

Digitalizacja przestrzenna pokopalnianych kompleksów budynków wielkopowierzchniowych oraz metodologia optymalizacji tego procesu w ramach Ośrodka Dokumentacji Górniczej

Wprowadzenie

Digitalizacja przestrzenna stanowi fundament działań Ośrodka Dokumentacji Górnictwa (ODG) w Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu. Naszym nadrzędnym celem jest zabezpieczenie obecnego kształtu historycznych kompleksów górniczych oraz ich udostępnienie szerokiej publiczności za pomocą platform internetowych, projektów interaktywnych i mapowania zbiorów do systemów innych jednostek naukowych. Dynamiczna likwidacja kopalń i przemiany gospodarcze sprawiają, że konieczne jest działanie tu i teraz, aby zapobiec bezpowrotnej utracie tych unikatowych obiektów dziedzictwa przemysłowego. W ostatnich latach dynamiczny rozwój technologii cyfrowych otworzył nowe możliwości dla dokumentacji przestrzennej górniczych obiektów wielkopowierzchniowych. Dzięki zastosowaniu technik takich jak fotogrametria powietrzna możliwe stało się skuteczne dokumentowanie dużych i złożonych struktur przemysłowych. Umożliwia to zachowanie ich dziedzictwa dla przyszłych pokoleń i redukcję wielomiesięcznego procesu do kilku dni, co

pozwala reagować wystarczająco dynamicznie na zmieniający się krajobraz regionu.

W artykule przedstawiam analizę metod digitalizacji 3D w kontekście historycznych kompleksów górniczych, z uwzględnieniem wyzwań formalnych, technicznych i społecznych. Proces digitalizacji przestrzennej nie jest jedynie technologiczną ciekawostką, lecz strategicznym działaniem mającym na celu zarówno ochronę dziedzictwa kulturowego, jak i jego szeroką promocję w kontekście globalnym. Coraz większe znaczenie mają również inicjatywy, które umożliwiają włączenie lokalnych społeczności w proces dokumentacji, co podnosi świadomość na temat znaczenia dziedzictwa kulturowego i jego ochrony.

Charakterystyka obiektów wielkopowierzchniowych

Kompleksy górnicze charakteryzują się dużą złożonością architektoniczną i funkcjonalną. Tworzą je budynki przemysłowe, wieże szybowe, hałdy czy sieci transportowe. Dokumentacja tych obiektów wymaga holistycznego podejścia, które uwzględni



► KWK „Centrum”, skan dostępny na profilu MGW portalu sketchfab



► KWK „Piekary”, kompletny skan laserowy wykonany przez ODG

ich przestrzenne rozlokowanie i dużą powierzchnię. Digitalizacja powinna nie tylko wiernie odwzorować ich geometrię, ale również zapewnić możliwość wizualizacji w formie przystępnej dla użytkowników platform cyfrowych. Przykłady takich obiektów to m.in. Główna Kluczowa Sztolnia Dziedziczna, kopalnie „Guido” i „Królowa Luiza”, które stanowią istotne elementy dziedzictwa przemysłowego Śląska. Ich dokumentacja jest niezwykle ważna z uwagi na zmieniający się charakter terenów poprzemysłowych i postępującą degradację infrastruktury.

W praktyce oznacza to konieczność połączenia technologii cyfrowych z głębokim zrozumieniem historycznego kontekstu tych miejsc w celu ich zachowania i udokumentowania na rzecz procesów rewitalizacyjnych. Dlatego praktyka, która zrodziła się w Muzeum Górnicztwa Węglowego w Zabrzu, zaowocowała konstrukcją Ośrodka Dokumentacji Górnicztwa. Na chwilę obecną dzięki tej metodzie digitalizuje on ponad 400 budynków w formie trójwymiarowej rocznie, wliczając w to takie obiekty jak: KWK „Piekary”, KWK „Centrum”, KWK „Saturn”, KWK „Pstrowski”, KWK „Pokój”, KWK „Borynia”, KWK „Wieczorek”, KWK „Makoszowy”, KWK „Sośnica”, KWK „Powstańców Śląskich” i wiele innych.

W kontekście wyzwań technicznych warto również wspomnieć o różnorodności materiałów i struktur, jakie występują w obiektach górniczych. Od solidnych konstrukcji betonowych po delikatne elementy drewniane – każdy z tych materiałów wymaga indywidualnego podejścia w procesie dokumentacji. Właściwy dobór technologii ma kluczowe znaczenie dla osiągnięcia założonych celów dokumentacyjnych i konserwatorskich.

Porównanie metod digitalizacji

W ramach działalności ODG analizujemy różne technologie dokumentacji przestrzennej. W przypadku

obiektów wielkopowierzchniowych w praktyce najlepiej sprawdza się fotogrametria powietrzna. Ma ona następujące zalety:

- **dostępność przestrzeni powietrznej** – zastosowanie dronów pozwala na efektywne odwzorowanie dużych terenów bez konieczności ingerencji w strukturę obiektów. Jak zauważyli Bunsch i Sitnik [1], technika ta jest szczególnie przydatna w przypadkach, gdy wymagane jest szybkie i kompleksowe pozyskanie danych;
- **niższe koszty** – w porównaniu do skanerów laserowych proces fotogrametryczny jest bardziej ekonomiczny i mniej czasochłonny. Zastosowanie dostępnych na rynku rozwiązań dronowych pozwala na realizację projektów dokumentacyjnych przy znacznie mniejszych nakładach finansowych;
- **realizm wizualizacji** – modele typu mesh z teksturami generowane za pomocą tej techniki dostarczają wartościowych wizualizacji na potrzeby edukacyjne i promocyjne. Są one szczególnie cenione w prezentacjach muzealnych i na platformach internetowych.

Ograniczenia laserowego skanowania 3D

Chociaż technologia skanerów laserowych oferuje wyższą precyzję odwzorowania (do 0,05 mm), jej zastosowanie na dużych powierzchniach wiąże się z wyższymi kosztami, bardziej skomplikowanym procesem formalnym i dłuższym czasem realizacji. Jak wskazuje literatura [3], tego typu technologia jest bardziej odpowiednia do szczegółowej dokumentacji małych obiektów lub elementów wymagających wyjątkowej precyzji. Dodatkowo skanery laserowe mogą być mniej efektywne w przypadku dokumentacji obiektów o bardzo dużych rozmiarach i różnorodnym charakterze powierzchni. Na przykład struktury o dużej liczbie przeszkleń lub błyszczących elementów mogą generować błędy w pomiarach, co wymaga dodatkowej obróbki danych.

Digitalizacja z powietrza upraszcza formalności związane z dokumentacją przestrzenną. Przestrzeń powietrzna ma charakter publiczny, co minimalizuje konieczność negocjacji z właścicielami gruntów, choć oczywiście podmiot wykonujący skanowanie musi poprzeć swoje wysiłki odpowiednim przeszkoleniem i otwartą komunikacją z administratorem powierzchni. W przypadku obiektów zaliczanych do infrastruktury krytycznej kluczowe jest zachowanie wysokich standardów bezpieczeństwa i stosowanie się do obowiązujących przepisów prawa. Jednym z wyzwań jest również odpowiednie przygotowanie sprzętu i oprogramowania do pracy w zróżnicowanych warunkach środowiskowych. Drony wykorzystywane w procesie fotogrametrycznym muszą być wyposażone w kamery wysokiej rozdzielczości oraz odpowiednie systemy stabilizacji, co zapewnia precyzję i jakość pozyskiwanych danych.

Warto też zauważyć, że przygotowanie procesu dokumentacji wymaga ścisłej współpracy między zespołami technicznymi, konserwatorami zabytków i specjalistami ds. dziedzictwa kulturowego. Każdy etap, od planowania po udostępnienie danych, musi być zgodny z najlepszymi praktykami i międzynarodowymi standardami, takimi jak Karta Londyńska. Innym aspektem formalnym jest odpowiednie zabezpieczenie danych po ich pozyskaniu. Cyfrowe archiwum powinno być stworzone w sposób zapewniający trwałość i dostępność danych przez dziesięciolecia. W związku z tym konieczne jest stosowanie redundantnych systemów przechowywania danych i regularne ich aktualizowanie, aby uniknąć problemów związanych z przestarzałością technologii.

Jednym z priorytetów ODG jest udostępnianie modeli 3D za pośrednictwem platform internetowych. Choć fotogrametria oferuje mniejszą precyzję niż chmury punktów generowane przez skanery laserowe, to „model mesh z teksturą dostarcza nieporównywalnie większą wartość użytkową w kontekście edukacji i promocji dziedzictwa” [2]. Tworzenie realistycznych wizualizacji pozwala zaangażować szeroką publiczność, od uczniów po pasjonatów historii techniki. Przykładowo, wirtualne spacer po historycznych kopalniach lub ich wizualizacje 3D dostępne w internecie umożliwiają użytkownikom z całego świata zapoznanie się z dziedzictwem Śląska. W kontekście edukacji takie rozwiązania są szczególnie wartościowe, ponieważ pozwalają na interaktywne poznawanie skomplikowanych struktur przemysłowych [4].

Warto podkreślić, że modele 3D mogą być również wykorzystane w wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości (VR i AR). Takie innowacyjne podejście daje nowe możliwości interpretacji dziedzictwa oraz angażuje odbiorców w sposób, który trudno osiągnąć za pomocą tradycyjnych form prezentacji. Kolejny krok w rozwoju wizualizacji cyfrowej stanowi integracja modeli 3D z interaktywnymi bazami danych. Dzięki temu użytkownicy będą mogli nie tylko oglądać modele, ale również uzyskać dostęp do szczegółowych informacji na temat poszczególnych elementów, takich jak materiały budowlane, techniki konstrukcyjne czy historia użytkowania [5].

Piotr BUDZISZ

Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze

Literatura

1. Bunsch E., Sitnik R.: Kryteria doboru techniki 3D do dokumentacji obiektów dziedzictwa kulturowego, Narodowy Instytut Muzealnictwa i Ochrony Zbiorów, Warszawa 2014.
2. London Charter: The London Charter for the Computer-based Visualisation of Cultural Heritage, 2009, www.londoncharter.org, dostęp: 22.01.2025.
3. Bunsch E., Ceraficki P., Pyzik W., Sitnik R., Straszkiwicz W., Szala M.: Cyfrowe odwzorowania muzealiów – parametry techniczne, modelowe rozwiązania, Wyd. Narodowy Instytut Muzealnictwa i Ochrony Zbiorów, Warszawa 2012.
4. MacDonald L.: The limits of resolution, EVA Conference, London 2010.
5. Remondino F., Campana S.: 3D recording and modelling in archaeology and cultural heritage, Oxford: Archaeopress, 2014.
6. Grussenmeyer P., Yasmine J.: Photogrammetry for the preparation of archaeological maps. *Journal of Cultural Heritage*, nr 5(4), s. 427–434. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2004.02.004>, dostęp: 16.01.2025.
7. De Reu J., De Clercq W., Sergeant J., Deconynck J., Laloo P.: Orthophoto mapping and digital surface modeling for archaeological excavations: an image-based 3D modeling approach, 2013. In: A. C. Addison, G. Guidi, L. De Luca, & S. Pescarin (Eds.), *Proceedings of the 2013 Digital Heritage International Congress* (s. 205–208). IEEE, dostęp: 19.01.2025.
8. Verhoeven G.: Taking computer vision aloft – Archaeological three-dimensional reconstructions from aerial photographs with PhotoScan, *Journal of Archaeological Science*, 38(3), 2011, s. 677–689, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.10.012> Europeana, European digital cultural heritage, 2023, www.europeana.eu, dostęp: 19.01.2025.
9. Boardman C., Bryan P., McDougall L., Reuter T., Payne E. i inni: 3D laser scanning for heritage: Advice and guidance on the use of laser scanning in archaeology and architecture, Wyd. Historic England, Swindon 2018.