

Cyfrowy bliźniak (Digital Twin) jako trójwymiarowa replika zespołu zabudowań szybów Lech I i II kopalni „Pokój” w Rudzie Śląskiej

Od 1964 r., kiedy to ICOMOS stworzył podstawy konserwacji i ochrony zabytków, koncepcja dziedzictwa kulturowego istotnie się rozwinęła. Obecnie obejmuje wiele dóbr materialnych i niematerialnych o wartościach kwalifikujących się do prawnej ochrony. Wydarzyło się tak dlatego, że zdano sobie sprawę, iż metody z okresu międzywojennego (tzw. restauracja historyzująca) są nieskuteczne i niewystarczające, dlatego należy przyjąć strategię oraz politykę zapobiegawczą, wpisującą się w ramy zmieniającego się społeczeństwa, środowiska oraz gospodarki. Ogólnosiwiatowe inicjatywy na forach międzynarodowych, zwłaszcza UNESCO, zwiększyły znaczenie wykorzystania narzędzi o charakterze zapobiegawczym, które znacznie usprawniają monitorowanie stanu zachowania zabytków i miejsc zagrożonych degradacją. Jednocześnie w związku z tzw. Przemysłem 4.0, którego domeną jest cyfryzacja praktycznie każdego sektora gospodarki, doprowadziła do rozwoju technik digitalizacji oraz poszerzenia jej możliwości.

Cyfrowy boom technologiczny przyniósł postęp w zakresie technik dokumentacji, konserwacji oraz konserwacji dziedzictwa architektonicznego. Dziedzictwo cyfrowe, zgodnie z definicją wielu autorów, to wykorzystanie mediów cyfrowych w służbie zachowania dziedzictwa kulturowego lub naturalnego. Karta UNESCO z 2003 r. dotycząca ochrony dziedzictwa cyfrowego wyjaśnia to w następujący sposób: „Dziedzictwo cyfrowe składa się z unikalnych zasobów ludzkiej wiedzy i ekspresji. Obejmuje zasoby kulturalne, edukacyjne, na-

ukowe i administracyjne, a także informacje techniczne, prawne, medyczne i inne rodzaje informacji utworzone cyfrowo lub przetworzone na postać cyfrową z istniejących zasobów analogowych”.

Postępująca cyfryzacja przynosi rozwiązania, które jeszcze kilka lat temu były nieosiągalne, m.in. od kilku lat rozwijana jest koncepcja tzw. cyfrowego bliźniaka jako wirtualnej reprezentacji tego, co zastało fizycznie wytworzone. Ewolucja tej koncepcji była domeną przemysłu, a ściślej strony projektowej, zarządzającej cyklem życia obiektu od zaprojektowania do wyprodukowania. Tak w skrócie można opisać główne przesłanki wykorzystania koncepcji cyfrowego bliźniaka. Z biegiem czasu cyfrowy bliźniak stał się zestawem narzędzi do gromadzenia, przetwarzania i wykorzystywania danych graficznych, przestrzennych i innych atrybutów dziedzictwa kulturowego, aż do całkowitej adaptacji tej metody m.in. w kulturze. Bardziej zaawansowane funkcje niż te, które zapewnia podstawowa wizualizacja 3D, stają się niezbędne. Możliwość dołączania innych informacji, takich jak skany 2D jako metadanych dla wizualizacji 3D obiektu, jest jednym z działań pożądanym. Takie podejście musi być uzupełnione lub połączone z tak zwanymi funkcjami adnotacji, aby w dalszej kolejności zapewnić odpowiednią bazę źródłową do analizy zdigitalizowanych zasobów, w tym dla aplikacji wykorzystujących sztuczną inteligencję.

Istnieje wiele zalet z wykorzystania cyfrowych bliźniaków w tworzeniu wiernych trójwymiarowych



► Fot. 1. Chmura punktów wież szybowych Lech I (prawa strona) i Lech II (lewa strona)

kopii obiektów architektury. Niewątpliwym atutem tej techniki jest wirtualne odtworzenie jednostki fizycznej w oparciu o dane statyczne i dane w czasie rzeczywistym. W wersji wstępnej model cyfrowy zbudowany jest na informacjach wprowadzonych z urządzenia pomiarowego (skanera, drona, aparatu fotograficznego), na przykład w modelach budynków opartych na programie Blender nie ma automatycznego przepływu danych pomiędzy obiektem rzeczywistym a obiektem cyfrowym (mowa o automatycznej rejestracji z urządzenia pomiarowego). W wersji wstępnej, jaką jest np. chmura punktów ze skanera, wprowadzone są zautomatyzowane zbiory danych, tak aby algorytm oprogramowania mógł intuicyjnie dokonywać łączenia między chmurami punktów.

Wykorzystanie cyfrowych rozwiązań w ochronie dziedzictwa jest wciąż na wczesnym etapie rozwoju. Badacze wskazują, że głównym problemem, który nie pozwolił jeszcze na pełne rozwinięcie metody modelowania na podstawie cyfrowego bliźniaka (w przypadku zabytkowych obiektów), jest ograniczona dostępność danych, a samo ich gromadzenie z wielu źródeł stanowi duże wyzwanie. Najczęstsze przypadki wykorzystania tego rozwiązania dotyczą poprawy efektywności energetycznej zabytkowych budynków, bez uwzględnienia ich wartości jako dziedzictwa kulturowego.

Transformacja cyfrowa, która przekształca otaczający nas świat w bardziej inteligentny i dostępny, wprowadza nowe pojęcia określające to zjawisko, m.in. Przemysł 4.0, którego główną przesłanką jest udostępnianie i wykorzystanie danych z procesu produkcyjnego. W tym przypadku proces produkcyjny należy traktować jako tworzenie baz danych w chmurze, skanowanie, wirtualną rzeczywistość kreowaną w oparciu np. o cyfrowego bliźniaka.

Muzeum Górnictwa Węglowego, pionier wśród instytucji wykorzystujących nowoczesne narzędzia do ochrony i popularyzacji dziedzictwa poprzemysłowego Górnego Śląska, tym razem użyło tzw. cyfrowego bliźniaka do stworzenia trójwymiarowej repliki zespołu zabudowań szybów Lech kopalni „Pokój” w Rudzie Śląskiej.

Kopalnia Węgla Kamiennego „Pokój” w Rudzie Śląskiej jest jedną z najstarszych w Polsce, jej rodowód sięga połowy XVIII wieku. Historia tego zakładu związana jest z losem górniczych pokoleń z Rudy, Czarne Lasu, Nowego Bytomia, Wirka, Orzege i Goduli. Na tej podstawie można prześledzić proces scalania kopalni „Wanda-Lech” i „Pokój”;



► Fot. 2. Wieża szybu Lech II – żółte trójkąty oznaczają miejsca, w których stał skaner

połączenie kopalni „Walenty Wawel” i „Paweł” oraz „Pokój” i „Wawel”, które niegdyś funkcjonowały jako samodzielne jednostki organizacyjne, ale w wyniku wyczerpywania złóż zostały z biegiem lat połączone w jeden organizm.

Proces dokumentacji trwał od października 2023 r. do kwietnia 2024 r. i obejmował zabudowania w obrębie szybów Lech I i Lech II (fot. 1), w tym m.in. budynki sprężarkowi i rozdzielni, maszynowni szybów Lech I, Lech II wraz z maszynownią oraz mostu podszadzkowego.

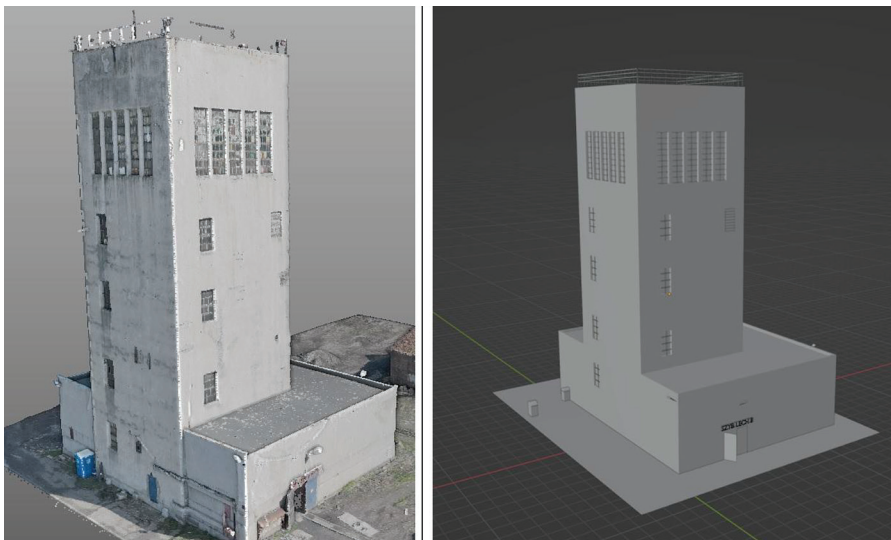
W dokumentacji wykorzystano trzy techniki pomiarowe: stacjonarny skaning laserowy, aerofotogrametrię i mobilny skaning laserowy pracujący w oparciu o algorytm SLAM, tzw. Geoslam. Taka kompilacja technik wynikała z ich wzajemnego uzupełniania się oraz sprawności pracy.

Wieża szybu Lech I została zeskanowana za pomocą stacjonarnego skanera laserowego Z+F, liczba wykonanych stanowisk potrzebnych do otrzymania pełnej chmury punktów tej wieży wyniosła 26 (fot. 2).

Obecna wieża wyciągowa szybu Lech I to jednostrzałowa wieża stalowa, sam szyb rozpoczął działanie w 1906 r. jako szyb materiałowo-zjazdowy. Pierwotnie działał pod nazwą Hillebrand i stanowił część kopalni



► Fot. 3. Chmura punktów maszyny wyciągowej szybu Lech II



► Fot. 4. Po prawej stronie wymodelowana wieża szybu Lech II. Modelowanie odbyło się na podstawie chmury punktów wieży, prezentowanej po lewej stronie

„Gottesseggen” („Błogosławieństwo Boże”) nadanej w 1802 r.; dopiero od roku 1968 stał się częścią kopalni „Pokój” (po połączeniu z kopalnią „Wanda-Lech”).

W przypadku wieży Lech II mamy do czynienia z rodzajem wieży basztowej. Powstała w latach ok. 1960–1970 wieża pełniła rolę szybu wentylacyjnego, podsadzkowego i materiałowego, maszyna wyciągowa znajduje się na samej górze. W tym przypadku dokumentację przeprowadzono z pomocą skanerów stacjonarnego i mobilnego.

Digitalizacja obszaru zabudowań w obrębie szybów Lech I i Lech II wynikała z dwóch przesłanek, a dokładnie chęci zachowania wartości historycznej i artystyczno-naukowej. Wartości historyczne to:

- autentyczność substancji,
- oryginalna forma i funkcja obiektu.

Wartości artystyczno-naukowe to:

- kopalnia zachowana w stopniu pozwalającym prezentować aspekty technologiczne przemysłu wydobywczego,
- zabudowania kopalni jako element krajobrazu historycznego miasta,
- historyczne elementy zakładu – urządzenia,
- obiekty i zabudowania prezentujące trendy w architekturze przemysłowej z początku XX w.

Zaprezentowany przykład zdigitalizowanych pokopalnianych zabudowań pokazuje, jak bardzo ważne jest szukanie nowych rozwiązań w dokumentacji i popularyzacji dziedzictwa, nie tylko tego poprzemysłowego, ale dziedzictwa w ogóle. Cyfrowy bliźniak może zostać wykorzystany do analizy aktualnego stanu obiektu, wszystkich krytycznych problemów oraz natychmiastowego testowania ewentualnych zmian i ulepszeń (np. do adaptacji starych zabudowań lub ich rewitalizacji). Innym pozytywnym aspektem jest wykorzystanie tego materiału w wirtualnej rzeczywistości – przemysł gamingowy, aplikacje interaktywne lub nowoczesne immersyjne wystawy edukacyjne. Poza tym wirtualna rzeczywistość pozwala na wchodzenie w interakcję z danym obiektem i bliższe jego poznanie.

Przedstawione studium przypadku, zarówno z teoretycznego, jak i praktycznego punktu widzenia, pokazuje, że paradygmat cyfrowego bliźniaka, który został pierwotnie opracowany w sektorze przemysłu, nadal ewoluje, w przyszłości może być również skutecznie stosowany w innych kontekstach, co doprowadzi do poszerzenia perspektywy.

Krzysztof HERNER

Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze

Literatura

1. Drogoś J.: 250 lat Kopalni „Pokój”, [w:] „Wiadomości Górnicze”, vol. 53, nr 5 (2002), s. 195–202.
2. Pettey C.: Prepare for the Impact of Digital Twins, www.gartner.com/smarterwithgartner/prepare-for-the-impact-of-digital-twins/2, data dostępu: 15.01.2025 r.
3. Panetta K.: Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2019, www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2019/3, data dostępu: 15.01.2025 r.
4. Tao F., Sui F., Liu A.: Digital twin-driven product design framework, International Journal of Production Research, DOI: 10.1080/00207543.2018.1443229, “International Journal of Production Research”, vol. 57, issue 12, s. 3935–3953.
5. Madni A.M., Madni C., Lucero S.D.: Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering, available at www.researchgate.net/publication/330749986_Leveraging_Digital_Twin_Technology_in_Model-Based_Systems_Engineering5, data dostępu: 17.01.2025 r.
6. Banica L., Polychronidou P., Radulescu M., Stefan C.: When IoT Meets DevOps: Fostering Business Opportunities, BookSeries: KnE Social Sciences, EBEEC 2018, s. 250–264, available at <https://knepublishing.com/index.php/Kne-Social/article/view/3542/7430.6>, data dostępu: 17.01.2025 r.