвата и магнетната подложност; познавање на археолошката стратиграфија и интерпретација врз основа на контекст.
- Практични вештини: калибрација и работа со опремата, прибирање податоци во различни теренски услови, обработка и визуелизација на геофизички податоци со специјализиран софтвер (на пр. TerraSurveyor, Geoplot).
- Препорачана основа: претходно теренско искуство во археолошка проспекција, обука по геофизичко мапирање и познавање на GIS за интеграција на просторни податоци.
- Време до оспособување: основно ракување може да се постигне по 1–2 недели надгледувана теренска работа; целосна компетентност во проектирање истражување, анализа на податоци и интерпретација обично бара неколку месеци практика и обука.

3) Пример(и) / студија на случај (кратко)

- Археолошкиот локалитет Градиште, село Црнобуки, град Битола, Македонија. Локалитетот е утврдена населба од хеленистичкиот и доцноантичкиот период. Откриени се делови од хеленистичка куќа, а во неа голем број примероци и фрагменти од квалитетна керамика, бронзени и сребрени монети од истиот период. На локалитетот се извршени мерења со GPR со цел прецизно спроведување на археолошките ископувања (сл. 1).



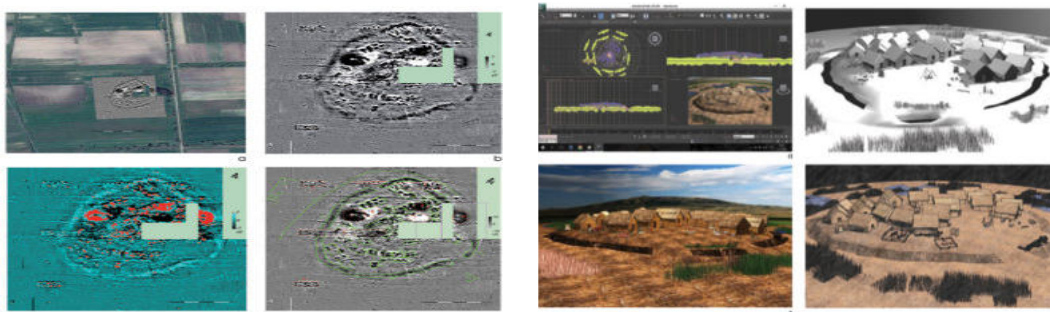
а)

б)

Сл. 1 а) Мерење со GPR. б) Резултати од мерењето со GPR.

Извор: Архива на авторите (UKIM), 2025.

- Археолошкиот локалитет Врбјанска Чука, село Врбјани, град Прилеп, Македонија, претставува тумба и неолитска населба карактеристична за Пелагонискиот регион. На археолошкиот локалитет се спроведени мултидисциплинарни истражувања, при што е извршено и геомагнетно скенирање. Благодарение на резултатите од ископувањата и магнетното скенирање, изработена е виртуелна реконструкција (сл. 2).



а)

б)

Сл. 2 а) Резултати од геомагнетно скенирање. б) Концептуална виртуелна реконструкција.

Извор: Архива на авторите (UKIM), 2025.

4) Предности и ограничувања

Техника	Предности	Ограничувања / барања
Радар за продирање во земја (GPR)	<ul style="list-style-type: none"> • Обезбедува вертикални и 3D профили на подповршината. • Детектира широк спектар материјали (камен, тула, празнини). 	<ul style="list-style-type: none"> • Ефикасноста зависи од почвените услови (суви, песокливи почви се идеални; глинести/влажни почви ја намалуваат пенетрацијата). • Потребни се внимателна калибрација и вешта обработка на податоците.
Магнетометрија	<ul style="list-style-type: none"> • Брзо собирање податоци на големи површини. • Чувствителна е на антропогени структури (изгорени површини, ровови, сидови). 	<ul style="list-style-type: none"> • Не може лесно да ја одреди длабочината на објектот. • Има ограничувања во откривањето немагнетни материјали (на пр. камен).

5) Технички барања

Аспект	Радар за продирање во земја (GPR)	Магнетометрија
Минимален хардвер	<ul style="list-style-type: none"> • GPR-единица со контролна конзола и антена (200–900 MHz, во зависност од длабочината на локалитетот). • GPS или тотална станица за геореференцирање. 	<ul style="list-style-type: none"> • Систем со fluxgate или цезиумско-парен градиометар. • GPS или тотална станица за поставување мрежа и геореференцирање.
Софтвер	<ul style="list-style-type: none"> • Комерцијални алатки за обработка (на пр. GSSI RADAN, Mala Object Mapper, EKKO_Project). 	<ul style="list-style-type: none"> • Алатки за обработка и визуелизација (Geoplot, ArchaeoSurveyor, MagPick).
Поддржан и формати	<ul style="list-style-type: none"> • Изворни GPR формати: .rd3, .dzt, .gpr, .DT1. 	<ul style="list-style-type: none"> • Изворни формати за магнетометрија: .xyz, .dat, .grd.

на податоци	• Опции за извоз: .csv, .txt, .tiff, .las, .shp.	• Опции за извоз: .csv, .txt, .tiff, .shp.
-------------	--	--

6) Етички аспекти и аспекти поврзани со податоците

Приватноста на податоците е од клучно значење, бидејќи координатите на локалитетите се чувствителни; јавното споделување точни локации може да доведе до грабежи.

Користењето стандардни формати при документирање обезбедува можност збирките на податоци повторно да се користат.

Културните и правните аспекти бараат истражувачите да се придржуваат до локалните закони за културно наследство и со почит да соработуваат со локалните заедници. Етичката практика обезбедува и заштита на археолошките ресурси и унапредување на научноистражувачкиот процес.

7) Референци и линкови

- Witten, A. J. (2005). Handbook of geophysics and archaeology. Routledge.
- Conolly, J., & Lake, M. (2006). Geographical information systems in archaeology. Cambridge University Press.
- Oswin, J. (2009). A field guide to geophysics in archaeology. Springer.
- Daly, P., & Evans, T. L. (Eds.). (2005). Дигитална археологија: Bridging method and theory. Routledge.
- Vukadinović, M. (2011). Primena geofizike u arheologiji. Kraljevo.

Алатка 6: ВИ и машинско учење: автоматизирање задачи како анализа на податоци, препознавање обрасци и класификација на артефакти.

Категорија (ценовно ниво)	Средно
Развивач / добавувач	Заедница со отворен код и компании (екосистем на алатки)

Платформи	Windows / macOS / Linux / Web (на пр. cloud notebooks)
Типична лиценца	Со отворен код (типично) + комерцијални cloud-сервиси (опционално)
Ниво на вештини	Средно
Типична примена во археологијата	Напредните пресметковни методи што ја автоматизираат анализата на податоци, препознавањето обрасци и класификацијата на артефакти ја зголемуваат ефикасноста и точноста на археолошките истражувања.

1) Што прави алатката (краток опис)

Алатките за вештачка интелигенција и машинско учење ја трансформираат дигиталната археологија преку автоматизирање на сложени задачи како анализа на податоци, препознавање обрасци и класификација на артефакти. Овие системи можат брзо да обработуваат големи множества податоци од ископувања, сателитски снимки и 3D-скенови, препознавајќи трендови и односи што може да им промакнат на истражувачите. Со обучување алгоритми врз основа на постојни археолошки записи, овие алатки можат да класифицираат артефакти, да откриваат карактеристики на локалитети, па дури и да предвидуваат потенцијални подрачја за ископување. Оваа автоматизација го забрзува истражувањето, ја зголемува точноста и ја намалува можноста за човечка грешка. Во крајна линија, анализата водена од ВИ ја поддржува документацијата и зачувувањето на културното наследство, правејќи ги археолошките податоци достапни, поконзистентни и полесни за толкување.

2) Работен тек и образовна примена

ВИ и МУ ги поедноставуваат работните текови, откриваат скриени обрасци и го поддржуваат донесувањето одлуки во археолошките истражувања.

Студентите можат да вежбаат основни работни текови, како подготовка на податоци, тренирање/тестирање модели и толкување на резултатите, притоа развивајќи критичка свест за квалитетот на податоците и пристрасноста во археолошките апликации.

Предложени микро-исходи од учењето:

- Идентификување соодветни пристапи на ВИ/МУ (на пр. класификација, групирање, предвидување) за конкретни археолошки збирки на податоци и прашања.
- Спроведување основен работен тек на машинско учење со подготвен збир на податоци (предобработка, тренирање, евалуација и извоз на резултати).
- Критичко толкување на резултатите од моделот, вклучувајќи несигурност, пристрасност и ограничувања при валидацијата, и нивно поврзување со археолошката интерпретација.

Во образованието, ВИ може да се воведе преку лабораториски вежби, домашни задачи и мини-проекти. На пример, 90-минутна лабораториска сесија може да ги обучи студентите да класифицираат слики на артефакти и да ја оценуваат точноста на моделот. Домашните задачи можат да вклучуваат примена на групирање или регресија на мали збирки на податоци, додека мини-проектите овозможуваат предиктивно мапирање или напредна класификација на артефакти. Овие активности градат технички вештини и критичко разбирање за улогата на ВИ во археологијата.

2а) Знаења и вештини на експертот (профил на улогата)

Примената на Вештачката интелигенција (ВИ) и Машинското учење (МУ) во археологијата бара и пресметковна експертиза и разбирање на доменот. Иако археолозите не мора секогаш сами да градат алгоритми, тие мора да ги разбираат подготовката на податоци, интерпретацијата и етичките димензии на автоматизираната анализа.

- Основни знаења: разбирање на принципите на ВИ и МУ, структури на податоци и тренирање модели; познавање археолошки збирки на податоци и типологии што се користат за препознавање обрасци и класификација.
- Практични вештини: користење платформи за машинско учење со отворен код или комерцијални (на пр. TensorFlow, PyTorch, Weka); подготовка и чистење податоци; означување и евалуација на резултатите од моделите; толкување автоматизирани резултати во археолошки контекст.

- Препорачана основа: обука по data science или дигитална археологија, искуство со програмирање (Python или R), статистичко расудување и интердисциплинарна соработка со компјутерски научници.
- Време до оспособување: воведно разбирање може да се постигне преку краткорочни курсеви (20–40 часа); развивање сопствени модели или спроведување апликации на истражувачко ниво може да бара неколку месеци посветена практика.

3) Студија на случај – автоматизирана класификација на керамика

На неолитски локалитет, студентите работат со збир на слики од керамички фрагменти добиени од ископувања. Со користење модел за машинско учење, тие ги класифицираат фрагментите според тип, декорација и техника на изработка. Очекуваните резултати вклучуваат означени слики, извештаи за точност и визуелизации на распределбата на артефактите. Вредноста за учење произлегува од практичното искуство со ВИ-потпомогната анализа на артефакти, разбирањето како автоматизираната класификација го забрзува постископувачкиот процес и критичката процена на перформансите и ограничувањата на моделот.

4) Предности и ограничувања

Фаза на работниот тек	Предности	Ограничувања
Проспекција	Ја забрзува проспекцијата, открива суптилни карактеристики	Потребни се слики со висок квалитет; може да пропушти мали/скриени објекти
Ископување	Го намалува рачното бележење, ја подобрува точноста	Ограничено е од обученоста на моделот; може погрешно да означи невообичаени артефакти
Постобработка	Заштедува време, обезбедува конзистентно означување	Потребни се големи множества податоци; ретки/оштетени артефакти може да бидат погрешно класифицирани
Анализа	Открива скриени трендови	ВИ не може целосно да го толкува културниот/историскиот контекст

Презентација	Ја унапредува комуникацијата, се интегрира со GIS	Бара многу ресурси; потребни се технички вештини
--------------	---	--

5) Технички барања

Категорија	Опционално
Хардвер	За длабоко учење се препорачува GPU (NVIDIA GTX 1050+), 16 GB се препорачани за големи множества податоци, SSD ја подобрува брзината на обработка; големи или двојни монитори се корисни за визуелизација
Програмска околина	Се препорачува Jupyter Notebook или Google Colab
Библиотеки / зависности	Длабоко учење за класификација на слики; класични ML-алгоритми, обработка на слики; ракување со податоци и визуелизација
Алатки за визуелизација	За просторно мапирање или 3D-реконструкции

6) Етички аспекти и аспекти поврзани со податоците

ВИ во археологијата бара внимание кон лиценцирањето на податоците, за да се обезбеди правилна употреба и наведување на изворите за збирките на податоци и резултатите. Приватноста е клучна за чувствителните локации на локалитети со цел да се спречи грабеж. Пристапноста обезбедува алатките и податоците да можат да ги користат сите студенти и истражувачи. Корисниците треба да внимаваат и на пристрасноста во ВИ-моделите, бидејќи таа може да влијае врз класификацијата на артефакти или толкувањето на обрасци.

7) Брз почеток (опционално)

- * Подгответе податоци – Соберете и организирајте слики од артефакти во означени папки (на пр. типови керамика).
- * Поставете средина – Инсталирајте Python, Jupyter Notebook (или користете Google Colab) и библиотеки: TensorFlow/PyTorch, OpenCV, NumPy, pandas.
- * Вчитајте и предобработете слики – Променете големина, нормализирајте и поделете ги сликите на тренинг и тестирачки множества.
- * Тренирајте модел – Користете едноставен или претходно обучен модел за класификација на слики.
- * Евалуирајте ги перформансите – Проверете точност, матрица на конфузија и по потреба прилагодете ги параметрите.
- * Визуелизирајте и толкувајте – Прикажете класифицирани слики, трендови или обрасци за анализа.

8) Референци и линкови

- Barceló, J. A., & Bogdanovic, I. (2020). Mathematics and archaeology. CRC Press.
- Müller, K. (2021). Digital archives and collections: Creating online access to cultural heritage. Berghahn Books.
- Warwick, C., & Aske, K. (2025). Navigating artificial intelligence for cultural heritage organisations. UCL Press.
- Forte, M., & Campana, S. (2017). Digital methods and remote sensing in archaeology. Springer.
- Lindgren, S. (2023). Handbook of critical studies of artificial intelligence. Edward Elgar Publishing.

Метаподатоци за поднесокот

Партнер (институција)	BARU
Соработници (имиња и улоги)	Assoc. Prof. Lale Özdemir-Şahin (author); Prof. Şahin Yıldırım (reviewer); Asst. Prof. Ali Bora (author)
Јазик	Англиски / TR
Датум	16.12.2025
Контакт е-пошта	lsahin@bartin.edu.tr sahinyildirim@bartin.edu.tr aliborabora@bartin.edu.tr

Алатка 7: Фотограметрија и 3D моделирање: создавање детални 3D модели на мали движни наоди од фотографии

Категорија (ценовно ниво)	Ниско / средно
Развивач / добавувач	Во однос на компјутерскиот софтвер, достапни се различни бесплатни, алатки со отворен код и платени дигитални решенија за лична, образовна или комерцијална употреба во блископланската фотограметрија и 2D-3D документација. Некои од различните компании, институции или здруженија што развиваат и/или нудат ваков софтвер, како и самиот софтвер што го нудат, се: Drone Emotions Ltd. - Agisoft Metashape, AliceVision – Meshroom, The Inkscape Project - Inkscape.
Платформи	Windows / macOS / Linux / Web / Mobile
Типична лиценца	Бесплатна / со отворен код / академска / комерцијална / лична / образовна
Ниво на вештини	Средно / напредно
Типична примена во археологијата	2D и 3D снимање и документација на археолошкото културно наследство. Создавање 3D модели.

1) Што прави алатката (краток опис)

Документацијата во археологијата е едно од основните барања и примени на науката. Точното документирање и архивирање на реалноста, нејзината достапност за професионалци и академици, нејзиното објавување и пренесување на идните генерации како древно културно наследство, заземаат многу важно место во оваа дисциплина. Во тој контекст, паралелно со развојот на технологијата, еден од основните алатки и методи што се користат во археолошката документација е фотограметријата (Cerasoni et al. 2022). Во археологијата, фотограметријата и 2D-3D документацијата на артефактите треба да се сметаат за дигитална алатка, метод или работен тек, бидејќи бараат употреба на специфичен софтвер во компјутерска средина.

Фотограметријата накратко може да се дефинира како дисциплина за мерење и интерпретација на фотографски слики на објекти со користење дигитални методи (Aber et al. 2010, 23 ff). Таа има широк опсег на примена, од детектирање и идентификување археолошки локалитети во многу голем размер преку комбинирање визуелни информации добиени од извори како дронави, LIDAR, сателитски снимки и дигитални камери со методи на далечинско набљудување, до 3D визуелизација и документација на мали елементи од древното културно наследство (Renfrew and Bahn 2016, 82-86; Dall'Asta et al. 2016, 243-245).

Фотограметријата е важна затоа што обезбедува современи методи за документирање и претставување на археолошкото културно наследство, овозможува побрзи и попрецизни резултати во споредба со постарите методи, е ефикасна за добивање 3D-слики и нуди поразновидни можности за ширење информации (Aber et al. 2010; Marín-Buzón et al. 2021). Дополнително, разновидноста на софтвер за фотограметрија што денес е достапен нуди многу евтини, па дури и целосно бесплатни решенија за 3D-снимање и моделирање. На пример, корисници со десктоп-компјутер, лаптоп и паметен телефон можат да создаваат разновидни модели по учење и одредена обука за 3D-снимање.

2) Работен тек и образовна примена

Некои од основните функции на блископланските фотограметриски апликации (како Meshroom итн.) во археологијата можат да се сумираат на следниов начин:

- а) Хоризонтална и вертикална документација и визуелизација на стратиграфијата на сонда за време на археолошко ископување,
- б) Документација и 3D-визуелизација на наодите откриени при ископувања и теренски проспекции,
- в) Презентација на археолошкиот материјал и ширење информации кон јавноста,

Наставниците можат да ги интегрираат блископланските фотограметриски апликации во својата настава во рамките на ставките а, б, в наведени погоре.

Предложени микро-исходи од учењето:

- Идентификување и примена на брзи, евтини и нови методи за 3D моделирање на мали наоди добиени при археолошки ископувања и/или теренски проспекции.
- Обезбедување на основните предуслови (хардвер, софтвер, компјутер, лабораторија/училница). Градење искуство (интеракција наставник-учесник/студент; учење на софтвер, дигитална фотографија, знаења за дигитално снимање и моделирање) и примена на основните чекори на моделирањето. Подготовка на 3D-информации за употреба, објавување и дисеминација.
- Толкување техники на 3D-моделирање за да се стекне соодветна перспектива за елементите на археолошкото културно наследство како мали наоди. Разбирање на минималните услови за создавање модел и согледување на пропорционалниот однос меѓу моделот и реалниот објект. Перцепција на брзината и леснотијата што дигиталните алатки ги обезбедуваат при прибирање информации и нивно претворање во виртуелни објекти. Разбирање на актуелната технолошка средина во смисла на соодветност, применливост, цена и пристапност.

Успех на платформата на учесникот/студентот може да се постигне по неколку наставни фази со просечно времетраење од 240 минути и по извршување на потребните домашни задачи. Аналитичките и стилските анализи на малите наоди идентификувани при археолошки ископувања или

теренски истражувања можат да се засилат со горенаведените методи на снимање, што води кон поефикасно учење.

Пример за основна задача/мини-работен тек:

Дигитална стереоскопска фотографија и визуелизација во основна софтверска средина на мал наод откриен при ископување и/или теренска перспекција може практично да се изведе во лабораторија или училища.

Резултати и ограничувања:

Резултатите ќе бидат во висококвалитетни дигитални формати. За правилно и долгорочно складирање на податоците, се препорачуваат повеќекратни резервни копии и чување на хард дискови со доволен капацитет.

Постепеното застарување на зачуваните и резервно копираните формати на датотеки бара мерки против исчезнување на софтверските пакети.

Податоците мора да се ажурираат за да бидат компатибилни со новите методи и формати на датотеки во услови на технолошки промени и трансформации.

Резултатите се првенствено наменети за корисници што се запознаени со компјутерска средина. Основните компјутерски вештини можеби не се доволни. И наставникот и заедницата што учи бараат средно до напредно познавање и искуство со хардвер, софтвер и апликации.

3) Пример(и) / студија на случај (кратко)

Краток пример: 3D-снимање и документација на мал наод;

30-40 дигитални стереоскопски фотографии од наодот,

Поставување на сликите зачувани во папка во основен софтвер за фотограметрија,

Основни автоматски софтверски процеси: порамнување на слики, совпаѓање, облак од точки, мрежа, текстурирање, резултат: Structure from Motion (SfM), 3D-објект (obj.).

4) Предности и ограничувања

Предности	Ограничувања / барања
<ul style="list-style-type: none">- Релативно ниска цена,- Лесно се учи,- Детално снимање,- Овозможува брза јавна презентација- Долгорочна заштита- Далечински пристап,- Достапност до многу поширока корисничка и/или учесничка средина,- Достапност на бесплатен и/или софтвер со отворен пристап	<ul style="list-style-type: none">- Потребно е искуство со десктоп и лаптоп компјутери,- Потребен е GPU,- Трошоци за лиценци,- Потребни се напредни хардверски и софтверски ресурси,- Потребно е средно ниво компјутерско искуство,- Дигитални уреди за снимање (дигитална камера, ротирачка платформа, статив, уред за осветлување итн.)

5) Технички барања

Потребен е напреден компјутерски хардвер.

Потребна е соодветна графичка картичка и ажурирани драјвери.

Потребен е доволен капацитет на GPU, RAM, SSD и VRAM.

Лиценциран, бесплатен, со отворен пристап или ограничено издание софтвер:

Софтвер за обработка на фотографии: Photoshop, Gimp, Krita, Affinity Photo

Софтвер за фотограметрија: Agisoft MetaShape, RealityCapture – RealityScan, Meshroom

3D илустрација и рендерирање: 3Ds Max, Blender, Cinema 4D

Поддржаните формати на податоци ги опфаќаат основните екстензии што ги користат горенаведените програми (.jpeg, .bitmap, .mp4, .psd, .blend, .obj итн.).

Минимални барања	
Оперативни системи	Windows x64, Linux, macOS
CPU	Современ Intel или AMD
RAM	8 Gb
Хард диск	~400 MB за Meshroom +
GPU	NVIDIA CUDA-enabled GPU (compute capability >= 2.0)

6) Етички аспекти и аспекти поврзани со податоците

Етички аспекти: главните прашања вклучуваат, но не се ограничени на културна апропријација, сквернавење на свети места и неовластена комерцијална експлоатација и уништување на археолошки локалитети, артефакти, структури и природни ресурси. Развивачите мора да обезбедат јасна и информирана согласност од истражувачите, локалните домородни заедници и управителите на земјиштето.

- Права на истражувачите и на публикацијата.
- Авторски права, приватност и безбедносни прашања.
- Загрижености за културна апропријација изразени од домородните заедници.
- Прашања поврзани со долгорочно зачувување и архивирање на податоците.
- Загрижености за нееднаков пристап кога се користи за образовни цели и јавна презентација.

7) Брз почеток (опционално)

Подгответе 30-40 дигитални стереоскопски фотографии од малиот наод,

Зачувајте ги сликите во одредена папка,

Поставете ги сликите или папката во основен софтвер за фотограметрија,

Започнете го процесот на дигитално 3D снимање: порамнување на слики, совпаѓање, облак од точки, мрежа, текстурирање, резултат: Structure from Motion (SfM), 3D-објект (obj.).

Проверете го финалниот објект. Доколку е потребно, исчистете ја мрежата и несаканите точки и облаци од точки за да добиете модел со правилна и чиста површина.

Официјална страница / документација	Пример за софтвер: Meshroom (https://alicevision.org/), (https://alicevision.org/#meshroom), Agisoft Metashape, (https://www.agisoft.com/), веб-страница на The Inkscape Project (https://inkscape.org/).
Ресурси за учење	(https://www.youtube.com/watch?v=yKbyVDK2Ep8),

(https://www.youtube.com/watch?v=tiOeMgLHSrA)

8) Референци и линкови

Aber, J. S., Marzloff, I., & Ries, J. B. (2010). Small-format aerial photography: Principles, techniques and geoscience applications. Elsevier.

Cerasoni, J. N., do Nascimento Rodrigues, F., Tang, Y., & Hallett, E. Y. (2022). Do-it-yourself дигитална археологија: Introduction and practical applications of photography and photogrammetry for the 2D and 3D representation of small objects and artefacts. PLOS ONE, 17(4), e0267168.

Dall’Asta, E., Bruno, N., Bigliardi, G., Zerbi, A., & Roncella, R. (2016). Photogrammetric techniques for promotion of archaeological heritage: The Archaeological Museum of Parma (Italy). The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLI-B5, 243–250.

Lifestyle Sustainability Directory. (2024). What are the ethical risks of using photogrammetry or lidar scanning in sacred or protected natural areas for VR?

<https://lifestyle.sustainability-directory.com/learn/what-are-the-ethical-risks-of-using-photogrammetry-or-lidar-scanning-in-sacred-or-protected-natural-areas-for-vr/>

Marín-Buzón, C., Pérez-Romero, A., López-Castro, J. L., Ben Jerbania, I., & Manzano-Agugliaro, F. (2021). Photogrammetry as a new scientific tool in archaeology: Worldwide research trends. Sustainability, 13, 5319.

Renfrew, C., & Bahn, P. (2016). Archaeology: Theories, methods and practice. Thames & Hudson.

Алатка 8: Виртуелна и проширена реалност (VR/AR): реконструирање локалитети и објекти за визуелизација, образование и јавен ангажман.

Категорија (ценовно ниво)	Средно – високо
Развивач / добавувач	Овој водич се однесува на екосистем на дигитални алатки и затоа користи различни примери на конкретни дигитални алатки низ целиот текст. Во

	VR/AR екосистемот постои разновидност од алатки со отворен код, алатки развивани од заедницата и затворени комерцијални алатки. Меѓу компаниите се Unity и Nexus Studios, како и многу други.
Платформи	Во одредена мера се користат сите следни платформи: Windows / macOS / Linux / Web / Mobile
Типична лиценца	Бесплатно: Blender и Google ARcore / Со отворен код: Godot и A-Frame / Академско / Комерцијално: Unity. Некои AR/VR технологии првично се бесплатни за употреба, но лиценците за комерцијалните алатки можат да бидат скапи.
Ниво на вештини	Почетниците можат да создаваат едноставни реконструкции или AR-модел (на пример со Blender и Sketchfab). Средното ниво бара техничко знаење за изработка интерактивни VR-прошетки низ ископани локалитети или AR-преклопувања врз теренски локалитети. Blender и Maya се примери за алатки што можат да се користат на ова ниво. Напредните технички вештини значат дека археолози, експерти за културно наследство и развивачи можат да создаваат високо веродостојни, научно прецизни и интерактивни искуства што одат многу подалеку од едноставна визуелизација.
Типична примена во археологијата	Проширената реалност (AR) овозможува создавање интерактивни 3D-модел на археолошки локалитети и артефакти. Виртуелната реалност (VR), пак, обезбедува компјутерски генерирано целосно имерзивно искуство со користење соодветна опрема.

1) Што прави алатката (краток опис)

Проширената реалност (AR) и виртуелната реалност (VR) се одвоени технологии што користат компјутерски генерирани средини за да ги подобрат или заменат искуствата од реалниот свет (Kukreja, V. et.al., 2024: 1). Преку употреба на симулирани средини, и AR и VR нудат единствен увид во културното наследство на археологијата, бидејќи корисниците можат да истражуваат реконструирани локалитети како да се физички присутни, вклучувајќи се со историски артефакти и културното наследство на начини што традиционалните методи не можат да ги реплицираат. AR и VR имаат важна улога и во зачувувањето на археолошките локалитети и артефакти. Од аспект на јавна презентација, AR и VR ги надминуваат географските, временските и просторните граници, овозможувајќи пристап за сите. Ова е особено важно за ранливите групи и за жртвите на војни и раселување, кои можат значително да имаат корист од овие технологии што помагаат колективната меморија и културното наследство да останат живи. И AR и VR се вредни алатки за образовно збогатување преку воведување иновативни технологии кај студенти од сите возрасти.

2) Работен тек и образовна примена

AR и VR подобруваат повеќе фази од археолошкиот работен тек преку унапредување на визуелизацијата, просторната перцепција и интерпретативниот капацитет. За време на проспекцијата и ископувањето, AR директно преклопува просторни или стратиграфски податоци врз теренската средина, додека VR овозможува виртуелни прошетки и вежбање на стратегии за истражување. Во постобработката и анализата, имерзивните средини им овозможуваат на студентите/корисниците да ги разгледуваат 3D-моделите, стратиграфијата и реконструкциите од различни агли, што придонесува за подобра интерпретација и заедничка ревизија. За презентација, двете технологии овозможуваат привлечен јавен ангажман преку AR-реконструкции на лице место и далечински VR-тури низ локалитети.

За наставни цели, AR/VR може да се комбинира во 90-минутна лабораториска сесија со краток вовед, по што следува практично истражување на VR-моделите на ровови или AR-реконструкции, а потоа и активност со кратка анализа. Оваа структура ги обучува студентите да идентификуваат карактеристики, да ги разбираат просторните односи и да ги оценуваат археолошките интерпретации во имерзивни средини. Целта е студентите да искусат како AR/VR ја менува нивната

перцепција на податоците во споредба со традиционалните 2D-планови или фотографии.

Студентските задачи можат да вклучуваат означување VR-модел, критичка оценка на AR-реконструкција или споредба на 2D и 3D документациски резултати. Посеопфатните студентски проекти можат да вклучуваат изработка на основна AR-реконструкција, дизајнирање кратка интерпретативна VR-тура или анализа како AR/VR поддржува конкретен дел од археолошкиот работен тек. Овие активности им помагаат на студентите да ги поврзат имерзивните технологии со реалната археолошка практика и да развиваат критички дигитални вештини.

3) Пример(и) / студија на случај (кратко)

Тип на локалитет: Конструирање ново искуство со Виртуелна реалност насочено кон археолошкиот локалитет Тиос во Зонгулдак. VR може да се користи за виртуелно „пешачење“ низ реконструирани акрополски храмови, базилика, некропола, крајбрежен ѕид и други структури. AR може да се користи за проектирање дигитални модели на керамика и други артефакти.

Активност: Единствена 3D-реконструкција со користење и Проширена и Виртуелна реалност.

Очекуван резултат: создавање реалистично чувство за тоа како можел да изгледа животот во римско време.

Исход од учењето: стекнување знаење за користење и на Проширена и на Виртуелна реалност за образовни цели и јавна презентација.

4) Предности и ограничувања

Предности	Ограничувања / барања
Висока имерзивност и чувство на присуство. Технологиите за виртуелна и проширена реалност ги потопуваат учесниците во историски средини, овозможувајќи им да истражуваат антички локалитети и артефакти од единствени перспективи. Некои технологии се со отворен код и развивани од заедницата, што може да обезбеди нискобуџетна опција.	Висококвалитетните VR и AR модели бараат значителна пресметковна моќ и напредни хардверски можности. Потребниот софтвер за создавање, одржување и ажурирање имерзивни искуства има стрмна крива на учење. Буџетските ограничувања можат да значат дека не може да се инвестира во потребната опрема и обука.

<p>Им овозможува на археолозите дигитално да реконструираат древни пејзажи, структури и урбани средини.</p> <p>Го засилува јавниот ангажман и општествениот досег.</p> <p>Корисна алатка за јавна презентација, и за образовни цели и за ранливи групи.</p>	<p>Некои археолошки локалитети немаат инфраструктура за поддршка на напредни дигитални алатки, што уште повеќе влијае врз помалку развиените региони.</p> <p>Постојат прашања поврзани со приватноста и безбедноста на податоците.</p> <p>Постојат предизвици за долгорочно зачувување.</p> <p>Постојат и етички прашања, како културна апроприација итн.</p>
---	---

5) Технички барања

Барање	AR	VR
Минимален хардвер	<ul style="list-style-type: none"> - Мобилен уред (A12 Bionic / Snapdragon 845+) - 3–4 GB RAM - Камера + сензори за движење - Опционално: AR слушалки 	<ul style="list-style-type: none"> - Самостоен уред (Quest 2/3, Pico 4) или PC-VR (i5/Ryzen 5+, GTX 1060+, 8–16 GB RAM) - USB/DP/HDMI порти - Интегрирано/надворешно следење
Минимален софтвер	<ul style="list-style-type: none"> - iOS 13+ (ARKit) или Android 8+ (ARCore) - Unity/Unreal (AR Foundation) - Xcode/Android Studio 	<ul style="list-style-type: none"> - Meta Quest OS, SteamVR, Windows MR - Unity (XR Toolkit), Unreal VR - OpenXR, Oculus SDK, SteamVR SDK
Поддржани формати на податоци	<ul style="list-style-type: none"> - 3D: USDZ, GLTF/GLB, FBX, OBJ - Слики: PNG, JPEG - Датотеки за маркери/сцени 	<ul style="list-style-type: none"> - 3D: FBX, OBJ, GLTF/GLB - Текстури: PNG, JPEG, HDR - 360° видео (MP4 H.264/H.265)
Зависности	<ul style="list-style-type: none"> - Поддршка за ARKit/ARCore 	<ul style="list-style-type: none"> - VR runtime (OpenXR/Oculus/SteamVR)

Барање	AR	VR
	<ul style="list-style-type: none"> - Камера + сензори - Опционално: depth/location API-ја 	<ul style="list-style-type: none"> - Ажурирани GPU драјвери - Опционално: hand-tracking, haptics

Во однос на долгорочното зачувување, AR и VR моделите најчесто се рендерираат како 3D-модели, па затоа е клучно доволно внимание да се посвети на нивното долгорочно зачувување/архивирање.

6) Етички аспекти и аспекти поврзани со податоците

- Прашања поврзани со приватноста и безбедноста.
- Загрижености за културна апропријација изразени од домородните заедници.
- Прашања поврзани со долгорочно зачувување и архивирање на податоците.
- Загрижености за нееднаков пристап кога се користат за образовни цели и јавна презентација.
- Во AR и VR апликациите, јасното разграничување меѓу реконструкции засновани на докази и хипотетички реконструкции е неопходно за да се обезбеди транспарентно, автентично и навистина етичко корисничко искуство.

7) Брз почеток (опционално)

VR демонстрација за брз почеток (општо):

- Корисникот става слушалки и го постигнува следново:
- 6DoF следење на главата
- Интеракција со раце/контролери
- Основна имерзивност

8) Референци и линкови

- Digital Preservation Coalition. (2021). Preserving 3D data types series: Artefactual systems. <https://www.dpconline.org/docs/technology-watch-reports/2479-preserving-3d/file>
- Kukreja, V., Singh, A., Kaur, D., & Kaur Bajwa, J. (Eds.). (2024). Digital cultural heritage: Challenges, solutions, and future directions (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781032630564>
- Dutertre, A. (2023). The ethical challenges of AR and VR. <https://medium.com/@alex24dutertre/the-ethical-challenges-of-ar-vr-a5333594f909>
- Tsetskhladze, G. R., & Yıldırım, Ş. (Eds.). (2023). Tios/Tieion on the Southern Black Sea in the broader context of Pontic archaeology. Archaeopress.
- Shih, N.-J., & Chen, H.-X. (2020). Digital preservation of old cultural elements in AR and VR. In 2020 3rd IEEE International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII) (pp. 125–127). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICKII50300.2020.9318838>
- Turkish Museums. (n.d.). <https://turkishmuseums.com/Uploads/M%C3%BCze/Dosya/77106171-c599-49f0-abe6-3ebcfc8d8b9b.pdf>
- Wessex Archaeology. (n.d.). Virtual reality (VR), augmented reality (AR) and gaming. <https://www.wessexarch.co.uk/archaeological-services/virtual-reality-vr-augmented-reality-ar-and-gaming>
- iDig Sheffield. (2025). Virtual reality and augmented reality in archaeological interpretation. <https://www.idigsheffield.org.uk/virtual-reality-and-augmented-reality-in-archaeological-interpretation.html>
- Werner, L., Brey, P., & Henschke, A. (2025). Augmented reality and ethics: Key issues. *Virtual Reality*, 29, 122. <https://doi.org/10.1007/s10055-025-01172-7>

Метаподатоци за поднесокот

Партнер (институција)	IEF
Соработници (имиња и улоги)	Dr. Koraljka Kuzman Šlogar (author), Dr. Ivana Štokov (author)
Јазик	Англиски
Датум	28.11.2025.
Контакт е-пошта	koraljka@ief.hr stokov@ief.hr

Алатка 9: Теренско собирање податоци (мобилни апликации): користење таблети и паметни телефони за стандардизирано бележење податоци на терен.

Категорија (ценовно ниво)	Ниско
Развивач / добавувач	Претежно мали провајдери со отворен код и комерцијални провајдери: OPENGIS.ch (QField), Softwel (SW Maps), Lutra Consulting (Mergin Maps)
Платформи	Windows / macOS / Linux / Web / Mobile
Типична лиценца	QField – бесплатно, со отворен код; SW Maps – бесплатно; Mergin Maps – freemium (комерцијално со бесплатен пакет)
Ниво на вештини	Почетно–средно (се препорачува основно познавање GIS)
Типична примена во археологијата	Се користи за стандардизирано, геореференцирано бележење за

	време на проспекција и ископување (локалитети, објекти, сонди, наоди, фотографии, белешки) на паметни телефони или таблети, при што податоците се синхронизираат со QGIS за мапирање, анализа и долгорочно архивирање.
--	--

1) Што прави алатката (краток опис)

Мобилните апликации за теренско собирање податоци како QField, SW Maps и Mergin Maps им овозможуваат на археолозите да користат паметни телефони и таблети за стандардизирано, геореференцирано бележење директно на терен. Надврзувајќи се на нискобуџетниот, модуларен работен тек што го опишува Isaac Ullah (2017), каде што хардверот (таблет плус GNSS-приемник) и софтверот (мобилна апликација плус десктоп GIS) јасно се разделени, овие алатки им овозможуваат на корисниците да дигитализираат точки, линии и полигони, да прикачуваат фотографии и белешки и да складираат атрибути во структурирани формулари.

Проектите подготвени во QGIS можат да се постават на мобилни уреди, да се користат офлајн на терен, а потоа повторно да се синхронизираат со десктоп-околината за понатамошно мапирање и анализа, при што избраните збирки на податоци се подготвуваат за долгорочно архивирање (Montagnetti & Guarino, 2021; QGIS Development Team, n.d.). Во контекст на културното наследство во археологијата, овие апликации се особено погодни за конзистентно документирање локалитети, објекти, ископувања и наследствени пејзажи и можат значително да ги намалат грешките при препишување во споредба со хартиените обрасци.

2) Работен тек и образовна примена

Во типичен работен тек инспириран од моделот на мобилно собирање податоци на Ullah (Ullah, 2017), тимот најнапред го дефинира моделот на податоци и стратегијата за бележење (односно што ќе се мапира, кои атрибути и кои полиња се задолжителни), а потоа го подготвува проектот во QGIS и го поставува на мобилни уреди. За време на проспекција или ископување, археолозите користат QField, SW Maps или Mergin Maps за да собираат геометрии (локации на локалитети, објекти, сонди, места на наоди), да пополнуваат стандардизирани атрибутни формулари и да прикачуваат фотографии, додека работат офлајн. На крајот од денот, податоците се извезуваат или синхронизираат назад во QGIS, каде што се проверуваат, чистат и интегрираат со други просторни збирки на податоци, како DEM, историски карти или слоеви од далечинско набљудување.

За наставни цели, овие алатки поддржуваат мали, јасно дефинирани активности за учење:

- Кратка лабораторија + теренска вежба (90–120 минути): студентите вчитуваат однапред подготвен QGIS-проект во мобилна апликација, собираат ограничен број тест-објекти околу зоната за обука, а потоа ги визуелизираат резултатите во QGIS.
- Мини-проект во рамките на теренска школа: студентите помагаат во дизајнирање атрибутни формулари, собираат податоци во текот на неколку теренски дена, а подоцна го оценуваат квалитетот, целосноста и просторните обрасци на податоците.

Предложени микро-исходи од учењето:

- Идентификување на главните функции и типични начини на употреба на мобилните апликации за теренско собирање податоци во археолошка перспекција и ископување.
- Спроведување основен работен тек за теренско собирање податоци со користење однапред конфигуриран QGIS-проект и мобилна апликација (QField / SW Maps / Mergin Maps).
- Толкување на собраните податоци во QGIS преку преглед на атрибутните табели и картите, со идентификување основни проблеми со квалитетот на податоците и можни подобрувања на шемата за бележење.

2а) Знаења и вештини на експертот (профил на улогата)

Овие алатки обично ги поставува и одржува археолог или професионалец за наследство со GIS-писменост.

- Основни знаења: основни GIS-концепти и користење QGIS; археолошки стандарди за бележење (контексти, објекти, кодови на локалитети, контролирани вокабулари); свест за управување со податоци и долгорочно зачувување.
- Практични вештини: подготвување QGIS-проекти за теренска употреба (слоеви, формулари, симбологија, офлајн базни карти); конфигурирање и ракување со QField / SW Maps / Mergin Maps, вклучително и офлајн работа и надворешен GNSS ако е потребно; извоз, синхронизација и документирање на збирките на податоци.
- Време до оспособување: за користење однапред конфигуриран проект (основно бележење и извоз), приближно 4–8 часа водена обука плус една или две теренски вежби; за дизајнирање робусни проекти, интегрирање високопрецизен GNSS и управување со работни текови со повеќе корисници, потребни се неколку дена практика низ повеќе теренски кампањи.

3) Пример(и) / студија на случај (кратко)

Конкретен и добро документиран пример е археолошкиот теренски курс на Универзитетот во Упсала, каде што студентите користеле Mergin Maps и QGIS за собирање стандардизирани теренски податоци. Во овој курс, Mergin Maps се користел за поставување QGIS-проекти на мобилни уреди, овозможувајќи им на студентите да бележат објекти со координати, атрибути и фотографии дури и во офлајн услови (Aherin et al., 2024) merginmaps.com. Потоа собраните податоци биле синхронизирани назад во заеднички проект, подобрувајќи ги и квалитетот и структурата на збирката на податоци, како и разбирањето на студентите за геопросторните работни текови и нивната вклученост во теренската работа.

Друг пример е проектот за граѓанска наука во Холандија, во кој волонтери користеле Mergin Maps за мапирање и документирање погребни тумби и други археолошки објекти, покажувајќи како мобилниот GIS може да поддржи партиципативна документација на наследството, а сепак да создава употребливи истражувачки податоци (Petřík et al., 2021) merginmaps.com.

Овие примери можат да се приспособат за DigiArcheoSpace: студентите документираат елементи од археолошко или движечко наследство (патеки, објекти, гледишта) со мобилна апликација, а подоцна користат QGIS за да анализираат распределби, состојби и ризици.

4) Предности и ограничувања

Предности	Ограничувања / барања
<p>Нискобуџетна, модуларна поставка: стандарден паметен телефон или таблет (опционален GNSS) плус бесплатни/GIS алатки со отворен код.</p> <p>Целосна офлајн употреба, погодна за оддалечени археолошки и наследствени локалитети.</p> <p>Директна интеграција со QGIS, со што се намалуваат повторното внесување и грешките при препишување.</p> <p>Прилагодливи формулари со фотографии и белешки, што ги поддржува локалните практики на</p>	<p>Бара добро осмислен модел на податоци; лошо структурираните формулари брзо водат до неуредни податоци.</p> <p>Ограничена GPS-точност на мобилните уреди; високопрецизна перспекција бара надворешен GNSS/RTK и посложена поставка.</p> <p>Зависат од траењето на батеријата, издржливоста на уредот и временските услови на терен.</p> <p>Големи или повеќекориснички проекти со многу фотографии можат да бараат платени</p>

<p>бележење. Подеднакво погодни за професионални тимови, студентски теренски школи и проекти за граѓанска наука.</p>	<p>cloud-сервиси и внимателно управување со податоците.</p>
--	---

5) Технички барања

Хардвер: паметен телефон или таблет (Android или iOS) со вграден GPS; за теренска работа се препорачуваат заштитни футроли и power bank уреди; опционален надворешен Bluetooth GNSS/RTK-приемник за да се постигне точност под еден метар или сантиметарска точност.

Софтвер: QGIS desktop за подготовка на проект и анализа; една или повеќе мобилни апликации: QField, SW Maps, Mergin Maps, во зависност од потребите на проектот; опционални сервиси за синхронизација како QFieldCloud или платформата Mergin Maps.

Формати на податоци: векторски податоци — вообичаени формати се GeoPackage, Shapefile и GeoJSON, сите природно поддржани од QGIS и компатибилни со мобилните алатки; растерски податоци — офлајн базни карти и ортофото снимки подготвени во QGIS или кеширани преку апликацијата, во зависност од лиценцата.

6) Етички аспекти и аспекти поврзани со податоците

Чувствителни локации на локалитети: прецизните координати на ранливи археолошки локалитети или погребни места не треба јавно да се споделуваат без внимателна процена на ризикот; во јавните резултати може да биде потребно генерализирање или маскирање.

Лични податоци: ако формуларите ги вклучуваат имињата на сопственици на земјиште, пронаоѓачи или членови на заедницата, важат GDPR и други прописи за приватност. Идентификаторите треба да се минимизираат, псевдонимизираат или да се исклучат од отворените збирки на податоци.

Лиценцирање: проектите треба јасно да ги одредат сопственоста, правата на пристап и лиценците и за просторните податоци и за сликите (на пример, CC BY/CC BY-NC за атрибутни податоци и внимателно почитување на лиценците за базните карти).

Управување со податоци: мобилното собирање податоци треба да биде вградено во експлицитен план за управување со податоци што опфаќа резервни копии, документација, долгорочно складирање и потенцијално депонирање на избрани збирки на податоци во институционални или национални репозиториуми.

7) Брз почеток (опционално)

- Инсталирајте QGIS на лаптоп и создадете едноставен проект со еден векторски слој (на пример, „Features“) и мал сет атрибути (тип, состојба, белешки).
- Конфигурирајте го проектот за теренска употреба (симбологија, формулари, офлајн базна карта) и извезете го во мобилна апликација како QField или Mergin Maps.
- На терен, користете ја апликацијата на паметен телефон или таблет за да запишете 10–20 тест-објекти, додавајќи фотографии и кратки описи.
- Назад во училищата, синхронизирајте ги или извезете ги податоците во QGIS, прегледајте ги атрибутната табела и геометриите и дискутирајте за квалитетот на податоците и можните подобрувања на шемата за бележење.

8) Референци и линкови

Aherin, R., Paulovic, J., & Lindgren, S. (2024, August 9). Digging into the benefits of Mergin Maps for archaeological research. Mergin Maps.	https://merginmaps.com/case-studies/digging-into-the-benefits-of-mergin-maps-for-archaeological-research merginmaps.com
Montagnetti, R., & Guarino, G. (2021). From QGIS to QField and vice versa: How the new Android application is facilitating the work of the archaeologist in the field. Environmental Sciences Proceedings, 10(1), 6.	https://doi.org/10.3390/environsciproc2021010006
Petrík, P., Harris, P., & Pruiksma, K. (2021, December 7). Archaeological discoveries in the hands of citizens. Mergin Maps.	https://merginmaps.com/case-studies/archaeological-discoveries merginmaps.com
QGIS Development Team. (n.d.). QGIS documentation. QGIS Project.	https://docs.qgis.org
Ullah, I. I. (2017, April 28). A mobile data-collection workflow for	https://isaacullah.github.io/A-mobile-field-data-collection-workflow/ isaacullah.github.io

archaeologists. CompArch: Computational Archaeology Lab.	
---	--

Алатка 10: Дигитална конзервација и зачувување: следење и документирање на состојбата на наследствени локалитети и артефакти

Категорија (ценовно ниво)	Средно
Развивач / добавувач	Мешан екосистем (заедници со отворен код + комерцијални даватели на услуги)
Платформи	Windows / macOS / Linux / Web
Типична лиценца	Мешан модел на лиценцирање: софтвер со отворен код + опционални комерцијални лиценци и cloud-сервиси
Ниво на вештини	Средно
Типична примена во археологијата	Се користи за следење промени во состојбата на локалитетите и артефактите низ времето и за поддршка на планирањето на конзервацијата во рамките на мешан екосистем на дигитална документација.

1) Што прави алатката (краток опис)

Дигиталната конзервација и зачувување се однесуваат на дигитални методи што се користат за следење и документирање на состојбата на наследствени локалитети и артефакти. Тие вклучуваат визуелна макроскопска и микроскопска анализа, дигитална фотографија, фотограметрија и пристапи на далечинско набљудување како скенирање со структурирана светлина и LiDAR. Овие алатки поддржуваат систематско бележење на ерозија, деградација, промени во бојата и други физички промени што можат да се забележат на објектите од културното наследство.

Со создавање повторливи, високорезолуциски визуелни и метрички податоци, тие овозможуваат споредба низ временски серии и обезбедуваат докази за планирање на конзервацијата и процена на ризици. Во археологијата, овие методи се суштински затоа што поддржуваат недеструктивна документација и долгорочен мониторинг, обезбедувајќи наследството ефикасно да се проучува, штити и претставува.

2) Работен тек и образовна примена

Дигиталниот мониторинг обично започнува со процена на состојбата, спроведена пред, за време и по ископувања или конзерваторски интервенции. Процесот започнува со визуелен преглед поддржан со дигитална фотографија за да се мапираат шемите на деградација (на пр. пукнатини, лупење, биолошки раст, промени во бојата). Потоа фотограметријата се користи за создавање 3D-модел и текстурирани површини што овозможуваат споредба на релјефот и бојата во различни временски периоди. За поголеми структури или надворешни карпести формации, се користат скенирање со структурирана светлина и копнен или воздушен LiDAR за да се забележат метрички податоци за долгорочен мониторинг. Добиените збирки на податоци се обработуваат, толкуваат, архивираат и се користат за поддршка на конзерваторски одлуки или јавни презентации.

Предложени микро-исходи од учењето:

1. Идентификување на главните методи за дигитален мониторинг релевантни за археологијата.
2. Спроведување основен работен тек (фотографирање, мапирање деградација, создавање едноставен 3D-модел).
3. Толкување на резултатите и дискутирање на техничките и методолошките ограничувања.

2а) Знаења и вештини на експертот (профил на улогата)

Накратко опишете ги компетенциите што вообичаено се потребни за практична употреба на оваа алатка (може да биде техничар, а не археолог):

- Време до оспособување: воведната компетентност обично бара 10–20 часа водена практика; напредната оспособеност во фотограметрија, LiDAR и работни текови за детекција на промени може да бара неколку месеци обука и проектно искуство.

3) Пример(и) / студија на случај (кратко)

Проектот Мравинца документира праисториска некропола составена од камени погребни тумби во Дубровачко приморје, Хрватска. Тимот користел нискобуџетен UAV за собирање фотографии од голема и мала

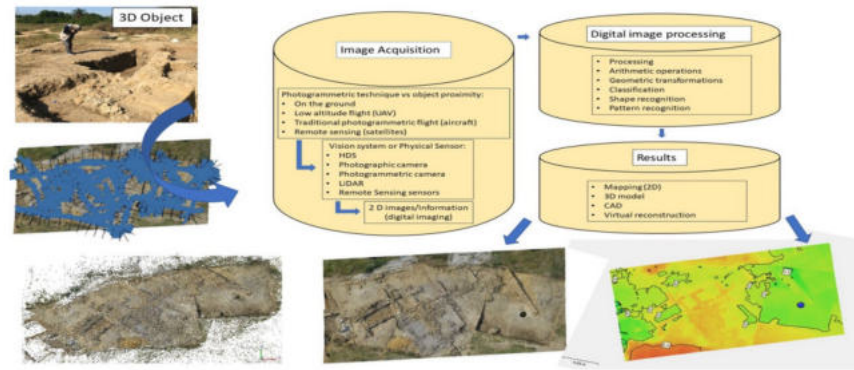
висина и применил фотограметрија за создавање детални 3D-модели на поединечни тумби и дигитален модел на теренот за целиот локалитет. Очекуваните резултати вклучувале точни просторни и волуметриски податоци, високорезолуциски површински модели и подобрена документација на моменталната состојба на локалитетот. Работата довела и до идентификување претходно незабележана археолошка карактеристика видлива на DTM. Вредноста за учење лежи во тоа што покажува како фотограметријата базирана на UAV може да поддржи анализа, откривање и компаративни истражувања, особено во пејзажи со голем број слични објекти (Perkić and Vuković, 2018).

4) Предности и ограничувања

Предности	Ограничувања / барања
Обезбедува високорезолуциски визуелни и метрички податоци.	Бара техничка обука и методолошка конзистентност.

5) Технички барања

- Хардвер: дигитална камера (DSLR/mirrorless), статив, контролирано осветлување (опционално); скенер со структурирана светлина; копнен или воздушен LiDAR.
- Софтвер: пакети за фотограметрија (Agisoft Metashape, RealityCapture); алатки за обработка на 3D-податоци (CloudCompare, MeshLab); GIS за мапирање; софтвер за обработка на слики (Photoshop, GIMP).
- Формати на податоци: JPEG, TIFF, RAW (фотографија); OBJ, PLY, STL (3D-модел); LAS/LAZ (LiDAR); CSV, XML за метаподатоци.
- Зависности: сигурно складирање податоци (надворешен HDD, NAS, сервери); калибрациски цели и контролирани услови, кога е можно.



Слика 1. Резиме на фотограметриските процеси вклучени во археологијата.

Рецурс: Marín-Buzón C, Pérez-Romero A, López-Castro JL, Ben Jerbania I, Manzano-Agugliaro F. Photogrammetry as a New Scientific Tool in Archaeology: Worldwide Research Trends. Sustainability. 2021; 13(9):5319.
<https://doi.org/10.3390/su13095319>

6) Етички аспекти и аспекти поврзани со податоците

Податоците мора да следат соодветни практики за авторски права и лицензирање (на пр. Creative Commons за отворени збирки на податоци). Чувствителните информации — како прецизни координати на ранливи локалитети — мора да бидат ограничени на овластени корисници за да се избегнат ризици како грабеж. Долгорочното зачувување бара употреба на стабилни, некомерцијални формати на датотеки и робусни метаподатоци. Етичкото објавување треба да избегнува откривање информации што би можеле да го загорзат локалитетот или да олеснат негово оштетување, и треба да ги следи локалните и институционалните политики за конзервација.

8) Референци и линкови

Agisoft Metashape	https://www.agisoft.com/
Official Adobe Photoshop	https://www.adobe.com/products/photoshop.html
GIMP - GNU Image Manipulation Program	https://www.gimp.org/
MeshLab	https://www.meshlab.net/
Bentowska-Kafel A. & L. MacDonald. 2017. Digital technologies for documenting and	https://library.oapen.org/bitstream/id/741cdc96-14f1-475a-833

preserving cultural heritage. ARCHumanities Press.	9-b71328800c6b/9781942401353.pdf
Perkić, D. & Vuković, M. (2018). Documenting an archaeological landscape and its features using a low cost UAV – Case study: Mravinca in Dubrovačko primorje. <i>Opvscvla archaeologica</i> , 39/40 (1), 75-83.	https://hrcak.srce.hr/en/214173
Vuković, M. (2015): Photogrammetric 3D Models in Archaeology. <i>Ekscentar</i> , br. 18, pp. 44-46	https://hrcak.srce.hr/file/230962
Bekić, L., Scholz, R. & Pešić, M. (2017). Photography-based documentation methods in underwater archaeology as applied at the Veruda wreck near Pula. <i>Histria archaeologica</i> , 48. (48.), 151-168.	https://hrcak.srce.hr/212904
Marinos Ioannides, Eleanor Fink, Lorenzo Cantoni & Erik Champion, ed. 2021. <i>Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection</i> . Springer.	https://www.springerprofessional.de/en/digital-heritage-progress-in-cultural-heritage-documentation-pre/19062194?tocPage=1
Panayot, N., Bou-Rizk, A., Yassine, M.K., Kawtharani, R., Asmar, D. (2025). <i>Digital Heritage Documentation for Protecting and Rebuilding Tangible Heritage in Natural Disaster and Conflict Zones</i> . In: Ioannides, M., Issini, G., Oliveira, D. (eds) <i>3D Research Challenges in Cultural Heritage IV. Lecture Notes in Computer Science</i> , vol 13577. Springer, Cham.	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-93753-8_12#citeas
<i>Archaeology Guidelines Supplement Photogrammetry</i> , 2022, Ohio History Connection.	https://www.ohiohistory.org/wp-content/uploads/2022/12/Archaeology_Guidelines_Supplement_Photogrammetry.pdf

Метаподатоци за поднесокот

Партнер (институција)	Универзитет „Константин Преславски“ – Шумен
Соработници (имиња и улоги)	Вонр. проф. Д-р Константин Константинов, вонр. проф. Д-р Тодор Тодоров, асис. м-р Јордан Арнаудов
Јазик	[English / BG / MK / TR / HR]
Датум	[20.11.2025]
Контакт е-пошта	k.konstantinov@shu.bg t.todorov@shu.bg y.arnaudov@shu.bg

Алатка 11: Управување со податоци и курација: создавање структурирани бази на податоци и дигитални репозиториуми за зачувување и споделување истражувачки податоци.

Категорија (ценовно ниво)	Варира – [ниско / средно / високо]
Развивач / добавувач	[Компанија / заедница со отворен код]
Платформи	[Windows / macOS / Linux / Web / Mobile]
Типична лиценца	[Бесплатно / со отворен код / академско / комерцијално]
Ниво на вештини	[Почетно / средно / напредно]
Типична примена во археологијата	Создавањето структурирани бази на податоци и дигитални репозиториуми со цел зачувување и

	споделување истражувачки податоци е суштинско за работата на археолозите, музејските специјалисти, другите професионалци за наследство, како и на студентите и истражувачите. Овие лица што ракуваат со археолошки податоци можат да бидат и развивачи и корисници на соодветните бази на податоци.
--	---

1) Што прави алатката (краток опис)

Создавањето структурирани бази на податоци и дигитални репозиториуми за зачувување и споделување истражувачки податоци само по себе не е технологија или алатка. Тоа е, всушност, резултат на комбинација од избори, која вклучува специјалисти, алатки и технологии врз основа на определени критериуми што зависат од целта и намерата што некој сака да ги постигне. Ако целта е зачувување и споделување истражувачки податоци, изборот за тоа како да се направи тоа зависи од тоа кој е развивачот — поединец, тим или институција — и од ресурсите до кои има пристап.

Од една страна, луѓето што создаваат вакви бази на податоци го прават тоа за потенцијално големите количини археолошки податоци да станат управливи — за да можат да се организираат, пристапуваат, уредуваат, заштитат и лесно повторно да се пронајдат. Тоа вклучува и создавање нова содржина, што понекогаш го прават и самите корисници на тие податоци.

Профилот на креаторите на вакви бази на податоци често се преклопува со профилот на нивните корисници. Овие структурирани информации се користат во работата на археолозите, музејските специјалисти, другите професионалци за наследство, како и на студентите и другите истражувачи.

2) Работен тек и образовна примена

Работниот тек на создавањето дигитална база на податоци е специфичен и се разликува од редовната археолошка работа, која од своја страна создава извори што се користат за создавање дигитални податоци. Сепак, археолозите можат да бидат вклучени во процесот на создавање база на

податоци. Ова важи и за музејските специјалисти и другите професионалци за наследство, кои каталогизираат артефакти и создаваат инвентари.

Во зависност од посакуваниот резултат, процесот на создавање структурирани бази на податоци и репозиториуми може да вклучува внесување податоци во веб-платформа или во компјутерски систем, како и складирање на примарните податоци на електронски медиум. Тоа ќе се организира на поинаков начин ако збирката податоци е зачувана во физичка форма — хартиена база на податоци.

Ако базата на податоци се создава во онлајн средина, потребен е ИТ-специјалист или тим веб-развивачи што е специјализиран во оваа област. Накратко, треба да се создаде систем за управување со бази на податоци (DBMS). Тоа е предизвикувачка задача и бара големи финансиски средства и специјализиран човечки ангажман. Ова може да ги вклучи услугите и/или производите на компанија специјализирана за создавање онлајн бази на податоци.

Ако базата на податоци ќе се развива на компјутерски систем, потребен е соодветен софтвер прилагоден на намената. Можно е софтверот да ги содржи основните податоци и метаподатоци, а примарните податоци во форма на дигитални датотеки да се складираат одделно на HDD (поретко на SSD) или на серверски систем. Изборот на софтвер и начинот на негово користење зависат од поединецот или институцијата/компанијата што ја развива структурирана база на податоци, како и од целите на развивачот.

Ако развивачот е приватно лице, на пример археолог, тој ќе собира информации за археолошки локалитети додека спроведува проспекции и археолошки ископувања (фотографии, карти, геопросторни податоци, цртежи, дневници итн.) и може да создаде дигитална база на податоци за сопствената работа на сопствениот компјутер. Обично тоа се прави во Windows софтвер, како Microsoft Excel, каде што табелите ќе содржат различни категории податоци и метаподатоци. Примарните податоци можат да се чуваат на надворешни хард дискови и/или сервери.

Ако креаторот на базата на податоци е институција за наследство, на пример музеј, информациите ќе се организираат и користат за создавање бази на податоци од поголем обем. Тука ќе се користат и податоците создадени од археолозите, но овие бази ќе вклучуваат и примарни податоци создадени од други специјалисти — историчари, етнографи, социолози, професионалци за наследство итн. Институциите понекогаш

можат да си дозволат да ангажираат компанија или тим ИТ-експерти што ќе ја создадат нивната дигитална база на податоци. Друга опција, посоодветна за музеи, е да купат софтвер за управување со бази на податоци и да платат обука за тоа како да го користат и да го приспособат на потребите на музејот.

Ако треба да спроведеме обука за тоа како да се создаде сопствена дигитална база на податоци (на пр. со Microsoft Excel) за проект од мал обем, еве ги главните чекори што треба да се следат:

- Објаснете што се бази на податоци и кои се спецификите на дигиталните бази на податоци. Тоа треба да вклучи разјаснување што е DBMS, како и неговите главни компоненти (основни податоци, метаподатоци, шема на базата итн.).

- Ако главната тема е археологија, накратко треба да се претстават спецификите на археолошките бази на податоци. Тоа вклучува структура на базата (потребно е да се вклучат информации за шемата на базата во археологијата и секторот на наследство), а конкретно стандардот за метаподатоци Dublin Core, Europeana Semantic Elements и Europeana Data Model.

- Во однос на формулирање евалуација на обуката или задача (мини-проект), разјаснете што ќе содржи збирката на податоци, како ќе варира големината на секоја датотека со примарни податоци, кои екстензии на датотеки ги вклучува збирката и какви се системските барања за тестирање на секоја датотека. Дајте информации за вкупната големина на збирката и за спецификациите на хардверот потребен за складирање на примарните податоци. Треба да постои конкретна задача, формулирана така што сите студенти да можат да ја извршат во релативно позната и пристапна софтверска средина (на пр. Microsoft Excel). Таа може да вклучува практична вежба за тоа како да се создаде рамката на базата и да се примени во реален контекст, како да се именуваат внесовите на податоци, како да се избере соодветна разновидност на внесови врз основа на стандардизирана шема (на пр. Dublin Core), како да се наведе патеката до примарните податоци и можеби да се направи обид за создавање врски меѓу внесовите.

Пример за микро-исходи од учењето би можел да биде следниот:

- Идентификување на главните критериуми за внесување податоци релевантни за археологијата.
- Извршување основна задача за создавање база на податоци.
- Толкување на резултатите и дискутирање на ограничувањата.

2а) Знаења и вештини на експертот (профил на улогата)

Општо земено, лицето што создава дигитална база на податоци, генерира внесови и ги организира информациите, не може да ја извршува соодветната работа без соодветен софтвер и/или тим со кој ќе соработува. Во секторот на наследство, базите на податоци обично се изработуваат по мерка според потребите на соодветната институција, освен личните бази на податоци. Под претпоставка дека специјалистот има пристап до DBMS што може да го приспособува и управува (готова платформа или решение приспособено за неговата работа преку ИТ-тим), експертот треба да ги има следниве компетенции:

- Познавање на компонентите на базата на податоци во зависност од DBMS.
- Вештини за уредување на DBMS, создавање внесови, врски меѓу внесовите и управување со структурата на базата на податоци.
- Познавање на структурата на базата на податоци соодветна за секторот на наследство/археологијата (на пр. свест и вештини за користење DC и EDM).
- Разбирање на научната или академската тема на примарните податоци.
- Време до оспособување: приближно време за воведна компетентност – 2-4 недели. Стекнувањето напредно ниво на способности за создавање бази на податоци, под услов специјалистот да има пристап до DBMS што може да го приспособува и управува (готова платформа или решение приспособено преку ИТ-тим), може да трае со месеци, па дури и години.

3) Пример(и) / студија на случај (кратко)

Ако имаме теоретски пример во кој музејски специјалист треба да создаде дигитална база на податоци за податоците и материјалите добиени за време на археолошко ископување што траело 1 месец, тој ќе треба да добие

обработени податоци од археологот(озите), геодетот(ите) и другите специјалисти што спроведувале истражувања и проспекции. Пред организирањето и внесувањето на примарните податоци во базата, лицата одговорни за музејскиот инвентар треба да извршат инвентаризација.

Таквите податоци можат да се состојат од фотографии, карти, геопросторни податоци, цртежи и скици, метрички и описни податоци за артефакти, археолошки дневници, фотограметриски проспекции, геофизички истражувања, извештаи за процена на состојба изработени од специјалисти за конзервација итн.

При додавање внесови во базата на податоци, експертот што ја извршува задачата треба да го следи музејскиот протокол за организирање и структурирање на податоците, а кога е потребно и да додава нови категории информации. Сето тоа може да се обработува по партии, а не одеднаш, во зависност од различни фактори.

4) Предности и ограничувања

Предности	Ограничувања / барања
<ul style="list-style-type: none"> • одржливост; • преносливост; • скалабилност; • флексибилност. 	<ul style="list-style-type: none"> • цената обично е висока кога станува збор за институции; • сложен развој на софтвер, предмет на лиценцирање; • во однос на хардверот, најдобро е да се изгради сервер, што е сложено и скапо; • стрмна крива на учење.

5) Технички барања

Зависи од тоа дали ова го прави поединец или институција.

- поединците треба да користат лиценциран софтвер за таа цел (опциите зависат од потребите);

- на поединците им е потребен стабилен компјутерски систем и простор за складирање;

- за институционална употреба потребен е сложен развој на софтвер што подлежи на лиценцирање;

- во однос на хардверот, за институциите најдобро е да се изгради сервер;

6) Етички аспекти и аспекти поврзани со податоците

- Софтверот секогаш треба да биде лиценциран.

- Археолошките податоци се чувствителни и не се секогаш со отворен код. Археолошките и музејските бази на податоци можат да имаат ограничен пристап. Ако се пристапува до такви податоци како истражувач, ваша одговорност е да ги чувате безбедно.

7) Брз почеток (опционално)

Главните чекори за мал проект се дадени во делот „2) Работен тек и образовна примена“.

8) Референци и линкови

Официјална страница / документација	https://www.dublincore.org https://pro.europeana.eu/
Ресурси за учење	https://www.geeksforgeeks.org https://www.techtarget.com https://www.jstor.org/stable/j.ctv29sfzfx

Алатка 12: Дигитално објавување и отворен пристап: објавување истражувања и податоци онлајн за пронаоѓање, пристапност и повторна употреба.

Категорија (ценовно ниво)	[Ниско / средно / високо]
Развивач / добавувач	[Компанија / заедница со отворен код]
Платформи	[Windows / macOS / Linux / Web / Mobile]
Типична лиценца	[Бесплатно / со отворен код / академско / комерцијално]
Ниво на вештини	[Почетно / средно / напредно]
Типична примена во археологијата	Дигиталното објавување на академски трудови во електронски изданија се користи за оптимална популаризација на резултатите од археолошките истражувања. Онлајн каталозите и репозиториумите со целосни текстови ја олеснуваат пронаодливоста, пристапноста и цитираноста на научните публикации.

1) Што прави алатката (краток опис)

Објавувањето на резултатите од научните истражувања во областа на археологијата во дигитални изданија ја зголемува можноста тие лесно да се пронајдат и да бидат достапни за поширока и поспецијализирана публика. Тоа ја зголемува и цитираноста на објавениот труд. Воедно го олеснува проучувањето и популаризацијата на културното и историското наследство во однос на археологијата.

Бидејќи електронските публикации се објавуваат онлајн, пристапот до нив се филтрира преку плаќање или регистрација во рамките на дигитални репозиториуми и платформи. Во друг случај, електронските публикации ќе имаат отворен пристап, што ги прави достапни за секого со интернет-врска и пребарувач. Публикациите со отворен пристап ги задржуваат авторските

права на издавачот и авторот врз текстот. Ограничениот и отворениот пристап до дигиталните научни публикации во областа на археологијата важи и за дигитализираните публикации чии оригинали се на хартија. Електронските публикации можат да се зачуваат долго време и го елиминираат ризикот од исцрпување на примероците, како што е случајот со печатените публикации.

2) Работен тек и образовна примена

Во однос на работниот тек во археолошката практика, дигиталните публикации овозможуваат навремена дисеминација на резултатите од археолошките истражувања. Во овој случај, објавувањето на повеќе фотографии и прилози не е ограничено од цената на страниците во боја кај печатените изданија. Исто така, дигиталните фотографии овозможуваат објавување слики со повисок квалитет што покажуваат повеќе детали при зголемување. Дигиталното објавување го оптимизира процесот на ширење и ја зголемува пристапноста на конкретниот труд. Објавувањето во електронски изданија често е многу побрзо отколку објавувањето во печатена форма.

При спроведување обука поврзана со објавување научни трудови во електронски публикации и публикации со отворен пристап, наставникот може да ги вклучи следниве елементи:

- Запознавање на студентите со главните аспекти од процесот на објавување во научни списанија од областа на археологијата и културно-историското наследство.
- Разграничување меѓу главните карактеристики на печатените и електронските изданија.
- Коментирање прашања поврзани со пристапот до електронски изданија, како и разјаснување на спецификите на отворениот пристап до дигитални материјали.
- Предлагање примери на електронски изданија и дигитализирани броеви достапни онлајн, со посочување примери со ограничен и со отворен пристап.
- Коментирање на позитивните аспекти на забрзаното објавување, пронаодливоста, потенцијалот за зголемена цитираност и дисеминацијата на научните резултати, како и ризиците од слободниот онлајн пристап.

- Коментирање на клучните точки од релевантното законодавство во однос на авторските права на научните трудови и материјали (конкретно за археологијата).

- Препорачување онлајн платформи каде што научниците и истражувачите можат да се регистрираат и да ги следат сите цитати и реакции кон сопствената работа.

Предложени микро-исходи од учењето:

- Стекнување знаења и вештини поврзани со електронското објавување научни трудови во областа на археологијата и културното наследство.
- Стекнување вештини за донесување информирани одлуки и преземање правилни чекори во врска со поставување дигитални верзии на сопствените трудови.
- Компетенции за следење на одекот од сопствената академска публикација, вклучително и цитати.

2а) Знаења и вештини на експертот (профил на улогата)

Предуслови за пишување академски труд за објавување во областа на археологијата и културно-историското наследство:

- Се препорачува диплома по археологија или по културно и историско наследство.

- Знаења и вештини од областа на археологијата и културно-историското наследство.

- Способност за спроведување научно или академско истражување и формулирање на резултатите во форма на академски труд (истражувачки труд).

- Висока јазична култура.

Знаења и вештини на експертот за објавување истражувања и сродни податоци во електронски публикации:

- Свест (знаење) за специјализирани електронски изданија и издавачи во областа на археологијата и културно-историското наследство.
- Знаења и вештини поврзани со процесот и спецификите на електронското објавување на научни трудови во областа на археологијата и културното наследство.
- Познавање на позитивните аспекти на забрзаното објавување, оптимизираната пронаодливост, зголемениот потенцијал за цитирање и ширењето на научните резултати, како и ризиците од слободниот онлајн пристап.
- Познавање на клучните точки од релевантното законодавство за авторски права во однос на научните трудови и материјали (особено во археологијата).
- Знаења и вештини за користење веродостојни онлајн платформи каде што научниците и истражувачите можат да се регистрираат и да ги следат сите цитати и реакции кон сопствената работа (на пр. бази на податоци за научни публикации и цитати).

Време до оспособување: под услов експертот да ги исполнува предусловите за пишување академски труд за објавување, стекнувањето знаења и вештини за објавување научни трудови и податоци во електронски публикации може да трае од неколку дена до неколку месеци, зависно од брзината на истражувањето и обуката по темата.

3) Пример(и) / студија на случај (кратко)

Пример за процесот на дигитално објавување:

Ова се некои од главните чекори низ кои треба да помине истражувач за да објави преку <https://litermedia.com/>:

1. Авторот на трудот го испраќа текстот на трудот, со апстракт и клучни зборови, до помошник-уредникот.
2. Помошник-уредникот го испраќа до рецензент кој го оценува неговиот квалитет.
3. Рецензентот го враќа до помошник-уредникот, кој потоа го испраќа до главниот уредник за проверка на англискиот апстракт преку е-пошта.
4. Главниот уредник го испраќа до техничкиот уредник за објавување во Litermedia.
5. Трудот се објавува во библиотечниот дел на веб-страницата: www.litermedia.com.

Постојат уреднички и цитатни барања за трудот, како и минимална должина на текстот и барања за форматот и големината на датотеката.

4) Предности и ограничувања

Предности	Ограничувања / барања
<ul style="list-style-type: none"> • Бесплатен до среден ценовен опсег • Многу ресурси со отворен пристап • Лесен за користење • Лесно достапен 	<ul style="list-style-type: none"> • Тешко е да се објави во некои списанија

5) Технички барања

Потребен е пристап до солиден уредувач на текст (на пр. Microsoft Word). Повремено може да биде потребен и софтвер за обработка на слики, бидејќи квалитетот на сликите мора да биде добар.

За пристап до материјалите потребни се стабилна интернет-врска, веб-пребарувач и одреден простор на хард дискот за зачувување преземања.

6) Етички аспекти и аспекти поврзани со податоците

Ако се објавува во онлајн издание со отворен пристап, содржината ќе биде лесно пронаодлива и отворена за јавноста. Потребно е да се внимава на потенцијалните ризици од плагијат поради високата достапност за секого што има интернет-врска и пребарувач.

Кога се објавува онлајн со ограничен пристап до објавените материјали, постои филтер за корисникот на податоците.

При користење материјали со отворен пристап, треба да се внимава на ограничувањата за користење на текстот и на авторските права.

7) Брз почеток (опционално)

Н/А

8) Референци и линкови

Официјална страница / документација	https://publications.naim.bg/index.php/CBA/about https://be-ja.org/index.php/journal https://www.archaeologia-bulgarica.com/archaeologia-bulgarica-supplement/ https://litermedia.com/ https://www.academia.edu/ https://www.researchgate.net/ https://archive.org/ https://scholar.google.com/ https://www.elsevier.com/products/scopus https://clarivate.com/academia-government/scientific-and-academic-research/research-discovery-and-referencing/web-of-science/
Ресурси за учење	https://videos.clarivate.com/watch/Zi1sNSbHDWM9y7UZiCq3En https://litermedia.com/index.php?pid=9

6. Примерни наставни пакети

За поддршка на модуларната имплементација, водичот вклучува примери на наставни пакети што комбинираат комплементарни алатки. Овие пакети покажуваат како различни технологии можат да се користат заедно во структурирани средини за учење.

Пакет 1: Брза теренска документација

Алатки: Фотограмetriја, теренско собирање податоци (мобилни апликации), GIS

Цел: Да ги воведете студентите во работниот тек на снимање, обработка и визуелизација на теренски податоци во кратка временска рамка.

Пакет 2: 3D реконструкција и визуелизација

Алатки: 3D скенирање, фотограмetriја, Blender / Meshroom

Цел: Да ги подучи принципите на дигитална реконструкција, рендерирање и визуелизација и за академски истражувања и за музејска презентација.

Пакет 3: Јавна вклученост во археологијата

Алатки: Дигитално раскажување, објавување со отворен пристап, виртуелна реалност

Цел: Да ги поттикне учесниците да дизајнираат достапни и привлечни дигитални резултати за наследство наменети за јавна публика.

7. Заклучок

Водичот DigiArcheoSpace: Modern Tools for Documenting and Presenting the Cultural Heritage in Archaeology има цел да го премости јазот меѓу традиционалната археолошка практика и развојниот пејзаж на дигиталните технологии. Преку јасен и структуриран преглед на алатки, методи и работни текови, водичот ги поддржува и наставниците и студентите во градењето на неопходните знаења, вештини и компетенции за ефикасно дејствување во полето на дигиталната археологија. Претставените алатки ја демонстрираат разновидноста и пристапноста на дигиталните решенија, од нискобуџетни и апликации со отворен код до специјализирани високоразвиени технологии. Секоја алатка, кога правилно се применува, ја

унапредува прецизноста, одржливоста и видливоста на археолошките истражувања и документацијата на наследството. Уште поважно, водичот промовира интегрирано разбирање на дигиталните работни текови, нагласувајќи интердисциплинарна соработка меѓу археолози, ИТ-експерти, дизајнери и професионалци за наследство. Преку оваа иницијатива, DigiArcheoSpace придонесува за модернизација на наставните програми во високото образование и за збогатување на можностите за доживотно учење во археологијата и студиите за наследство. Водичот е замислен не само како наставен ресурс, туку и како динамична референтна рамка што може да се развива со технолошкиот напредок и идните образовни потреби. На крајот, тој ја поттикнува дигиталната писменост, креативноста и иновацијата, помагајќи да се обезбеди дека документирањето и претставувањето на нашето заедничко културно наследство ќе останат и научно ригорозни и јавно привлечни.

8. Референци и дополнителна литература

1. Barceló, J. A. (2000). Visualizing what might be: An introduction to Virtual Reality techniques in archaeology.
2. Bruno, F. et al. (2019). Virtual tour in the sunken "Villa con ingresso a protiro" within the Underwater Archaeological Park of Baiae. ISPRS Archives XLII-2/W10.
3. Dallas, C. (2015). Curating archaeological knowledge in the digital continuum: from practice to infrastructure.
4. Kansa, E., et al. (2014). Open Context and data reuse in archaeology.
5. Morgan, C., & Eve, S. (2012). DIY and дигитална археологија: what are you doing to participate?
6. Renfrew, C., & Bahn, P. (2018). Archaeology: Theories, Methods and Practice.

7. Verhoeven, G. (2011). Taking computer vision aloft—Archaeological 3D reconstructions from aerial photographs with PhotoScan.
8. Wheatley, D., & Gillings, M. (2002). *Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Applications of GIS*.



DIGI·ARCHEO·SPACE

MODERN TOOLS FOR DOCUMENTING & PRESENTING
THE CULTURAL HERITAGE IN ARCHEOLOGY

Благодарност

Овој водич е изработен во рамките на Erasmus+ проектот DigiArcheoSpace, со придонес од сите проектни партнери:

- Историски музеј Приморско, Бугарија
- Студентско друштво за компјутерска уметност (SCAS), Бугарија
- Шуменски универзитет „Епископ Константин Преславски“ (SHU), Бугарија
- Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје (UKIM), Северна Македонија
- Универзитет Бартин (BARÜ), Турција
- Институт за етнологија и фолклористички истражувања (IEF), Хрватска

Посетете ја веб-страницата на проектот:

digiarcheospace.eu



**Ко-финансирано од
Европска Унија**

Проектот е финансиран од Европската Унија. Сепак, изнесените ставови и мислења се исклучиво на авторот(ите) и не мора нужно да ги одразуваат ставовите и мислењата на Европската Унија или на Европската извршна агенција за образование и култура (EACEA). Ниту Европската Унија ниту EACEA не можат да се сметаат за одговорни за нив.