



ЄВРОПЕЙСЬКА КОМІСІЯ

ГЕНЕРАЛЬНИЙ ДИРЕКТОРАТ З КОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ, КОНТЕНТУ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ

Відомості

Інтерактивні технології, цифрові технології для культури та освіти

Експертна група з цифрової культурної спадщини та Europeana

Основні принципи та поради щодо 3D-оцифрування матеріальної культурної спадщини для фахівців та установ культурної спадщини та інших охоронців культурної спадщини

ЗМІСТ

Вступ	1
Принципи та поради	2
Подяки	8
Інші посилання та ресурси	10
Детальніше	11

ВСТУП

У 2019 році в [Декларації про співпрацю щодо просування оцифрування культурної спадщини](#) 27 європейських країн¹ закликали Групу експертів Європейської Комісії з питань цифрової культурної спадщини та Europeana (Група експертів DCNE) зробити внесок у розробку загальних рекомендацій для комплексного та цілісного документування європейських 3D активів культурної спадщини.

У рамках свого внеску Експертна група DCNE, за участі також інших зовнішніх експертів, які зазначені в розділі «Подяки», склала перелік основних принципів і порад щодо 3D-оцифрування матеріальної культурної спадщини.

Перелік основних принципів і порад, наведений нижче, призначений спеціально для професіоналів та установ сфери культурної спадщини, а також інших суб'єктів збереження матеріальної культурної спадщини, включаючи місцеві та регіональні органи влади, які відповідають за будівлі, пам'ятники або об'єкти культурної спадщини й ще не мали досвіду 3D-оцифрування, ані безпосереднього, ані через зовнішнього постачальника послуг. У той же час, цей перелік буде корисним для

¹ 25 держав-членів (Австрія, Бельгія, Болгарія, Хорватія, Кіпр, Чехія, Естонія, Фінляндія, Франція, Греція, Угорщина, Італія, Ірландія, Латвія, Литва, Люксембург, Мальта, Нідерланди, Польща, Португалія, Румунія, Словаччина, Словенія, Іспанія та Швеція), а також Норвегія та Великобританія

професіоналів, установ і органів влади, котрі знайдуть тут нові корисні поради щодо досягнення найкращих результатів у проєктах з 3D-оцифрування.

Цей список рекомендацій є “динамічним” документом, який буде, за необхідності, оновлюватися, тому будь-які пропозиції щодо змін або доповнень просимо надсилати на адресу: CNECT-DCHE@ec.europa.eu

ПРИНЦИПИ ТА ПОРАДИ

Цей список містить 10 основних принципів 3D-оцифрування матеріальної культурної спадщини та низку порад щодо кожного з них.

Короткий перелік основних принципів

- [1. Зважте цінність та потребу 3D-оцифрування](#)
- [2. Обирайте, що, для кого, і в яких випадках оцифровувати](#)
- [3. Вирішіть, оцифровувати самостійно чи віддати на аутсорс](#)
- [4. Уточніть аспекти авторського права та заплануйте відкритий та широкий доступ](#)
- [5. Визначте мінімальну необхідну якість, але прагніть найвищої за доступну ціну](#)
- [6. Визначте різні версії та формати, необхідні для різного використання](#)
- [7. Заплануйте довготермінове зберігання всіх отриманих даних](#)
- [8. Використовуйте правильне обладнання, методи та робочі процеси](#)
- [9. Захистіть об'єкти під час та після оцифрування](#)
- [10. Інвестуйте в знання 3D-технологій, процесів та контенту](#)

1. ЗВАЖТЕ ЦІННІСТЬ ТА ПОТРЕБУ 3D-ОЦИФРУВАННЯ

- 3D-оцифрування є цінним для консервації та збереження, відтворення, дослідження, освіти, розвідки та повторного використання об'єкта, пов'язаного з творчістю чи туризмом.
- 3D-оцифрування є необхідністю для об'єктів матеріальної культурної спадщини, які знаходяться під загрозою, з метою їх збереження та реставрації.
- 3D-оцифрування може забезпечити віртуальний доступ до культурної спадщини, яка знаходиться у важкодоступних або недоступних місцях, наприклад, під водою.
- 3D-оцифрування може покращити доступ до культурної спадщини людям з вадами зору, сприяючи створенню доступного тактильного досвіду.
- 3D-оцифрування може сприяти кращому захисту місць і об'єктів матеріальної культурної спадщини, дозволяючи проводити дослідження за допомогою 3D-моделей, замість безпосереднього фізичного використання культурних об'єктів.

- Однак, 3D-оцифрування не запобігає усім ризикам для культурної спадщини, і жодним чином не замінює її фізичне збереження.
- Крім того, 3D-оцифрування не завжди передбачає довготривале цифрове збереження.

[Читати далі...](#)

2. ОБИРАЙТЕ, ЩО, ДЛЯ КОГО, І В ЯКИХ ВИПАДКАХ ОЦИФРОВАТИ

- Визначте обґрунтування або мету (цілі) проєкту 3D-оцифрування.
- Зосередьтеся на культурній спадщині, яка знаходиться під загрозою або має високу цінність повторного використання в оцифрованій формі.
- Розгляньте цільову(-і) групу(-и) користувачів, для яких ви будете оцифрувати, і як вони це використовуватимуть.
- Вивчіть особливості об'єкта, який ви будете оцифрувати.
- Різні випадки оцифрування вимагають різних стратегій та обладнання, а також різних рівнів мінімальної якості.
- Залучайте відділи, які не займаються оцифруванням, наприклад, відділи комунікацій, освіти чи збереження, до спільного проєктування та подальшої роботи над оцифруванням.

[Читати далі...](#)

3. ВИРІШІТЬ, ОЦИФРОВАТИ САМОСТІЙНО ЧИ ВІДДАТИ НА АУТСОРС

- Оцініть власні можливості 3D-оцифрування. Які людські ресурси, навички та обладнання є в наявності? Які додаткові ресурси чи навчання будуть потрібні?
- Проведіть аналіз витрат і вигод, щоб визначити, що буде краще для вашого проєкту – самостійне оцифрування чи аутсорсинг.
- Також подумайте про те, наскільки легко чи складно буде оновити власне 3D-робоче середовище, а також наявність підтримки та навчальних матеріалів для різних методів 3D-оцифрування.
- Особи, які мають справу з 3D-оцифруванням, особливо коли обирають аутсорсинг, повинні розуміти межі можливостей різних 3D-технік, а також вміти аналізувати та оцінювати результати.
- При передачі на аутсорсинг, зверніться за технічною порадою до 3D-експертів із певним досвідом у сфері культурної спадщини та використовуйте постачальників послуг 3D-оцифрування з певним досвідом роботи з культурною спадщиною чи в інших подібних сферах.

[Читати далі...](#)

4. УТОЧНІТЬ АСПЕКТИ АВТОРСЬКОГО ПРАВА ТА ЗАПЛАНУЙТЕ ВІДКРИТИЙ ТА ШИРОКИЙ ДОСТУП

- Визначте права, які застосовуватимуться, а також осіб і організації, які ними володіють, й обговоріть з ними усе перед початком оцифрування.
- Визначте авторське право, яке найбільш сумісне з ідентифікованими правами та підходить для мети, з якою виконується оцифрування.
- Дотримуйтеся та заохочуйте дотримання принципу – те, що є суспільним надбанням, має залишатися суспільним надбанням після оцифрування.
- Інтегруйте положення про ліцензування та авторські права у вашу угоду про доступ і повторне використання та включіть інформацію про авторські права в метадані.
- Обравши аутсорсинг переконайтеся, що оголошення і контракт вимагають, щоб будь-які авторські права (або пов'язані права), включно з метаданими, були передані установі-бенефіціару або оприлюднені у відкритому доступі, а не зарезервовані постачальником послуг.
- З самого початку сплануйте, як колекція 3D стане доступною для вашої цільової аудиторії.
- Забезпечте широкий публічний доступ, зберігання та розповсюдження 3D-моделей через відкриті загальнодоступні платформи, а також самостійне розміщення.
- Переконайтеся, що контент також доступний у відкритих форматах, щоб запобігти блокуванню від постачальника або обмеженому повторному використанню.
- Включайте метадані, у формі машинозчитуваних взаємопов'язаних даних (Linked Open Data) задля покращення можливості пошуку.

[Читати далі...](#)

5. ВИЗНАЧТЕ МІНІМАЛЬНУ НЕОБХІДНУ ЯКІСТЬ, АЛЕ ПРАГНІТЬ НАЙВИЩОЇ ЗА ДОСТУПНУ ЦІНУ

- Якість 3D-оцифрування культурної спадщини залежить не лише від точності зафіксованого та роздільної здатності, а й від інших ключових аспектів, таких як історична точність, діапазон зібраних і згенерованих даних й метаданих, та відповідність меті.
- Дослідіть, наскільки високими мають бути точність і роздільна здатність зафіксованого матеріалу, які витрати (у часі та грошах), обладнання, програмне забезпечення та навички необхідні.

- Визначте, якою є мінімальна необхідна якість для цільової аудиторії і те, як вони використовуватимуть контент, а також чи дозволяють бюджет і часові рамки проекту знімати з вищим рівнем точності.
- Прагніть до найвищої якості 3D-зйомки для найбільшої кількості об'єктів, якщо дозволяє бюджет і час.
- Те, що сьогодні вважається моделлю найвищою якості, у найближчому майбутньому може стати просто стандартом, а необроблені дані з високою точністю та високою роздільною здатністю можуть стати в нагоді в майбутньому для створення нових кращих 3D-моделей.
- Збирайте, створюйте та додавайте розширені метадані та анотації протягом усього робочого процесу (під час оцифрування, обробки, візуалізації).
- Обираючи аутсорсинг, з самого початку визначте, які вимоги до якості, які права застосовуватимуться, й які дані та в яких форматах має надати зовнішній постачальник.
- Майте на увазі, що, незалежно від якості оцифрування, 3D-модель не є 100% точною копією оригінального об'єкта.

[Читати далі...](#)

6. ВИЗНАЧТЕ РІЗНІ ВЕРСІЇ ТА ФОРМАТИ, НЕОБХІДНІ ДЛЯ РІЗНОГО ВИКОРИСТАННЯ

- Для таких цілей, як збереження та реконструкція, потрібні високоякісні геометрично правильні 3D-моделі, тоді як для візуалізації або додатків VR і AR більше підходять оптимізовані спрощені 3D-моделі.
- Використовуйте необроблені дані для створення головної 3D-моделі високої роздільної здатності, яка слугуватиме основою для децимації та перетворення в різні формати для різних цілей.
- Зробіть контент доступним у кількох форматах, принаймні один із яких має бути відкритим.
- Дотримуйтеся стандартів і найкращих практик, вибирайте відкриті та/або широко використовувані формати для 3D-моделей, наприклад glTF, X3D, STL, OBJ, DAE, PLY, WRL, DICOM або IFC.
- Оберіть програму перегляду/платформу, яка працює на різних пристроях і яку також можна підтримувати в Europeana.

[Читати далі...](#)

7. ЗАПЛАНУЙТЕ ДОВГОТЕРМІНОВЕ ЗБЕРІГАННЯ ВСІХ ОТРИМАНИХ ДАНИХ

- Доступ до 3D-контенту в Інтернеті чи в будь-який інший спосіб не дорівнює його архівації чи тривалому зберіганню, навіть якщо виконується багаторазове резервне копіювання.
- Візьміть до уваги довгострокове збереження від самого початку проєкту, включаючи всі аспекти, такі як формати, місце зберігання, майбутні перенесення та повторне використання, поточне обслуговування та відповідні довгострокові витрати.
- Зберігайте якомога більше даних з процесу 3D-оцифрування, залежно від доступних можливостей зберігання та керування даними, включаючи необроблені дані.
- Оберіть архів, який може приймати вихідні файли цифрових даних, має необхідне місце для зберігання та може запропонувати послуги зі зберігання.
- Використовуйте та підтримуйте якомога більше відкритих форматів файлів, програмного та апаратного забезпечення, а також розгляньте можливість архівування програмного забезпечення та будь-якої іншої системи, необхідної для відкриття файлів.
- Реєструйте та зберігайте всі зібрані метадані, включно з параданими про процес оцифрування та всі різні версії 3D-моделі, створені для різних цілей.
- Запровадьте систему керування даними, яка позначає всі дані для полегшення зберігання та дослідження даних.

[Читати далі...](#)

8. ВИКОРИСТОВУЙТЕ ПРАВИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ, МЕТОДИ ТА РОБОЧІ ПРОЦЕСИ

- Обладнання і методи, що використовуються, повинні відповідати типу культурної спадщини та якості, необхідній для досягнення цілі оцифрування.
- Розмір і характеристики об'єкта, цільове використання, матеріально-технічне забезпечення, доступний бюджет, терміни та умови навколишнього середовища впливають на вибір обладнання та методів.
- Ретельно оцініть продуктивність обладнання. Те, що може бути придатним для рухомих матеріальних активів (наприклад, музейних об'єктів), може бути недостатнім для нерухокої культурної спадщини (наприклад, будівель, пам'ятників або місць).
- Фотограмметрія підходить для таких матеріалів, як камінь, дерево, бетон, текстиль, пластик або метал (матова поверхня), але не для блискучих, прозорих або дуже глянцевого об'єктів, а також для об'єктів із незакріпленими/рухливими частинами.

- Для оцифрування складних об'єктів робота, яка виконується на місці й обробка даних тривають довше, тому графік робіт повинен це враховувати.
- Використання дронів для 3D-оцифрування будівель, пам'яток або місць часто потребує ліцензії пілота дрона та спеціальних дозволів.

[Читати далі...](#)

9. ЗАХИСТІТЬ ОБ'ЄКТИ ПІД ЧАС ТА ПІСЛЯ ОЦИФРУВАННЯ

- Розглядайте фізичні аспекти збереження як частину управління ризиками під час оцифрування.
- Проведіть попереднє дослідження або аналіз, щоб визначити потенційні пошкодження чи вплив використаної техніки.
- Від самого початку проекту оцифрування вкажіть, хто займатиметься об'єктами культурної спадщини та хто може наближатися до них.
- Переконайтеся, що будь-яка особа, яка працює з об'єктами культурної спадщини або керує будь-яким рухомим обладнанням для 3D-оцифрування, є компетентною для цього.
- Нехай професійні реставратори наглядають за обробкою об'єктів, залучайте їх на етапі планування.
- Переконайтеся, що є відповідне страхування.
- Після оцифрування в 3D, наскільки це можливо, уникайте безпосередньої роботи з об'єктами, використовуючи натомість створені цифрові "двійники".

[Читати далі...](#)

10. ІНВЕСТУЙТЕ В ЗНАННЯ 3D-ТЕХНОЛОГІЙ, ПРОЦЕСІВ ТА КОНТЕНТУ

- Використання 3D-технологій для документування матеріальної культурної спадщини поступово стає поширеним явищем, а знання про такі технології та процеси стають все більш цінними.
- Знання 3D-технологій, процесів і контенту є цінними незалежно від того, чи оцифруєте ви власними силами чи залучаєте аутсорсинг.
- Отримайте принаймні базові знання про 3D, включаючи технічні вимоги.
- Приступаючи безпосередньо до 3D-оцифрування, для отримання належних знань, почніть з обмеженого обсягу та обмеженої кількості об'єктів.
- Аутсорсинг 3D-оцифрування також вимагає розуміння залучених технологій, процесів і контенту.

- Навчальні курси з 3D для культурної спадщини або з 3D-технологій загалом також доступні в Інтернеті через основні платформи онлайн-навчання та інші платформи.
- Якщо ви створюєте навчальний матеріал та/або документацію щодо різних аспектів 3D-оцифрування, зробіть цей контент доступним за повністю відкритими ліцензіями, які дозволяють повторне використання в комерційних і некомерційних цілях.

[Читати далі...](#)

ПОДЯКИ

Особлива подяка за їхній внесок висловлюється:

1. Сара Ахлак, Фраунгоферський інститут досліджень комп'ютерної графіки IGD, Німеччина
2. Джон Андерссон, Wikimedia Швеція
3. Роберто Банчіні, Міністерство культурної спадщини та культурної діяльності та туризму, Італія
4. Беатріче Бентівольйо-Равазіо, Міністерство культурної спадщини та культурної діяльності та туризму, Італія
5. Валентина Бой, Центральний інститут археології, Міністерство культурної спадщини, культурної діяльності та туризму, Італія
6. Ерік Бунш, Музей палацу короля Іоанна III у Вілянові, Польща
7. Сімонетта Бутто, Центральний інститут загального каталогу італійських бібліотек і бібліографічної інформації – ICCU, Міністерство культурної спадщини, культурної діяльності та туризму, Італія
8. Олена Каландра, Центральний інститут археології, Міністерство культурної спадщини, культурної діяльності та туризму, Італія
9. Джонатан Чемла, Iconem, Франція
10. Матевз Домайнко, Fraunhofer Institute for Computer Graphics Research IGD, Німеччина
11. Magdalena Fantová, Міністерство культури, Чеська Республіка (член експертної групи DCNE)
12. Кейт Ферні, 2Culture Associates, Великобританія (голова робочої групи з 3D-контенту в Europeana)
13. Джуліана Де Франческо, Міністерство культурної спадщини, культурної діяльності та туризму, Італія (член експертної групи DCNE)
14. Роберто ді Джуліо, Університет Феррари, Італія (проект INCEPTION)
15. Томас Хагеус, Hageus Bygghantverk, Швеція
16. Моніка Хагедорн-Саупе, Museum4punkt0, Інститут музейних досліджень, Німеччина
17. Ханну Хаккінен, Фінська агенція спадщини
18. Марінос Іоаннідес, Кіпрський технологічний університет (член експертної групи DCNE)
19. Іларі Ярвінен, Фінське агентство спадщини
20. Моніка Єдральська, Національний інститут музеїв та публічних колекцій, Польща
21. Вольфганг Краут, Державний архів землі Баден-Вюртемберг, Німеччина
22. Агата Кравчик, Міністерство культури та національної спадщини, Польща
23. Кріс Де Луф, BELSPO – Бельгійська наука Політика (Член Експертної групи DCNE)
24. Ісмо Малінен, Фінська агенція спадщини (Член підгрупи Europeana Експертної групи DCNE)
25. Алессандра Маріно, Міністерство культурної спадщини, культурної діяльності та туризму, Італія

26. Марко Медічі, Університет Феррари, Італія (проект INCEPTION)
27. Франко Нікколуччі, PIN, Італія
28. Міхал Охремьяк, Музей палацу короля Яна III у Вілянові, Польща
29. Ругіле Пуоджуніене, Міністерство культури, Литва (член експертної групи DCHE)
30. Педро Сантос, Фраунгоферський інститут досліджень комп'ютерної графіки IGD
31. Мартін Шайх, Arctron 3D, Німеччина
32. Роберт Ситник, Варшавський технологічний університет, Польща
33. Єва Стенгорд, Міністерство культури, Швеція (член експертної групи DCHE)
34. Євгеніус Стратілатовас, Національна бібліотека Литви імені Мартінаса Мажвидаса
35. Генеральний віце директор державних музеїв, Міністерство культури та спорту, Іспанія
36. Кароліна Табак, Національна Музей у Варшаві, Польща
37. Етьєн Тельє, Isonem, Франція
38. Александра Гобіаш, Музей палацу короля Іоанна III у Вілянові, Польща
39. Аріанна Травілья, Університет Ка Фоскарі, Італія
40. Тадас Жіжюнас, факультет комунікації Вільнюського університету, Литва

ІНШІ ПОСИЛАННЯ ТА РЕСУРСИ

[Остаточний звіт робочої групи з 3D-контенту в Europeana](#)

[Інструкції \(поради/рекомендації\), що передбачають введення в 3D робочий процес, від збору та обробки даних до опублікування моделей онлайн, підготовлені у межах проекту «Share 3D», що фінансується ЄС](#)

[Інструкції та практичні приклади щодо технічних і логістичних аспектів створення 3D-моделей об'єктів культурної спадщини](#) (техніки збору 3D-даних, постобробка 3D-контенту, методологія 3D-публікації, метадані, а також міркування щодо ліцензування та прав інтелектуальної власності), підготовлені у межах проекту «3D-ICONS», що фінансується ЄС

[Навчальний відеокурс із 3D для культурної спадщини](#) від Visual Dimension bvba

Підручник із навчання 3D від Sketchfab у трьох частинах: [Проста геометрія](#), [Додавання кольору, текстури та світла](#), та [Створюйте власні моделі](#)

[Програмне забезпечення для 3D-сканування](#) та [програмне забезпечення для 3D-моделювання](#) від Sketchfab

[Як створити успішний проект фотограмметрії](#), Еббі Кроуфорд (археологічна графіка) на Sketchfab

[GLAM 3D Відкритий Доступ](#) – вступ та посилання на процес створення цифрового 3D-контенту. Приклади інноваційного використання цифрового досвіду в сфері культурної спадщини, включаючи 3D-контент - [Культурна спадщина @home](#)

[Посібник щодо тактильної доступності та того, як 3D-друк є однією з технологій, яка може підтримувати тактильні відчуття доступними](#)

[Хартія суспільного надбання Europeana](#)

[Лондонська хартія комп'ютерної візуалізації культурної спадщини](#)

[Смітсонівська 3D-оцифровка](#)

ДЕТАЛЬНІШЕ

1. ЗВАЖТЕ ЦІННІСТЬ ТА ПОТРЕБУ 3D-ОЦИФРУВАННЯ

- 3D-оцифрування є цінним для консервації та збереження, відтворення, дослідження, освіти, розвідки та повторного використання об'єкта, пов'язаного з творчістю чи туризмом.
- 3D-оцифрування є необхідністю для об'єктів матеріальної культурної спадщини, які знаходяться під загрозою, з метою їх збереження та реставрації.
- 3D-оцифрування може забезпечити віртуальний доступ до культурної спадщини, яка знаходиться у важкодоступних або недоступних місцях, наприклад, під водою.
- 3D-оцифрування може покращити доступ до культурної спадщини людям з вадами зору, сприяючи створенню доступного тактильного досвіду.
- 3D-оцифрування може сприяти кращому захисту місць і об'єктів матеріальної культурної спадщини, дозволяючи проводити дослідження за допомогою 3D-моделей, замість безпосереднього фізичного використання культурних об'єктів.
- Однак, 3D-оцифрування не запобігає усім ризикам для культурної спадщини, і жодним чином не замінює її фізичне збереження.
- Крім того, 3D-оцифрування не завжди передбачає довготривале цифрове збереження.

Матеріальна культурна спадщина, придатна для 3D-оцифрування, включає (1) нерухому матеріальну культурну спадщину (наприклад, будівлі, пам'ятники та місця) та (2) рухому матеріальну культурну спадщину (наприклад, музейні об'єкти та інші подібні артефакти). 3D-оцифрування матеріальної культурної спадщини є цінним для збереження, аналізу та дослідження, доступу, навчання, туризму та повторного творчого використання. У випадку матеріальної культурної спадщини, яка знаходиться під загрозою, 3D-оцифрування є необхідним для її подальшої консервації, збереження, аналізу матеріалів і реставрації. Такі загрози можуть бути наслідком раптових подій, наприклад, природних катастроф чи крадіжок, або більш довгострокових чи безперервних процесів, наприклад, зміни клімату або постійного використання чи природного розпаду матеріалів.

Іноді дозвіл на зміну цільового призначення землі може призвести до знищення археологічних залишків. До таких прикладів належать розкопки, проведені перед будівництвом доріг, аеропортів чи житла. Археологічні залишки можуть знищитись та зникнути під цими спорудами. У таких випадках 3D-оцифрування є дуже важливим для документування археологічних залишків (або археологічних об'єктів).

У той же час, 3D-оцифрування створює нові, кращі можливості для збільшення експозиції культурної спадщини та її повторного використання в різних програмах і

для різних секторів, включаючи, зокрема, освіту, культурні й творчі індустрії та туризм. Якщо ризик руйнування або знищення об'єкта культурної спадщини є низьким, основною причиною оцифрування є його вартість, у тому числі, для повторного використання.

3D-оцифрування є також важливим для об'єктів, доступ до яких обмежений або неможливий. Наприклад, підводна культурна спадщина піддається широкому спектру ризиків, а знання про такі об'єкти часто обмежені через їхню недоступність. Відповідно до Конвенції ЮНЕСКО про охорону підводної культурної спадщини (2001р.), збереження такої спадщини відбувається переважно на місці. 3D-технології дають можливість наблизитися до цього виду спадщини дистанційно, віртуально. Подібним чином, 3D-технології можуть бути важливим механізмом доступу до всіх просторів, наприклад, у спеціальних типах музеїв, як-от будинки-музеї. Ці технології також можуть покращити доступ до “розпорошених” активів культурної спадщини, що знаходяться в різних місцях, наприклад, у випадку колекцій певних предметів або єгипетських монументів.

У той же час, для людей з вадами зору доступ до матеріальної культурної спадщини вимагає тактильного досвіду. Такий досвід не завжди можливий, враховуючи, що багато об'єктів або місць недоступні для дотику. 3D-оцифрування може зробити матеріальну культурну спадщину більш доступною для людей з вадами зору, сприяючи виготовленню фізичних копій, які передають як форми, так і об'єми, а також текстуру та матеріали оригінального об'єкта.

3D-оцифрування може допомогти забезпечити кращий захист об'єктів фізичної культурної спадщини, зробивши 3D-моделі доступними для дослідження, і таким чином, обмежити пряме використання самих об'єктів культурної спадщини. Крім того, 3D-оцифрування може стати важливим засобом дослідження та збереження культурної спадщини. 3D вимірювання можуть бути основним інструментом моніторингу стану об'єктів культурної спадщини, аналізу їх потенційного руйнування як під впливом антропогенних, так і природних факторів; надати можливість прогнозувати відповідні заходи з підтримки, збереження та відновлення цих об'єктів. У такий спосіб можна передбачити вплив функціональних втручань або мобільності культурних цінностей. 3D цифрові “двійники” можуть дозволити відновити розібрані археологічні контексти або фрагменти індивідуальних предметів, виявити викрадені предмети тощо.

Однак, сама технологія 3D-оцифрування не запобігає ризикам в культурній спадщині. 3D-моделі можна використовувати для точного документування оригіналів, для посилення досліджень і моніторингу, для заміни доступу до крихких оригіналів, для надання цифрових копій у разі втрати оригіналу, таким чином, звичайно, сприяючи збереженню оригінальних об'єктів. Тим не менш, оцифрування ні в якому разі не є заміною фізичного збереження та не повинно призводити до зниження стандартів збереження культурної спадщини. Крім того, 3D-оцифрування саме по собі не передбачає цифрового збереження в довгостроковій перспективі. 3D-оцифрування (особливо рухомої культурної спадщини) має відбуватися лише після основної 2D-

цифрової документації та інших основних завдань, пов'язаних із документуванням, ідентифікацією та захистом об'єктів.

2. ОБИРАЙТЕ, ЩО, ДЛЯ КОГО, І В ЯКИХ ВИПАДКАХ ОЦИФРОВАТИ

- Визначте обґрунтування або мету (цілі) проєкту 3D-оцифрування.
- Зосередьтеся на культурній спадщині, яка знаходиться під загрозою або має високу цінність повторного використання в оцифрованій формі.
- Розгляньте цільову(-і) групу(-и) користувачів, для яких ви будете оцифровувати, і як вони це використовуватимуть.
- Вивчіть особливості об'єкта, який ви будете оцифровувати.
- Різні випадки оцифрування вимагають різних стратегій та обладнання, а також різних рівнів мінімальної якості.
- Залучайте відділи, які не займаються оцифруванням, наприклад, відділи комунікацій, освіти чи збереження, до спільного проєктування та подальшої роботи над оцифруванням.

Тривимірні моделі культурної спадщини можуть слугувати для різних цілей, відтак, вимоги до оцифрування теж будуть різнитись. Наприклад, такі цілі можуть включати детальне документування, реконструкцію, відтворення, збереження, захист, дослідження, інновації, навчання, освіти, візуалізацію або онлайн-відкриття та доступ. Вони породжують широкий спектр випадків використання технологій, включаючи створення цифрових “двійників”, віртуальну реальність, доповнену реальність, змішану реальність, шкалу часу, дослідницькі проєкти, реставраційні моделі, 3D-друк, будівлі та ландшафти, навчальні програми, ігри тощо. Кожне з цих завдань вимагає різного рівня точності та деталізації 3D моделі.

Визначення мети вашого проєкту 3D-оцифрування та чого ви хочете досягти з самого початку є критично важливим. Навіщо ви оцифруєте? Важливо зважити раціональність проєкту оцифрування 3D. Чи перебуває культурна спадщина під загрозою занепаду чи втрати? Це особливо цінно (для вашої організації чи інших)? Чи існує регулярний доступ до культурної спадщини? Чи потрібно оцифрування для конкретного проєкту, наприклад, аби розширити доступ, уможливити дослідження, стежити за станом об'єкта тощо? Також важливо визначити цільову групу користувачів 3D-контенту та те, як вони будуть використовувати такий контент. Для кого ви оцифруєте? Вони професійні консерватори? Люди, відповідальні за управління історичною будівлею чи археологічним об'єктом? Відвідувачі музею? Дослідники? Вчителі чи студенти? Широка аудиторія? Які їхні потреби щодо роботи з 3D-контентом?

Ще одним важливим аспектом, який слід розглянути, є те, які активи будуть оцифровані, наприклад, їх розмір, об'єм, і чи потребують ці об'єкти особливого

догляду та уваги. Що ви оцифруєте? Можливо, ви хочете підтримати збереження об'єкта, створивши його тривимірний цифровий “двійник” для використання персоналом, або мінімізувати роботу з крихким об'єктом. Іншою метою може бути публікація 3D-контенту в Інтернеті, щоб надати загальний доступ або створити ресурс для дослідників чи освіти. Ще однією метою цифровізації може бути створення 3D “двійника” з метою збереження.

Відповіді на такі питання, як от навіщо ви оцифруєте, для кого ви оцифруєте, та що ви оцифруєте визначають рішення щодо планування проєкту, починаючи від вибору об'єктів для оцифрування, і закінчуючи самим процесом оцифрування, та способом надання доступу до його результатів. Мета проєкту оцифрування визначає мінімальні вимоги до якості, а також відповідне обладнання та стратегію оцифрування. Для таких цілей, як збереження чи дослідження, потрібні високоточні представлення, тоді як для навчання достатньо просто зосередитися на реалістичній візуалізації. Для останньої можна використовувати зрізані 3D-моделі, щоб зменшити геометричну складність, зберігаючи зовнішній вигляд. Також існують різні стандарти, які підходять для різних цілей. Остаточний звіт про 3D-контент у Європеана, опублікований робочою групою Європеана 3D, також розглядає зв'язок між різними цілями та конкретними процесами оцифрування.

Музейні колекції можуть бути великими, існує багато будівель культурної спадщини, пам'яток і об'єктів, тому нереально очікувати якісного оцифрування всього. Обираючи активи культурної спадщини, що викликають сильне почуття приналежності, зосередьтеся на тих об'єктах, які в цифровій формі служитимуть певній меті, або перебувають під загрозою, або мають високу цінність, зокрема, для повторного використання в оцифрованій формі. Якщо ризик руйнування чи знищення низький, зробіть головним критерієм цінність об'єкта, наприклад, суспільну, економічну, естетичну цінність, рідкість. Музеї, наприклад, можуть скласти ієрархію вагомості: просторові об'єкти високої цінності, об'єкти, які потенційно можуть бути знищені чи пошкоджені тощо.

Зокрема, у випадку аутсорсингу обмежене фінансування може вимагати вибору лише кількох об'єктів для оцифрування. Якщо фінансування обмежене, визначте пріоритетність об'єктів для оцифрування. Спочатку виберіть культурну спадщину, яка відповідає меті проєкту, а потім об'єкти, які перебувають у зоні ризику або мають високу цінність, включаючи високу цінність повторного використання для вашої цільової групи.

Проєкти оцифрування, від самого початку, мають бути спільно розроблені та супроводжуватися відділами, що не займаються оцифруванням, такими як відділ комунікації, освіти, збереження тощо.

3. ВИРІШІТЬ, ОЦИФРОВАТИ САМОСТІЙНО ЧИ ВІДДАТИ НА АУТСОРС

- Оцініть власні можливості 3D-оцифрування. Які людські ресурси, навички та обладнання є в наявності? Які додаткові ресурси чи навчання будуть потрібні?

- Проведіть аналіз витрат і вигод, щоб визначити, що буде краще для вашого проєкту – самостійне оцифрування чи аутсорсинг.
- Також подумайте про те, наскільки легко чи складно буде оновити власне 3D-робоче середовище, а також наявність підтримки та навчальних матеріалів для різних методів 3D-оцифрування.
- Особи, які мають справу з 3D-оцифруванням, особливо коли обирають аутсорсинг, повинні розуміти межі можливостей різних 3D-технік, а також вміти аналізувати та оцінювати результати.
- При передачі на аутсорсинг, зверніться за технічною порадою до 3D-експертів із певним досвідом у сфері культурної спадщини та використовуйте постачальників послуг 3D-оцифрування з певним досвідом роботи з культурною спадщиною чи в інших подібних сферах.

Культурні інституції повинні проаналізувати, чи мають вони необхідні людські ресурси, навички та обладнання для внутрішнього виконання 3D-оцифрування в межах часових рамок проєкту, чи варто доручити виконання проєкту спеціалісту з 3D. Які людські ресурси, навички та обладнання є в наявності? Чи потрібна якась підготовка? Вони також повинні оцінити спроможність придбання обладнання та підготувати виконавців для внутрішньої цифровізації.

Проведіть аналіз витрат і вигод, щоб визначити, що краще для вашого проєкту – власне оцифрування чи аутсорсинг, – з точки зору стандартів і найкращих практик, результатів і часу виконання, ризиків, якості та вартості. Залежно від типу спадщини та цільового призначення ви можете обійтися малобюджетним чи безкоштовним методом DIY (фотограмметрією), стандартним вважається сканування нерухомої спадщини (хоча з текстуруванням на основі фотографій).

Враховуйте час обробки 3D-документації. Будь-який проєкт, зовнішній чи внутрішній, має ґрунтуватися на чіткому переліку ресурсів, необхідних протягом усієї тривалості проєкту, від підготовки об'єкта до сканування, постобробки до розповсюдження та, звичайно, тривалого зберігання. Ресурси, включаючи час, робочу силу, робочий простір, обчислювальні потреби та обладнання.

Подумайте, чи потрібні додаткові послуги чи операції, і включіть їх у свій робочий графік і бюджет. Це може включати нагляд консерватора або транспортування об'єктів, для чого потрібна команда підготовлених людей. Якщо ви вирішите зробити 3D-оцифрування власними силами, дослідіть також, наскільки легко можна оновити робоче 3D-середовище, наприклад, чи можна оновити програмне/апаратне забезпечення окремо чи ні, і яка сума витрат на оновлення очікується в довгостроковій перспективі. Майте також на увазі, що деякі методи, як-от фотограмметрія, дуже популярні та мають більше підтримки та навчальних матеріалів, доступних онлайн.

Укладаючи контракт із зовнішнім постачальником послуг для оцифрування об'єктів культурної спадщини, важливо з самого початку визначити, які вимоги до якості, які

права застосовуються та які дані в яких форматах має надати постачальник. Таким постачальникам потрібна детальна інформація, щоб мати можливість зробити пропозиції, які відповідатимуть меті проекту оцифрування та категорії культурної спадщини. Така інформація також необхідна для представлення всіх даних, необхідних як для поточного використання, так і для довгострокового збереження. Детальні специфікації щодо якості та цифрових результатів також важливі для належного порівняння та вибору з-поміж різних отриманих тендерних пропозицій.

Знання 3D-технологій, процесів і контенту будуть корисними для вас незалежно від того, як ви вирішили оцифрувати – самостійно чи передати на аутсорсинг. Під час аутсорсингу експертні знання необхідні не лише для визначення вимог до якості, але й для перевірки наданих даних і продуктів. Особи, які займаються 3D-оцифруванням, повинні розуміти межі можливостей різних 3D-технік, а також аналізувати та оцінювати результати. Хорошою практикою є найняти фахівця з 3D-оцифрування, навіть якщо ви вирішите передати роботу на аутсорсинг. Крім того, при аутсорсингу краще використовувати постачальника послуг 3D-оцифрування, який має певний досвід роботи з культурною спадщиною або в інших подібних сферах.

Розглядаючи пропозиції аутсорсингу, також експериментуйте з різними способами зниження витрат і створення інтересу шляхом залучення широкої громадськості до діяльності краудсорсингу. З огляду на те, що ресурси і надалі будуть обмеженими в порівнянні з кількістю об'єктів, які повинні бути оцифровані, на нашу думку, слід дослідити потенційні способи економії. Залучення населення через краудсорсинг підвищує інтерес і дає можливість заощадити кошти, що дозволить оцифрувати більше об'єктів у 3D.

Криза COVID-19 підкреслила доцільність мети працювати над потенційно повним оцифруванням культурної спадщини. Оскільки досягти цю мету на основі фінансування аутсорсингу та власного оцифрування нереалістично, існує потреба, з одного боку, розвивати та консолідувати власні навички, а з іншого, почати думати про автоматизацію процесів.

Очікується, що майбутній Європейський центр компетенції зі збереження та консервації пам'яток і об'єктів з використанням нових передових цифрових технологій стане цінним джерелом досвіду та порад.

4. УТОЧНІТЬ АСПЕКТИ АВТОРСЬКОГО ПРАВА ТА ЗАПЛАНУЙТЕ ВІДКРИТИЙ ТА ШИРОКИЙ ДОСТУП

- Визначте права, які застосовуватимуться, а також осіб і організації, які ними володіють, й обговоріть з ними усе перед початком оцифрування.
- Визначте авторське право, яке найбільш сумісне з ідентифікованими правами та підходить для мети, з якою виконується оцифрування.
- Дотримуйтеся та заохочуйте дотримання принципу – те, що є суспільним надбанням, має залишатися суспільним надбанням після оцифрування.

- Інтегруйте положення про ліцензування та авторські права у вашу угоду про доступ і повторне використання та включіть інформацію про авторські права в метадані.
- Обравши аутсорсинг переконайтеся, що оголошення і контракт вимагають, щоб будь-які авторські права (або пов'язані права), включно з метаданими, були передані установі-бенефіціару або оприлюднені у відкритому доступі, а не зарезервовані постачальником послуг.
- З самого початку сплануйте, як колекція 3D стане доступною для вашої цільової аудиторії.
- Забезпечте широкий публічний доступ, зберігання та розповсюдження 3D-моделей через відкриті загальнодоступні платформи, а також самостійне розміщення.
- Переконайтеся, що контент також доступний у відкритих форматах, щоб запобігти блокуванню від постачальника або обмеженому повторному використанню.
- Включайте метадані, у формі машинозчитуваних взаємопов'язаних даних (Linked Open Data) задля покращення можливості пошуку.

Беручи участь у проєкті 3D-оцифрування, слід враховувати, що можуть існувати певні права на фізичні будівлі, пам'ятники, місця чи об'єкти, які слід взяти до уваги. Сам процес 3D-оцифрування також може генерувати нові додаткові права. Такими правами можуть володіти різні особи чи організації. Визначте відповідні права та осіб й організації, які ними володіють, обговоріть з ними усе перед початком оцифрування. У багатьох країнах законодавство не передбачає, що права, які поширюються на об'єкт культурної спадщини, за замовчуванням передаються його оцифрованої копії. Під час аутсорсингу важливо переконаватися, що будь-які авторські права, необхідні для запланованого використання, поточного чи майбутнього, включаючи довгострокове збереження, не зарезервовані за постачальником послуг. Переконайтеся, що конкурс і контракт вимагають, щоб будь-які авторські права (або пов'язані права) були передані установі-замовнику або у суспільне використання. Це сприятиме повторному використанню результатів за межами первісного проєкту. Обговоріть і чітко опишіть ситуацію з правами на всі активи оцифрування задля забезпечення їх повторного використання.

Переконайтеся, що авторські права чітко сформульовані. Чи належить вашій організації актив, який потрібно оцифрувати, чи вам потрібно отримати дозвіл від власників? Якщо ви використовуєте аутсорсинг, кому належатимуть авторські права на отримані та оброблені дані? Чи обрали ви ліцензію, яка дозволяє використання та повторне використання контенту? Переконайтеся, що подальше повторне використання не обмежується штучно, наприклад, нечітким або обмежувальним ліцензуванням.

Заохочуйте дотримання принципу, згідно з яким те, що є суспільним надбанням, має залишатися суспільним надбанням у вигляді цифрового представлення. Цей принцип описано в Хартії суспільного надбання Europeana. Це також відповідає змісту статті 14 Директиви ЄС про авторське право. Навіть для творів, які захищені авторським правом, створення цифрового представлення з метою збереження, 3D чи іншого, не повинно вимагати від установи, яка зберігає колекції, мати детальний дозвіл власника авторського права. Це положення закріплене в статті 6 Директиви ЄС про авторське право.

Визначте мету, з якою виконуватиметься оцифрування, і авторське право, яке найбільше підходить для цієї мети. Переконайтеся, що вибране авторське право не обмежує, без потреби, повторне використання у майбутньому непередбаченими способами. Якщо ви не впевнені, обирайте максимальну свободу повторного використання за допомогою максимально відкритої ліцензії, як стандарту. Відкриті ліцензії спрощують зберігання результатів кількома сторонами, сприяючи довгостроковому зберіганню. Це відповідає таким ініціативам, як LOCKSS. Інтегруйте положення про ліцензування та авторські права у свою угоду з самого початку проєкту оцифрування, щоб визначити чіткі правила доступу та повторного використання 3D-контенту на будь-якому етапі процесу оцифрування. Також надайте інформацію про авторські права як частину метаданих. Використовуйте стандартизовані, машинозчитувані заяви про права, які дозволяють повторне використання в комерційних і некомерційних цілях, наприклад, ліцензії Creative Commons (PDM, CC0, CC BY або CC BY-SA). Europeana створила потужну спільноту авторських прав і надає численні ресурси та поради щодо авторського права й ліцензування, включаючи готові до використання заяви про права.

Важливо з самого початку спланувати, як колекція 3D стане доступною для вашої цільової аудиторії. Подумайте, як користувачі отримають доступ до вмісту – онлайн, у галереї, через високопродуктивні комп'ютери, через хостинг чи онлайн-сервіс, або через стрімінг. Існують різні способи надання доступу, і такі способи та засоби залежать від того, чи є ваша цільова аудиторія внутрішньою чи зовнішньою, використовує контент офлайн чи онлайн. 3D-моделі, які легко знайти, переглянути та поділитися ними, розширюють охоплення культурної спадщини та збільшують її вплив і цінність. Зробити 3D-моделі загальнодоступними можна за допомогою платформ обслуговування та/або самостійного розміщення. Розгляньте публічний доступ, зберігання та розповсюдження 3D-моделей через відкриті публічні платформи, а також самостійне розміщення. Щоб уможливити агрегацію даних на європейському рівні, дотримуйтеся принципів FAIR. Переконайтеся, що контент доступний у тих форматах, які підтримують доступ, який ви хочете надати.

Вам може знадобитися більше ніж один формат – наприклад, один формат для 3D-друку, інший для онлайн-візуалізації та третій для архівування. Переконайтеся, що контент (також) доступний у відкритих форматах, щоб запобігти блокуванню від постачальника або обмеженому повторному використанню. Є багато прикладів втрати цінного контенту, оскільки постачальники припиняють роботу або не підтримують свої

формати та інструменти, необхідні для його зчитування, в актуальному стані. Забезпечення контенту, доступного у відкритих форматах, допомагає зменшити цей ризик.

Найчастіше локальні загальнодоступні посилання на 3D-контент (наприклад, на веб-сайтах музеїв) працюють погано порівняно з добре відомими, контрольованими, оптимізованими, постійно оновлюваними всесвітніми хостинговими платформами або Europeana. Невеликі установи повинні розглянути можливість укладення довгострокових угод з такими платформами, якщо вони не можуть забезпечити високу якість місцевих веб-сервісів. Надання метаданих Europeana, європейській цифровій платформі культурної спадщини, також полегшує знайомство та онлайн-доступ до такого контенту з усіх куточків Європи та за її межами. Метадані, отримані у формі машинозчитуваних взаємопов'язаних даних (Linked Open Data), є дуже важливими для покращення можливостей пошуку.

5. ВИЗНАЧТЕ МІНІМАЛЬНУ НЕОБХІДНУ ЯКІСТЬ, АЛЕ ПРАГНІТЬ НАЙВИЩОЇ ЗА ДОСТУПНУ ЦІНУ

- Якість 3D-оцифрування культурної спадщини залежить не лише від точності зафіксованого та роздільної здатності, а й від інших ключових аспектів, таких як історична точність, діапазон зібраних і згенерованих даних й метаданих, та відповідність меті.
- Дослідіть, наскільки високими мають бути точність і роздільна здатність зафіксованого матеріалу, які витрати (у часі та грошах), обладнання, програмне забезпечення та навички необхідні.
- Визначте, якою є мінімальна необхідна якість для цільової аудиторії і те, як вони використовуватимуть контент, а також чи дозволяють бюджет і часові рамки проекту знімати з вищим рівнем точності.
- Прагніть до найвищої якості 3D-зйомки для найбільшої кількості об'єктів, якщо дозволяє бюджет і час.
- Те, що сьогодні вважається моделлю найвищою якості, у найближчому майбутньому може стати просто стандартом, а необроблені дані з високою точністю та високою роздільною здатністю можуть стати в нагоді в майбутньому для створення нових кращих 3D-моделей.
- Збирайте, створюйте та додавайте розширені метадані та анотації протягом усього робочого процесу (під час оцифрування, обробки, візуалізації).
- Обираючи аутсорсинг, з самого початку визначте, які вимоги до якості, які права застосовуватимуться, й які дані та в яких форматах має надати зовнішній постачальник.
- Майте на увазі, що, незалежно від якості оцифрування, 3D-модель не є 100% точною копією оригінального об'єкта.

Якість є ключовим аспектом у контексті 3D-оцифрування матеріальної культурної спадщини, і це – серйозний виклик, оскільки матеріальна культурна спадщина – різноманітна, а отримані 3D-моделі – складні. Існує багато параметрів, на різних етапах процесу 3D-оцифрування, вони відрізняються залежно від типу матеріальної культурної спадщини, а також від обладнання та методики, що використовується. Різні цілі або використання отриманого 3D-матеріалу також визначають різні комбінації та рівні цих параметрів для досягнення мінімального рівня якості, який відповідає загальній меті. Крім того, використовуються різні інструменти, формати, робочі процеси та програмні рішення без достатнього рівня стандартизації. 3D-моделі мають бути корисними також як робочі моделі, а це вимагає високої якості. Проєкти 3D-оцифрування повинні приділяти особливу увагу критеріям, які визначають якість, таким як робота з текстурою та кольором, дотримання точності розмірів задля створення надійних та придатних для повторного використання оцифрованих ресурсів.

Точність форми (висока роздільна здатність або велика кількість багатокутників) є одним із технічних показників, але існують також й інші, такі як колір і текстура. Висока якість визначається не лише роздільною здатністю та точністю, а й ступенем того, наскільки добре 3D-модель відтворює реальний об'єкт із усіма його характеристиками, що є основою, наприклад, для фотореалістичного 3D-рендеринга або фізичного відтворення. Ці характеристики включають, наскільки точно геометричні об'єкти були зафіксовані та реконструйовані, а також, наскільки близькі зафіксовані кольори до певного еталонного кольору. Якщо це можливо, для фотограмметричних проєктів слід використовувати справжні кольорові опорні пластини, оскільки подальша додаткова обробка дасть змогу отримати точніші результати щодо кольору об'єкта.

Однак, геометрія та кольори – це ще не все, що потрібно для точного відтворення, оскільки вони не передають динамічну поведінку поверхні об'єкта під час реакції на різне освітлення або під час спостереження під різними кутами. Матеріальна спадщина складається з широкого спектру різних фізичних матеріалів, кожен з яких має свою власну динаміку в цьому відношенні, наприклад, відображення з різною інтенсивністю та розподілом, залежить від кута зміни кольору та навіть прозорості. Отримання оптичної поведінки матеріалу намагається охопити цей аспект, який виходить далеко за межі лише інформації про геометрію та текстуру. Задля досягнення найвищої якості й, як наслідок, найвищої реалістичності, за можливості, потрібно враховувати поведінку оптичного матеріалу.

Обладнання та стратегія цифровізації також впливають на якість. Інструменти, що використовуються для фіксації, і алгоритми, задіяні в обробці, визначають точність отриманого набору 3D-даних й моделі. Обробка не повинна додавати жодних штучних візуальних елементів чи ефектів до моделі, або, принаймні, будь-яке таке перетворення має бути добре задокументоване та давати можливість відокремити його від оригіналу, у вигляді окремого шару. Для великих територій більш придатним може бути багатомасштабний підхід оцифрування. Він передбачає використання середньої роздільної здатності під час сканування ландшафту та вищої роздільної здатності під

час сканування цільового об'єкта. Висока роздільна здатність по всій площі може бути недоречною, оскільки сканування великої території може призвести до величезних наборів даних, якими буде дуже важко керувати, зберігати та шукати в довгостроковій перспективі. Належна політика накопичення даних є важливою для зменшення такого ризику. Можливе поєднання різних роздільних здатностей (середньої та високої) в одній 3D-моделі на етапі обробки даних. Тим не менш, цей метод зазвичай вимагає якісного програмного забезпечення для постобробки, і отриману модель не завжди можна «переглянути». Незважаючи на це, незалежно від якості 3D-моделей, вони не замінюють оригінальні об'єкти, будівлі тощо. Модель, згенерована програмним забезпеченням 3D, не буде на 100% точною копією оригінального об'єкта. Модель створюється з великого об'єму фотографій або лазерних даних тощо, а постобробка 3D є більш-менш недосконалою, і залежить від кількох аспектів, включаючи якість і кількість зображень, наскільки точними є лазерні дані, налаштування програмного забезпечення тощо.

Музейні колекції можуть бути великими, також існує багато будівель культурної спадщини, пам'яток і об'єктів, тому нереалістично очікувати оцифрування всього в найвищій якості. Необроблені дані з високою точністю та роздільною здатністю можна використовувати з метою створення 3D-моделей для різних аудиторій і функцій. Однак, існує потреба в балансі між часом, вартістю, роздільною здатністю та точністю, з якою збираються дані. Інструменти, необхідні для фіксації дуже високої роздільної здатності, дорогі, і обробка отриманих наборів даних може зайняти більше часу. Врахування потреб цільових груп користувачів і того, як вони, ймовірно, будуть використовувати 3D-контент, дає змогу зробити обґрунтований вибір. Мінімальні вимоги до якості мають відображати мету проєкту оцифрування. Деякі цілі, такі як збереження та реконструкція, вимагають високоякісних геометрично правильних 3D-моделей. Для візуалізації або додатків VR і AR більше підходять оптимізовані розрізані 3D-моделі. Як правило, моделі з високою роздільною здатністю спрощуються, щоб зменшити геометричну складність, зберігаючи характерні риси та їхній зовнішній вигляд. Якість постобробки також має відповідати обраному призначенню.

Дослідіть, наскільки високими мають бути точність і роздільна здатність, які витрати (у часі та коштах), а також обладнання, програмне забезпечення і навички необхідні, а потім розгляньте мінімальний рівень точності, необхідний для проєкту, чи дозволяє бюджет й часові рамки проєкту фіксувати все з вищим рівнем точності.

Визначте мінімальний рівень якості для даних вимірювань, які будуть достатньо хорошими для задоволення ваших потреб. Іноді, наприклад, може знадобитися різна якість даних документування цілого об'єкта та набагато детальніші дані для невеликого фрагмента, щоб зафіксувати певні процеси або сліди впливу. Вимірювання та особливо постобробка даних займають багато часу, тому мінімальні вимоги до якості повинні зробити весь процес ефективнішим і дешевшим. Тим не менш, найвища якість сьогодні може стати просто стандартом у найближчому майбутньому, а те, що достатньо добре зараз, може стати базовим або навіть недостатнім. У такому разі

необроблені дані з високою точністю та роздільною здатністю можуть бути корисними в майбутньому для створення нових, кращих 3D-моделей з використанням переваг цифрових технологій і зв'язку. З цієї причини важливо прагнути до найвищої якості, за доступною ціною, і, можливо, варто обмежити кількість охоплених об'єктів, якщо дозволяє бюджет і наявний час. Іншими словами, подумайте про фіксування меншої кількості об'єктів, але із вищою точністю та роздільною здатністю.

Дані, отримані за допомогою оцифрування, наприклад, за допомогою фотограмметрії або лазерного сканування, марні без технічних, адміністративних метаданих і метаданих про походження, що забезпечують відтворюваність і відстежуваність артефакту. Дуже важливо полегшити перевірку того, яка частина даних була зафіксована, а які частини моделі були змодельовані. Ми оцифруємо культурну спадщину, бо вона має історичну цінність. Таким чином, історична інформація про об'єкт або місце є такою ж важливою, як і технічні дані процесу оцифрування (налаштування, дані калібрування, необроблені дані, інформація про обладнання для збору даних і фактори навколишнього середовища) й остаточні дані 3D-моделі, такі як геометрія та текстури артефакту. Історична точність (або дослідження, яке лежить в основі реконструкції) є абсолютно необхідним для проєктів культурної спадщини.

Комплексні та адекватні метадані, збагачені сучасними багатомовними глосаріями, покращують виявлення моделей у системах керування вмістом (CMS) або системах керування цифровими активами (DAM) та/або пошукових системах, зокрема, через Europeana. Метадані є основним ключем для збереження, доступу, використання, повторного використання, керування правами, розуміння моделі та оцифрованого об'єкта. Надання вичерпних та адекватних метаданих також дозволяє повторне використання й підтримує архівування.

Метадані не повинні бути об'єктом авторського права. 3D-моделі без метаданих корисні для відеоігор і в проєктах сторітелінгу, або для віртуальних реконструкцій, наприклад, археологічних контекстів. Застосування Лондонської хартії комп'ютерної візуалізації культурної спадщини гарантувало б, що моделі є історично точними та посилаються на наукові знання, що лежать в їх основі, з чітким розмежуванням між пропозиціями реконструкції, заснованими на фактах, і пропозиціями, заснованими на уяві. 3D-моделі з окремими метаданими зараз досить поширені, й вони страждають від цього розподілу між 3D і метаданими. Метадані можна прив'язати до моделі таким чином, щоб вони не були стійкими до постобробки та подальших втручань у 3D-модель. Крім того, різні 3D-моделі представлятимуть різний рівень деталізації інформації, що може бути проблематичним у разі порівняння чи агрегації. 3D-моделі з вбудованими метаданими (BIM) є більш ефективними, але їх важко виготовляти, оскільки вони все ще вимагають значного ручного втручання. Хоча проблема «сканування в BIM» ще не вирішена, цілком можливо, що незабаром буде знайдено рішення самим ринком, оскільки широкі професійні сфери (такі як інженерія) працюють над нею за межами сфери культурної спадщини. Аналогічного можна прагнути застосування штучного інтелекту для цієї мети, що ще не дуже розвинуто.

Щоб бути повними, метадані для 3D-об'єкта також мають містити інформацію про об'єкт культурної спадщини, про створені цифрові дані та про сам проєкт оцифрування. Останні часто називають парадані (paradata). Метадані об'єкта включають таку інформацію, як назва, тип, опис, права, розташування, геометрія, текстури та матеріали. Інформація про об'єкт має також описувати його культурну та історичну цінність, містити географічну та часову інформацію.

Метадані веб- або цифрових ресурсів містять усю технічну інформацію, пов'язану з 3D-об'єктами культурної спадщини або місцем, наприклад, техніку отримання, специфікації системи та програмного забезпечення, якість реконструкції та формати 3D-моделі. Для 3D-моделей, опублікованих в Інтернеті, також корисні ключові слова, оскільки вони підвищують видимість. Метадані проєкту, або парадані, включають таку інформацію, як мета оцифрування, умови, що стосуються збору та обробки даних, обладнання та методи, що використовуються, процес оцифрування та залучені суб'єкти. Деякі метадані можуть бути зафіксовані обладнанням, яке використовується для оцифрування та обробки. Такі метадані слід фіксувати протягом усього робочого процесу, а не наприкінці проєкту, коли термін реалізації і фінансування можуть закінчитися. Процес фіксування/отримання, що встановлює стабільний і міцний зв'язок між метаданими та моделями, буде надзвичайно важливим і його слід зазначати. Однак, не всю актуальну інформацію можна зібрати за допомогою цифрових інструментів. Деякі метадані потребують дослідження, наприклад, історична чи культурна цінність об'єкта. Інші метадані можуть включати лабораторні тести, наприклад, дані про матеріали.

Багаті метадані сприяють ефективному виявленню, доступу та розумінню моделі й представленого нею об'єкта культурної спадщини, як і того, що можна з нею зробити. Метадані слід адаптувати до потреб використання 3D-моделі, щоб мінімізувати маніпуляції. Постійні ідентифікатори 3D-вмісту забезпечують можливість пошуку такого контенту з часом. Паралельно з обліком метаданих і параданих також важливо відображати та поширювати найважливіші властивості метаданих із поширенням 3D-моделей. Слід також розглянути маркування 3D-моделей для їх використання в рамках розпізнавання об'єктів, машинного навчання та інших підходів до дослідження штучного інтелекту. Користувачами не завжди є лише люди: розроблена сьогодні кампанія оцифрування повинна враховувати наявність метаданих і цифрових об'єктів для розпізнавання, машинного навчання та інших форм досліджень на основі штучного інтелекту. Крім метаданих, моделі повинні бути оснащені анотаціями (маркуванням), що робить їх придатними для використання у контекстах великих даних і штучного інтелекту. Використання штучного інтелекту у сфері культурної спадщини наразі фактично сповільнюється через відсутність відповідних наборів даних.

Сумісність даних має вирішальне значення. Тому 3D-моделі та метадані повинні прийняти стандарти метаданих для культурної спадщини, консолідовані на міжнародному або європейському рівні, щоб гарантувати сумісність зібраних даних. Остаточний звіт про 3D-контент у Europeana, опублікований робочою групою Europeana 3D, розглядає та обговорює схеми метаданих для наборів і моделей 3D-

даних культурної спадщини та надає деякі рекомендації щодо цього. Задіяна схема метаданих має бути придатною для культурної спадщини та конкретного типу оцифрованого контенту. Будь-які розширення, застосовані до існуючої схеми метаданих, повинні бути чітко задокументовані. Рекомендується зберігати метадані у форматі XML/RDF і робити їх у форматі машинозчитуваних та пов'язаних даних (Linked Open Data).

Метадані повинні бути сформовані так, щоб уможливити включення, навіть на більш пізньому етапі, усієї інформації, необхідної для використання моделі з метою вивчення оцифрованого культурного об'єкта, його консервації та реставрації, а також для того, щоб донести його до громадськості. Зворотний зв'язок для пропозицій покращень і виправлень від користувачів (те, що іноді називають двостороннім повторенням), буде цінним. Завдяки залученню спільноти до роботи, наприклад, з метаданими або самими моделями, буде створено цінний вміст, який можна буде (повторно) використовувати в самих проєктах 3D-оцифрування.

6. ВИЗНАЧТЕ РІЗНІ ВЕРСІЇ ТА ФОРМАТИ, НЕОБХІДНІ ДЛЯ РІЗНОГО ВИКОРИСТАННЯ

- Для таких цілей, як збереження та реконструкція, потрібні високоякісні геометрично правильні 3D-моделі, тоді як для візуалізації або додатків VR і AR більше підходять оптимізовані спрощені 3D-моделі.
- Використовуйте необроблені дані для створення головної 3D-моделі високої роздільної здатності, яка слугуватиме основою для децимації та перетворення в різні формати для різних цілей.
- Зробіть контент доступним у кількох форматах, принаймні один із яких має бути відкритим.
- Дотримуйтеся стандартів і найкращих практик, вибирайте відкриті та/або широко використовувані формати для 3D-моделей, наприклад glTF, X3D, STL, OBJ, DAE, PLY, WRL, DICOM або IFC.
- Оберіть програму перегляду/платформу, яка працює на різних пристроях і яку також можна підтримувати в Europeana.

Необроблені 3D-дані, отримані в результаті процесу оцифрування, потребують подальшої обробки для створення 3D-моделей та іншого 3D-контенту для різноманітного використання. Оцифрування може служити для різних цілей, як-от документування, реконструкція, збереження, дослідження, освіта, візуалізація або онлайн-відкриття й доступ. Моделі та контент для кожної мети можуть включати офлайн-моделі з високою роздільною здатністю, онлайн-моделі, інтерактивні елементи, 3D-моделі для друку, моделі доповненої та віртуальної реальності, публікації, зображення, відео та панорами.

Після збору даних потрібна постобробка для перетворення необроблених наборів даних у 3D-моделі. Це включає послідовність кроків для обробки та візуального покращення необроблених даних. Той самий набір необроблених даних можна використовувати для створення 3D-моделей з різною роздільною здатністю, у форматах, придатних для друку, онлайн рендерингу або зберігання в архіві. Необроблені дані на етапі фіксування можна використовувати для створення головної 3D-моделі високої роздільної здатності, яка потім може бути основою для децимації та перетворення в різні формати у відповідності до різних цілей. Метадані та парадані можна використовувати для зв'язування декількох версій з оригінальним 3D-джерелом, за умови, якщо фаза фіксування однакова. Було б корисно визначити процедуру надання необроблених даних та/або головної моделі повторним користувачам, щоб дозволити їм створювати 3D-моделі, які найкраще відповідають їхнім потребам. Такі практики допоможуть стимулювати інновації, інтерес і мистецькі твори за допомогою 3D-оцифрування.

Цільове використання моделі також впливатиме на те, яким чином контент стане доступним. 3D-модель, в принципі, не повинна використовуватися для однієї мети, а повинна стати частиною ширшої екосистеми цифрової культурної спадщини, що дозволяє повторно використовувати та повторно обробляти цифрову інформацію для подальших цілей вивчення чи розповсюдження. 3D-моделі високої роздільної здатності, призначені для використання під час збереження історичних будівель, ймовірно, будуть доступні в автономному режимі на потужних комп'ютерах із професійним програмним забезпеченням. 3D-моделі, створені для інтерактивів галереї, можуть бути доступні через ігрові платформи на внутрішньому обладнанні галереї. Для онлайн-доступу рекомендується використовувати засоби перегляду або сервісні платформи, які відповідають стандартам, до яких можна отримати доступ через низку пристроїв (настільний комп'ютер, мобільний тощо), і які можна вбудувати в Europeana.

Переконайтеся, що ви дотримуетесь стандартів і найкращих практик, якщо вони вже існують та якщо це можливо. Щоб максимізувати довгострокову корисність, доступність і потенціал вашого 3D-контенту, оберіть відкриті та/або широко використовувані формати для 3D. Це, разом зі зрозумілою ліцензією, збільшує потенціал повторного використання контенту для потреб, які можуть виникнути з часом. Також, за потреби, матеріал має бути доступним у кількох форматах, принаймні один з яких має бути відкритим, щоб забезпечити доступ до контенту кожному і незалежно від часу. Ліцензування має бути чітким, незалежно від формату, та дозволяти повторне використання.

Відкриті та широко використовувані формати для створення 3D-моделей із необроблених даних включають такі формати, як glTF, X3D, STL, OBJ, DAE, PLY, WRL, DICOM або IFC. Дані високої якості та високої роздільної здатності можна зберігати у форматах *.OBJ або *.DAE. Поширені формати візуалізації віртуальної та доповненої реальності – *.USDZ і *.glTF. Для 3D-друку широко використовуються *.STL і для веб-візуалізації *.X3D і *.GLB. 3D-моделі для друку можуть бути корисним для людей з обмеженими можливостями. Список не є вичерпним, оскільки 3D-моделі

створюються для різних кінцевих цілей. Існують також інші відкриті та широко використовувані формати для конкретних цілей, такі як IFC для архітектури та інженерно-будівельної промисловості, і такі формати часто включають більше, ніж просто форму. Якщо використовуються інші формати, специфікація формату повинна бути вказана або додана разом з даними.

3D-моделі великих ділянок можуть бути дуже великими файлами, які важко відкривати та відображати, керувати ними. Щоб вирішити цю проблему, існують такі варіанти, як потокова передача 3D-моделей або використання протоколів, які «розбивають» великі 3D-моделі. Досить специфічними для великих 3D-моделей, є протоколи, які «розбивають» великі 3D-моделі, працюють шляхом розрізання таких моделей на менші частини (плитки), які комп'ютер може легше відобразити. Оскільки комп'ютер плавно завантажує такі менші фрагменти в режимі реального часу, глядачеві буде зручно досліджувати лише одну 3D-модель. Існує кілька форматів для таких протоколів керування 3D-моделями: 3D Tiles, розроблений Cesium Consortium (відкритий формат, і вже має широку спільноту користувачів, які беруть участь у розробці інструменту), Potree, розроблений у Віденському технічному університеті (також відкритий формат, але спільнота менша), і система мозаїки I3s, запропонована Esri (також з відкритим кодом).

У випадках, коли оцифрування передане й виконується зовнішніми підрядниками, замовник часто отримує лише кінцевий результат оцифрування. Щоб забезпечити можливість подальшого повторного використання, необроблені дані разом з контекстною інформацією та метаданими також повинні бути передані. В ідеальних умовах, до оцифрування залучається окремий підрядник (наприклад, компанія), й уся інформація, створена під час оцифрування, оприлюднюється.

7. ЗАПЛАНУЙТЕ ДОВГОТЕРМІНОВЕ ЗБЕРІГАННЯ ВСІХ ОТРИМАНИХ ДАНИХ

- Доступ до 3D-контенту в Інтернеті чи в будь-який інший спосіб не дорівнює його архівації чи тривалому зберіганню, навіть якщо виконується багаторазове резервне копіювання.
- Візьміть до уваги довгострокове збереження від самого початку проекту, включаючи всі аспекти, такі як формати, місце зберігання, майбутні перенесення та повторне використання, поточне обслуговування та відповідні довгострокові витрати.
- Зберігайте якомога більше даних з процесу 3D-оцифрування, залежно від доступних можливостей зберігання та керування даними, включаючи необроблені дані.
- Оберіть архів, який може приймати вихідні файли цифрових даних, має необхідне місце для зберігання та може запропонувати послуги зі зберігання.
- Використовуйте та підтримуйте якомога більше відкритих форматів файлів, програмного та апаратного забезпечення, а також розгляньте можливість

архівування програмного забезпечення та будь-якої іншої системи, необхідної для відкриття файлів.

- Реєструйте та зберігайте всі зібрані метадані, включно з параданими про процес оцифрування та всі різні версії 3D-моделі, створені для різних цілей.
- Запровадьте систему керування даними, яка позначає всі дані для полегшення зберігання та дослідження даних.

Процес оцифрування матеріальної культурної спадщини в 3D починається з отримання необроблених даних, тобто наборів даних, отриманих у польових умовах і ще не перетворених на 3D-моделі. У випадку фотограмметрії такі необроблені дані складаються з фотографій (у необроблених форматах, таких як jpeg, tiff або dng), які потім обробляються за допомогою фотограмметричних алгоритмів і програмного забезпечення та перетворюються на 3D-моделі. Якщо програмне забезпечення має опцію створення автоматизованого звіту про якість, його слід створити та включити в архів із параданими.

Надання доступу до 3D-контенту не рівнозначне його архівуванню чи довготривалому збереженню, навіть якщо виконується багаторазове резервне копіювання. Цифрові файли, які створюються, потребують постійної роботи для забезпечення їх збереження, цілісності та майбутнього доступу. Тому, планувати довгострокове збереження слід від самого початку проекту, включаючи всі аспекти, такі як формати, місце зберігання, майбутні перенесення та повторне використання, обслуговування, а також довгостроковий бюджет і витрати. Тому важливо мати стратегію довгострокового зберігання, а також виділити необхідні ресурси, особливо, якщо метою проекту є збереження активів культурної спадщини, які знаходяться під загрозою.

Від самого початку роботи потрібно мати чіткі плани щодо того, де зберігати, як обробляти, як керувати, як знаходити, використовувати та повторно використовувати 3D-моделі. Накопичення 3D-моделей за відсутності таких планів призведе до ризику переваг кількості над якістю. Важливе значення має не кількість моделей, а їхнє використання, повторне використання, можливість пошуку, сумісність (принципи FAIR є ключовими).

Інституції, від самого початку роботи над проектом, повинні включити такі аспекти у свої плани оцифрування, щоб передбачити довгострокові витрати (на резервне копіювання, зберігання, перенесення даних тощо). Складіть план управління даними, включіть мету, цільову групу(-и) користувачів, усі ваші рішення (і, можливо, доступні варіанти) щодо оцифрування та збереження, і уважно його виконуйте. Часто оновлюйте. Щороку перевіряйте процеси, щоб вони відповідали плану управління даними.

Для тривалого збереження використовуйте систему або платформу, розроблену спеціально для цієї мети. Недостатньо завантажувати моделі на платформи загального призначення. Наразі небагато цифрових архівів гарантують довготривале збереження всіх даних, створених у проєктах 3D-оцифрування (необроблені файли, оброблені дані,

візуалізації, анімації, доповнена та віртуальна реальність). Однак, існують деякі стандартні формати файлів, які підходять (або можуть стати придатними) для тривалого зберігання.

Вирішіть, куди передати свою колекцію для довгострокового зберігання. Визначте архів, який може приймати вихідні файли цифрових даних, який має місце для зберігання та може запропонувати послугу збереження. Обговоріть відповідні формати файлів і метадані, необхідні для зберігання в архіві, й включіть результати обговорення у свої плани оцифрування.

Усі дані процесу оцифрування є цінними. Важливо зберігати якомога більше даних залежно від наявних можливостей зберігання та керування даними, включно з необробленими даними (істинними даними), такими як фотографії для фотограмметрії або хмари точок. Такий підхід також передбачає архівування та місце для зберігання, що гарантують безпечне збереження, шляхом створення резервних копій. Особливо підходять для цього завдання репозиторії для необроблених даних, резервні копії яких створюються автоматично.

Систематично зберігайте необроблені дані, а не лише 3D-моделі, тому що технологічний прогрес і швидкісні алгоритми дозволять створювати кращі моделі, а швидкісний зв'язок забезпечить отримання доступу до великих моделей онлайн. Наприклад, можна використовувати той самий набір необроблених даних для створення набагато кращої 3D-моделі у 2020 році порівняно з 2015 роком лише тому, що за п'ять років алгоритми значно вдосконаляться. Також рееструйте та зберігайте всі зібрані метадані, включаючи парадані про процес оцифрування. Необхідно зберегти не лише остаточну 3D-модель, але й усі дані вимірювань, основні кроки постобробки даних та опис робочого процесу. Запровадьте систему керування даними, яка позначає всі дані задля полегшення зберігання та дослідження даних. Тим не менш, потреба зібрати якомога більше даних (технічна інформація, парадані) може створити проблему при задіяні зовнішнього комерційного підрядника для виготовлення 3D-моделей. Деякі з них можуть вважати таку інформацію комерційною таємницею.

Архівні файли можуть бути дуже великими. Необроблені дані лише для одного 3D-об'єкта можуть займати 200 гігабайт або більше. Розгляньте доступні варіанти зберігання створених файлів, передбачте достатньо простору для безпеки для їх збереження. Дослідіть, як варіанти зберігання даних найкращі. Наприклад, пам'ять типу FLASH не підходить для зберігання файлів довше 5-10 років. Скільки копій одних і тих самих ДАНИХ потрібно зробити та зберегти? Які є варіанти хмарних технологій? Уважно вивчіть такі аспекти, як безпека, економія, доступ тощо. Ці питання дуже важливо враховувати. CEF eArchiving Building Block надає стандартні специфікації та зразки програмного забезпечення для довгострокового цифрового збереження, а також підтримку.

У деяких випадках необроблені дані можуть вимагати тривалої обробки, щоб зберегти їх придатність для використання. Наприклад, необроблені дані можуть потребувати підтримки, в даному випадку слід обрати відкритий формат, за умови, якщо це можливо. Іноді необроблені дані з деяких лазерних сканерів більше не можна відкрити

через оновлення програмного забезпечення, і з цієї причини вам слід також розглянути можливість архівування програмного забезпечення та будь-якої іншої системи, необхідної для відкриття файлу. Конверсія можлива лише за умови дотримання покрокової процедури (версія 1 до 2, 2 до 3 тощо), але слід уникати великих “стрибків” від однієї версії до іншої (від версії 1 до 10), через ризик пошкодження файлу. Таке вже сталося з деякими 3D базами даних після 15 років зберігання.

3D-оцифрування є досить новою сферою діяльності, і стратегічна робота з розробки відкритих форматів дозволить вирішити багато проблем, а також запобігти виникненню нових у майбутньому (наприклад, коли комерційні формати більше не підтримуються через банкрутства тощо). Одна з рекомендацій полягає в тому, щоб використовувати якомога більше відкритих форматів файлів, програмного та апаратного забезпечення. Крім того, за можливості, активно підтримувати розвиток відкритих форматів.

8. ВИКОРИСТОВУЙТЕ ПРАВИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ, МЕТОДИ ТА РОБОЧІ ПРОЦЕСИ

- Обладнання і методи, що використовуються, повинні відповідати типу культурної спадщини та якості, необхідній для досягнення цілі оцифрування.
- Розмір і характеристики об'єкта, цільове використання, матеріально-технічне забезпечення, доступний бюджет, терміни та умови навколишнього середовища впливають на вибір обладнання та методів.
- Ретельно оцініть продуктивність обладнання. Те, що може бути придатним для рухомих матеріальних активів (наприклад, музейних об'єктів), може бути недостатнім для нерухокої культурної спадщини (наприклад, будівель, пам'ятників або місць).
- Фотограмметрія підходить для таких матеріалів, як камінь, дерево, бетон, текстиль, пластик або метал (матова поверхня), але не для блискучих, прозорих або дуже глянцевого об'єктів, а також для об'єктів із незакріпленими/рухливими частинами.
- Для оцифрування складних об'єктів робота, яка виконується на місці й обробка даних тривають довше, тому графік робіт повинен це враховувати.
- Використання дронів для 3D-оцифрування будівель, пам'ятників або місць часто потребує ліцензії пілота дрона та спеціальних дозволів.

Універсального методу 3D-оцифрування не існує. Обладнання, методи та робочі процеси, що використовуються, відрізняються залежно від типу культурної спадщини (об'єктів, пам'ятників, будівель, місць), що оцифровується, мети проекту, середовища та інших факторів. Наприклад, якщо ваш проект полягає у зйомці 3D-моделі колекції єгипетських мумій за допомогою рентгенівського випромінювання, ви будете використовувати дуже спеціалізоване обладнання. Інший проект може передбачати

створення віртуальної реконструкції історичної будівлі для освітньої аудиторії. Методи, техніки та процедури у вашому робочому процесі відрізнятимуться один від одного.

Активні методи, такі як лазерне сканування або структуроване світло, і пасивні методи, такі як фотограмметрія, використовують різне обладнання, яке дає різні результати. Методи та обладнання для сканування також відрізняються залежно від матеріалу, який сканується. Для різних поверхонь потрібні різні методи сканування. Деякі з них придатні для фотограмметрії, інші більше підходять для сканування за допомогою LIDAR. Існують також методи фотограмметрії для об'єктів з нещільними, рухомими частинами (з деякими обмеженнями), а також методи для блискучих або глянцевих об'єктів. Справа не лише в результатах, а й у процесах збору даних. Наприклад, робота з будівлями та пам'ятниками часто вимагає залучення кількох галузей знань, як для надійного поєднання результатів різних вимірювань з різних джерел даних (тобто топографії для об'єднання LIDAR і SfM від дронів), так і для підготовки цілісної документації. Певні об'єкти та матеріали, наприклад, скло, ювелірні вироби та текстиль, все ще становлять значні проблеми для 3D-оцифрування. Фотограмметрія підходить для таких матеріалів, як камінь, дерево, бетон, текстиль, пластик, метал (матова поверхня), але не для блискучих, прозорих або дуже глянцевих об'єктів. Вона також не підходить для об'єктів з незакріпленими/рухомими частинами.

На вибір обладнання та методів впливає низка факторів, включаючи розмір і характеристики об'єкта, потенційне використання, матеріально-технічні аспекти, доступний бюджет, терміни та умови навколишнього середовища. Існують суттєві відмінності, особливо між інструментами, методами та результатами роботи для оцифрування будівель, пам'ятників і місць, а також для музейних об'єктів та інших подібних артефактів.

Доступний бюджет, терміни та умови навколишнього середовища також можуть вплинути на вибір обладнання та методів. Окрім технологічних аспектів, людські ресурси також повинні відповідати меті та потребам проекту. Якщо ви скануєте археологічний пам'ятник у віддаленому місці, повертатися назад може бути непрактично, тому важливо зафіксувати якомога більше деталей незалежно від погодних умов дня. Умови навколишнього середовища також можуть вплинути на кінцеву якість 3D-моделі, оскільки помилки середовища, шум і погане освітлення можуть знизити якість моделі. Однак, оскільки терміни та бюджет зазвичай обмежені, роботи на відкритому повітрі слід планувати з урахуванням прогнозу погоди, а в разі несприятливої погоди передбачати в графіку реалізації час для офісної роботи.

Ступінь геометричної та інших видів складності об'єктів культурної спадщини впливає на обсяг роботи, яка виконується в процесі 3D-оцифрування. Обсяг роботи, необхідний для оцифрування об'єкта, пропорційний рівню його геометричної та структурної складності. У разі оцифрування складних об'єктів, роботи, які виконуються на місці й подальша обробка даних тривають довше, що варто передбачити в графіку.

Для оцифрування музейних об'єктів з високою деталізацією може знадобитися в кілька разів більше часу, навіть якщо вони дуже малі, порівняно з більшими об'єктами чи місцями з більш простими формами та функціями.

Матеріальна культурна спадщина низького ступеня складності має лише кілька простих характеристик. З іншого боку, матеріальна культурна спадщина високого ступеня складності дуже деталізована та має велику кількість складних особливостей, які вимагають більше зусиль. У випадку будівель, пам'ятників і місць, ступінь складності також може бути дуже високим через їхню складну структуру.

Залежно від характеристик об'єктів, таких як розмір, матеріал, структура та текстура, одні методи вимірювання дадуть найкращі результати, тоді як інші – будуть невдалими. Вибір відповідного методу документування повинен враховувати характеристики об'єкта, особливості кожного методу вимірювання та бажану точність і рівень деталізації кінцевого 3D-продукту. Тим не менш, інтеграція даних, отриманих за допомогою різних методів вимірювання, показала хороші результати, через використання переваг кожного із застосованих методів і можливості доповнити результати, отримані за допомогою одного методу, даними, отриманими за допомогою іншого. Цей підхід особливо поширений у випадку інтеграції методів на основі діапазону, таких як наземне лазерне сканування, що забезпечує високу точність реконструкції форми, і фотограмметрія, що забезпечує 3D-модель текстурою.

Результати слід ретельно оцінювати з точки зору процедур обробки та очікуваних результатів, оскільки того, що може бути достатнім для музейних об'єктів, може бракувати для будівель, пам'ятників чи місць. Обладнання та методи, що використовуються, мають відповідати типу культурної спадщини та якості, необхідної для мети їхнього оцифрування.

Використання безпілотних літальних апаратів регулюється правилами, наприклад, часто є обов'язковим наявність ліцензії пілота безпілотного літального апарату, якщо він використовується в професійних цілях, і вимагає спеціальних дозволів, особливо, під час польотів над містом й мешканцями, а також поблизу зон обмеженого доступу, наприклад аеропортів.

Триває робота з розробки автоматизованих систем для 3D-оцифрування музейних експонатів.

9. ЗАХИСТІТЬ ОБ'ЄКТИ ПІД ЧАС ТА ПІСЛЯ ОЦИФРУВАННЯ

- Розглядайте фізичні аспекти збереження як частину управління ризиками під час оцифрування.
- Проведіть попереднє дослідження або аналіз, щоб визначити потенційні пошкодження чи вплив використаної техніки.
- Від самого початку проєкту оцифрування вкажіть, хто займатиметься об'єктами культурної спадщини та хто може наблизитися до них.

- Переконайтеся, що будь-яка особа, яка працює з об'єктами культурної спадщини або керує будь-яким рухомим обладнанням для 3D-оцифрування, є компетентною для цього.
- Нехай професійні реставратори наглядають за обробкою об'єктів, залучайте їх на етапі планування.
- Переконайтеся, що є відповідне страхування.
- Після оцифрування в 3D, наскільки це можливо, уникайте безпосередньої роботи з об'єктами, використовуючи натомість створені цифрові “двійники”.

Оцифрування культурної спадщини може включати безпосередній фізичний контакт з об'єктом, або використання рухомого обладнання, поблизу таких об'єктів, всередині та зовні будівель і пам'яток. Таким чином, під час процесу оцифрування існують певні ризики їхнього пошкодження, які важливо усунути, оскільки першочерговим завданням залишається захист культурної спадщини. Проекти 3D-оцифрування повинні враховувати аспекти збереження як частину управління ризиками.

Оцифрування культурної спадщини слід планувати з урахуванням, по-перше, усіх аспектів збереження, а по-друге, усіх ресурсів. Необхідно провести попередні дослідження, щоб визначити потенційні пошкодження чи вплив використаної техніки. З цієї точки зору важливо розглянути плюси та мінуси проекту оцифрування. Бажано, щоб особа, яка працює з об'єктами культурної спадщини, мала відповідну кваліфікацію, пройшла відповідну підготовку або мала відповідний попередній досвід. Якщо необхідно, важливо спланувати навчання залучених операторів. Особа, що дбає про об'єкт культурної спадщини в процесі цифровізації може бути відмінною від того, хто здійснює оцифрування. Тому від початку проекту слід визначити, хто працює з об'єктами культурної спадщини та кому дозволено наближатися до них.

Слід приділяти постійну увагу переміщенню обладнання навколо об'єкта культурної спадщини. Переконайтеся, що будь-яка особа, яка працює з рухомим обладнанням, уміє ним користуватися. Наприклад, оцифрування за допомогою дрона чи іншого рухомого обладнання може бути ризикованим, якщо людина з ним незнайома.

Роботою з об'єктами повинні керувати професійні реставратори ще на етапі проектування.

Враховуйте, що головним є завдання забезпечити збереження об'єктів культурної спадщини. Рекомендується відразу робити високоякісні знімки/вимірювання, щоб незабаром знову не повторювати процес, адже це може створювати небезпечну ситуацію для об'єкта.

Після оцифрування в 3D, безпосередній контакт з об'єктом має бути максимально обмежений. Дослідження та інша діяльність якомога частіше має ґрунтуватися на використанні цифрового “двійника”. Тим не менш, існує незліченна кількість можливих причин, коли вивчення та дослідження культурних об'єктів і пам'яток вимагатиме доступ до оригіналів, навіть після їхнього оцифрування.

10. ІНВЕСТИЙТЕ В ЗНАННЯ 3D-ТЕХНОЛОГІЙ, ПРОЦЕСІВ ТА КОНТЕНТУ

- Використання 3D-технологій для документування матеріальної культурної спадщини поступово стає поширеним явищем, а знання про такі технології та процеси стають все більш цінними.
- Знання 3D-технологій, процесів і контенту є цінними незалежно від того, чи оцифруєте ви власними силами чи залучаєте аутсорсинг.
- Отримайте принаймні базові знання про 3D, включаючи технічні вимоги.
- Приступаючи безпосередньо до 3D-оцифрування, для отримання належних знань, почніть з обмеженого обсягу та обмеженої кількості об'єктів.
- Аутсорсинг 3D-оцифрування також вимагає розуміння залучених технологій, процесів і контенту.
- Навчальні курси з 3D для культурної спадщини або з 3D-технологій загалом також доступні в Інтернеті через основні платформи онлайн-навчання та інші платформи.
- Якщо ви створюєте навчальний матеріал та/або документацію щодо різних аспектів 3D-оцифрування, зробіть цей контент доступним за повністю відкритими ліцензіями, які дозволяють повторне використання в комерційних і некомерційних цілях.

Використання 3D-технологій для документування будівель, пам'ятників і місць або музейних колекцій поступово стає поширеним явищем. Це одна з тем, що викликає великий інтерес у сфері культурної спадщини, а знання таких технологій і процесів стають все більш цінними.

Знання 3D-технологій, процесів і контенту допоможуть вам незалежно від того, вирішите ви оцифрувати самостійно чи залучити аутсорсинг. Під час аутсорсингу такі знання необхідні, наприклад, для визначення вимог до якості в тендерних оголошеннях, а потім для оцінки якості матеріалів, наданих підрядником, і прийняття рішення про прийняття роботи.

Важливо отримати принаймні базові знання про 3D, у тому числі технічні вимоги. Це може бути важливо, оскільки технології розвиваються та стають кращими, але аутсорсинг, наприклад, через державні закупівлі, не може бути виконаний належним чином без такого розуміння. Розвиток цифрових навичок, у тому числі, у сфері 3D, настійно заохочується для кураторів і професіоналів культурної спадщини. Крім того, 3D-оцифрування культурної спадщини не можна делегувати виключно технічним експертам, як і не варто очікувати повного фінансування, необхідного для аутсорсингу 3D-оцифрування усієї багатой та різноманітної культурної спадщини Європи. Щоб отримати значну кількість якісних 3D-моделей об'єктів культурної спадщини, необхідно сформулювати власні навички створення 3D-моделей. Фахівці з питань культурної спадщини повинні володіти необхідними знаннями й навичками, щоб

гарантувати якісне проектування та управління проектом оцифрування, правильне вирішення аспектів авторського права, доступність результатів оцифрування, зберігання необроблених даних та 3D, а також дотримання стандартів якості, критеріїв і практик, навіть у тих випадках, коли оцифрування здійснюється зовнішнім підрядником.

Першим кроком у накопиченні знань, пов'язаних із 3D, має бути перевірка внутрішніх можливостей оцифрування 3D, якщо це можливо. Це дозволить установі визначити поточний рівень знань, пов'язаних із 3D, та спланувати, яке додаткове навчання може знадобитися. Приступаючи безпосередньо до 3D-оцифрування, для отримання належних знань, почніть з обмеженого обсягу та обмеженої кількості об'єктів.

Навчальні курси з 3D для культурної спадщини або з 3D-технологій загалом також доступні через основні платформи онлайн навчання. Якщо ви також створюєте навчальний матеріал та/або документацію щодо різних аспектів 3D-оцифрування, контент має бути доступним за повністю відкритими ліцензіями, які дозволяють повторне використання в комерційних і некомерційних цілях (PDM, CC0, CC BY, CC BY-SA). Можна заощадити величезну кількість часу, зусиль та коштів, якщо не доведеться відтворювати матеріал знову і знову. Дозволяючи повторне використання та покращення матеріалу, якість з часом також підвищуватиметься, подібно до того, як, наприклад, Вікіпедія з роками стає все кращою, коли все більше людей допомагають покращувати її вміст.