



# CAA POLAND CYFROWE ECHA PRZESZŁOŚCI

6 - 8 maja 2026, Kulice



Katedra Archeologii



UNIWERSYTET SZCZECIŃSKI  
INSTYTUT HISTORYCZNY



MIĘDZYNARODOWY OŚRODEK BADAŃ  
INTERDYSCYPLINARNYCH W KULICACH



UNIWERSYTET  
SZCZECIŃSKI

ARCHEO  
WIĘSCI

ARCHEOLOGIA



GEOIDA



## Abstrakty

Czwartek, 7 maja 2026

### Wprowadzenie

*Dlaczego potrzebne jest CAA Poland? Oddolna i społeczna organizacja na rzecz standardów, edukacji, dobrych praktyk i obrony nauki*

Piotr Wroniecki (Montefortino Prospection & Digitalisation, Fundacja Relicta), Grzegorz Kiarszys (Katedra Archeologii, Instytut Historyczny US)

**Słowa kluczowe:** CAA Poland, teledetekcja archeologiczna, standardy dokumentacji

„Samo się nie zrobi”. Rozwój nowoczesnych metod cyfrowych, bazodanowych, prospekcyjnych, analitycznych i dokumentacyjnych w archeologii polskiej nie dokona się sam. Jak pokazują doświadczenia ostatnich lat są raczej małe szanse, by doszło do niego wyłącznie

za sprawą odgórnych decyzji instytucji państwowych. Potrzebna jest organizacja środowiskowa o charakterze społecznym, która nie tylko promuje dobre praktyki stosowania nowych technologii, ale przede wszystkim słucha realnych potrzeb archeologów oraz instytucji odpowiedzialnych za ochronę zabytków i zarządzanie dziedzictwem. W tym sensie CAA Poland jest potrzebne jako inicjatywa oddolna, tworząca miejsca współpracy, dialogu, wymiany doświadczeń i stopniowego, ale konsekwentnego wpływania na rzeczywistość naszej branży.

W tym celu chcielibyśmy zaproponować w naszym referacie spojrzenie na potencjalne role CAA Poland poprzez pryzmat czterech podstawowych nurtów działania. Po pierwsze, tworzenie prostych, praktycznych standardów, zaleceń i wytycznych opartych na zbiorowych doświadczeniach z badań terenowych i pracy z danymi, publikowanych w formule otwartej licencji. Po drugie, rozwijanie warsztatów i szkoleń odpowiadających na realne potrzeby środowiska, zwłaszcza w obszarze badań ratowniczych oraz ochrony i zarządzania dziedzictwem. Po trzecie, tworzenie materiałów edukacyjnych, rozwijanie skutecznych technik nauczania oraz budowanie prostych form certyfikacji kompetencji i zgodności (CoC - Certificate of Compliance, CC - Competency Certificate), które mogłyby potencjalnie stać się rozpoznawalnym i potrzebnym znakiem jakości. Po czwarte, kreowanie definicji podstawowego warsztatu archeologa poprzez promowanie świadomego stosowania „nowoczesnych” metod w praktyce archeologicznej – nie jako dekoracji lub estetycznej ilustracji, lecz jako narzędzi służących konkretnym, pragmatycznym celom. CAA Poland mogłoby więc pełnić rolę wyrazistego głosu środowiska archeologów, które potrafi wskazać, w jakich aspektach nowoczesne metody rzeczywiście są potrzebne i przede wszystkim dlaczego. W szerszej perspektywie możemy jako grupa (a w grupie siła) być także ważnym uczestnikiem debaty publicznej, reagującym na narastający dyskurs antynaukowy oraz na przejmowanie narracji o przeszłości przez środowiska pseudonaukowe i antyarcheologiczne (często pod pozorem progresu technologicznego).

Chcielibyśmy zaproponować referat inicjujący dyskusję o przyszłości i programie CAA Poland. W pierwotnym zamyśle nasza prezentacja mogłaby zostać wygłoszona na początku konferencji, po wystąpieniach powitalnych. Naszym głównym celem jest pobudzenie dialogu na temat roli, jaką CAA Poland mogłoby odgrywać w realiach polskiej archeologii oraz wskazanie najważniejszych obszarów działań.

## **Sesja I: Cyfrowa dokumentacja dziedzictwa – szanse i wyzwania**

### *Różne materiały, różne techniki, różne algorytmy — porównywalne wyniki?*

Aleksander Mazurek, Patryk Maruszczak, Marcin Maciejewski (Instytut Archeologii, Wydział Historii i Archeologii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie)

**Słowa kluczowe:** Fotogrametria – Structure from Motion (SfM), skanowanie światłem strukturalnym (SLS), modele 3D, cyfrowe odwzorowania, metody porównywania siatek (mesh-to-mesh)

Podczas digitalizacji 3D zabytków znajdujących się w zbiorach Instytutu Archeologii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, przeprowadzonej w celu przetestowania repozytorium danych archeologicznych RADOGOST, zastosowano dwie podstawowe metody: fotogrametrię (Structure from Motion, SfM) oraz skanowanie światłem strukturalnym (Structured Light Scanning, SLS). Każde z tych podejść charakteryzuje się swoimi zaletami i ograniczeniami. Istotne jest, że wykorzystany w projekcie skaner SLS posiada certyfikat metrologiczny, co umożliwia nie tylko tworzenie cyfrowych odwzorowań nadających się do szerokiego zakresu analiz, lecz także wykorzystywanie ich jako modeli referencyjnych. Pozwala to na porównywanie modeli 3D generowanych przy użyciu różnych programów i procedur oraz na ocenę ich dokładności geometrycznej i poziomu szczegółowości.

Referat koncentruje się na bezpośrednim porównaniu modeli 3D tych samych artefaktów wykonanych metodami SLS i SfM. Analiza opiera się na zabytkach wykonanych z różnych, najczęściej stosowanych surowców, co pozwala ocenić wpływ właściwości materiałowych na rezultaty poszczególnych technik digitalizacji. Zamiast subiektywnej oceny wizualnej nacisk położono na ilościowe analizy siatek (mesh) z wykorzystaniem oprogramowania CloudCompare.

Choć każda cyfrowa kopia zabytku stanowi cenny zasób badawczy – zwłaszcza ze względu na możliwość wielokrotnego wykorzystania w różnych kontekstach analitycznych, łatwość udostępniania oraz ryzyko uszkodzenia lub utraty oryginału – celem niniejszej pracy jest wyjście poza ogólne stwierdzenia dotyczące ich użyteczności. Wyniki przeprowadzonych analiz mają wspierać bardziej świadome wybory metodologiczne, uwzględniające konkretne cele badawcze, charakter zbiorów oraz dostępne zasoby finansowe poszczególnych zespołów badawczych.

Referat ten stanowi część projektu „Cyfrowa infrastruktura badawcza dla humanistyki i nauk o sztuce DARIAH-PL” (KPOD.01.18-IW.03-0013/23), finansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach instrumentu NextGenerationEU oraz Krajowego Planu Odbudowy i

Zwiększenia Odporności (KPO), inwestycja A2.4.1 „Rozwój potencjału badawczego”, schemat A: infrastruktura badawcza – projekty z Polskiej Mapy Infrastruktury Badawczej (PMIB).

*Co mówią kości? – cyfrowa analiza szczątków ludzkich oraz wieczyste zachowanie danych o ich geometrii i kolorze. Możliwości zwiększenia agregacji danych antropometrycznych dzięki wykorzystaniu systemów pomiaru 3D oraz oprogramowania*

Anna Gębarska (Współwłaściciel, Dyrektor Zarządzający firmy SMARTTECH)

**Słowa kluczowe:** Skan 3D, wirtualne badania, cyfrowy bliźniak, digitalizacja 3D, wieczysta archiwizacja

Wystąpienie prezentuje możliwości zastosowania wysokorozdzielczego pomiaru 3D jako nowoczesnego standardu dokumentacji antropometrycznej szczątków ludzkich oraz narzędzia otwierającego nowe perspektywy badawcze w antropologii i archeologii. Przedstawione analizy oparto na kompleksowej dokumentacji 3D niekompletnych szczątków jednego osobnika, obejmującej kości długie kończyn dolnych, czaszkę oraz żuchwę, wykonanej z wykorzystaniem zaawansowanych systemów skanowania 3D.

Zastosowanie technologii skanowania 3D umożliwiło szybkie pozyskanie precyzyjnych danych geometrycznych i kolorystycznych bezpośrednio w miejscu prowadzenia badań, a następnie realizację szczegółowych analiz antropometrycznych wyłącznie na podstawie modeli cyfrowych, bez konieczności dalszego dostępu do materiału kostnego. Zaprezentowano zarówno klasyczne pomiary antropometryczne, jak i propozycje nowych wskaźników opartych na polach powierzchni, objętości kości oraz ich relacjach wzajemnych, wskazując potencjał tych danych w diagnostyce płci, wzrostu, masywności kości, przynależności osobniczej, a także w badaniach populacyjnych i kryminalistycznych.

Szczególną uwagę poświęcono możliwościom długoterminowego, „wieczystego” zachowania danych antropometrycznych w postaci repozytoriów cyfrowych, umożliwiających wielokrotne, zdalne i weryfikowalne analizy. Autorzy wskazują, że upowszechnienie dokumentacji 3D może doprowadzić do przełomu w agregacji danych antropometrycznych oraz stać się podstawą do opracowania nowych, bardziej obiektywnych narzędzi badawczych, minimalizując jednocześnie konieczność ponownych ekshumacji i ingerencji w szczątki ludzkie.

## *Trzy wymiary dokumentacji 3D: Zintegrowane podejście do rejestracji złożonych struktur prekolumbijskich wież grobowych w Andach*

Leszek Oliwier, Jakub Stępnik, Julia Chyla, Miłosz Giersz (Wydział Archeologii, Uniwersytet Warszawski)

**Słowa kluczowe:** Digital double, fotogrametria, skanowanie laserowe, architektura, Peru

W lipcu 2025 roku zespół archeologów z Uniwersytetu Warszawskiego pod kierownictwem prof. Giersza, wyprawił się w wysokogórską część regionu Ancash w Peruwiańskich Andach, aby zadokumentować znajdujące się tam zabytki, które dotychczas mimo znanej lokalizacji nie zostały objęte badaniami.

Celem wystąpienia jest przedstawienie procesu tworzenia „digital double” prekolumbijskich wież grobowych (chullpas) znajdujących się na wysokości ok 3500 m n.p.m. w pobliżu miasteczka Cochapeti (prowincja Huarmey, Peru). Skupimy się na pytaniu: jak skutecznie połączyć różne techniki pomiarowe, aby w możliwie jak najkrótszym czasie uzyskać pełny obraz zabytku – od jego umiejscowienia w krajobrazie, przez detale elewacji, aż po ciasne, ciemne wnętrza komór grobowych?

W badaniach wykorzystaliśmy podejście hybrydowe, łączące trzy uzupełniające się metody:

- Fotogrametrię lotniczą (UAV): do uchwycenia relacji grobowców z otaczającym krajobrazem.
- Fotogrametrię naziemną: pozwalającą na odwzorowanie najdrobniejszych detali i tekstur ścian.
- Skanowanie laserowe (TLS): które posłużyło jako precyzyjny szkielet geometryczny, niezastąpiony w trudnych warunkach oświetleniowych wewnątrz grobowców.

W prezentacji przeanalizujemy wyzwania związane z dokumentacją w terenie a następnie łączeniem tych danych oraz korzyści z pełnej implementacji trójwymiaru w dokumentacji archeologicznej. Efektem prac są modele 3D, które nie tylko wypełniają lukę w wiedzy o architekturze funeralnej regionu Ancash, ale służą też jako nieinwazyjne narzędzie monitoringu i ochrony zabytków.

## *Najnowsze badania w Kaplicy Anubisa w świątyni Hatszepsut*

Aleksandra Filipek-Wyskiel (Politechnika Wrocławska, Wydział Architektury, Katedra Historii Architektury Sztuki i Techniki)

**Słowa kluczowe:** Hatszepsut, Deir el-Bahari, Kaplica Anubisa, architektura egipska, technologia budowlana

Świątynia Milionów Lat królowej Hatszepsut w Deir el-Bahari od dekad pozostaje jednym z najważniejszych ośrodków badawczych dla architektów, archeologów i konserwatorów, stanowiąc nieocenione źródło wiedzy o XVIII dynastii. Szczególnie cennym obiektem jest Kaplica Anubisa, będąca w pełni zachowanym zespołem architektonicznym. Pomimo wieloletnich badań nad świątynią, niektóre zagadnienia dotyczące poszczególnych partii wciąż budzą wątpliwości badawcze. Niniejsze wystąpienie ma na celu prezentację najnowszych wyników analiz architektonicznych, które rzucają nowe światło na chronologię powstawania kaplicy Anubisa oraz inżynieryjne metody adaptacji budowli do wymagającego sąsiedztwa masywu skalnego Deir el-Bahari.

Podstawę źródłową badań stanowiła szczegółowa dokumentacja całej kaplicy. Na podstawie fotogrametrii sporządzono rysunki dokumentacyjne oraz przeprowadzono analizy architektoniczne murów. Zastosowano metodę analizy porównawczej systemów przewiązań murarskich (tzw. bloków wiążących) w kluczowych partiach kompleksu. Szczególną uwagę poświęcono śladom technologicznym in situ, takim jak obróbka lica kamienia, narysy projektowe na posadzkach oraz pozostałości siatek modularnych.

Przeprowadzone analizy doprowadziły do sformułowania hipotezy o wielofazowości budowy kaplicy. Jednym z dowodów jest stwierdzony brak ciągłości konstrukcyjnej i brak przewiązań murarskich na styku westybulu i sanktuarium. Odnotowana w tym miejscu obecność dylatacji oraz wtórnie dopasowanego nadproża potwierdza prawdopodobieństwo, że sanktuarium wraz z przyległą niszą zostało dobudowane do istniejącego już korpusu westybulu w późniejszym etapie prac. Zidentyfikowano również użycie bloków o monumentalnych gabarytach w najniższych partiach murów stykających się bezpośrednio z klifem. Zakłada się że rozwiązanie to prawdopodobnie miało na celu zabezpieczenie struktury przed naciskiem masywu górskiego. Jednocześnie odnotowana w westybule nieregularność układu warstw oraz obecność bloków z odwrotnym kierunkiem obróbki sugerują intensywne prace naprawcze lub nagłą zmianę koncepcji architektonicznej w trakcie budowy.

Ustalenia te mają istotne znaczenie dla zrozumienia ewolucji programu architektoniczno-budowlanego Hatszepsut, sugerując, że ostateczny, nietypowy plan kaplicy (tzw. „rzut złamany”) nie był pierwotnym założeniem, lecz wynikiem dynamicznego procesu adaptacji architektury do zmieniających się potrzeb kultowych i warunków technicznych.

## *Wirtualna rekonstrukcja traumy: wpływ zastosowania cyfrowej dokumentacji na badania grobów masowych*

Jakub Stępnik (Uniwersytet Warszawski, Wydział Archeologii), Dawid Kobiałka (Uniwersytet Łódzki, Wydział Filozoficzno-Historyczny, Instytut Archeologii), Joanna Rogóż, Michał Czarnik (Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Humanistyczny, Instytut Archeologii), Tomasz Jankowski (Instytut Pamięci Narodowej, Oddziałowa Komisja Ścigania Zbrodni przeciwko Narodowi Polskiemu w Gdańsku)

**Słowa kluczowe:** Archeologia współczesności, metodyka badań, ekshumacje, badania grobów masowych

W 2024 roku, podczas kolejnego sezonu prac w chojnickiej Dolinie Śmierci, odkryto masowy grób zawierający szczątki ok. 200 osób. Badania te stanowiły część interdyscyplinarnego projektu pt. „Archeologia Zbrodni pomorskiej 1939”. W pierwszych miesiącach II wojny światowej funkcjonariusze niemieckich formacji policyjnych oraz parapolicyjnych zamordowali ok. 20 000-30 000 Polaków, głównie przedstawicieli lokalnych elit społecznych, kulturalnych i politycznych.

Kluczowym elementem projektu były wykopaliska w Dolinie Śmierci pod Chojnicami. Tereny poza miastem, przecięte okopami wojskowymi, posłużyły jako miejsce egzekucji setek ludzi. Choć po wojnie część ofiar ekshumowano, nie wszystkie miejsca odnaleziono. Taki los spotkał m.in. pacjentów szpitala psychiatrycznego, których zamordowano na przełomie października i listopada 1939 roku w ramach nazistowskiej ideologii likwidacji osób „niechcianych”.

Ofiary wrzucano do wąskich rowów strzeleckich, co stworzyło wielopoziomowy grób masowy. Specyfika tego miejsca wymusiła adaptację metodyki terenowej, aby precyzyjnie zarejestrować kontekst przy jednoczesnym zachowaniu wysokiego tempa prac. Proces ten podzielono na pięć etapów:

1. Eksploracja: odsłanianie szkieletów oraz lokalizacja artefaktów (pocisków, łusek, przedmiotów osobistych) przy użyciu wykrywaczy metali i odbiorników GPS RTK.
2. Fotogrametria: dokumentacja 3D poszczególnych poziomów eksploracji.
3. Inwentaryzacja: oznaczanie zarysów ciał i dokumentacja fotograficzna.
4. Podejmowanie szczątków: wydobywanie szkieletów z grobu.
5. Cyfrowa rekonstrukcja: agregacja danych w środowisku wirtualnym.

Układ szkieletów był niezwykle skomplikowany, gdyż zwłok nie układano a wrzucano jedno na drugie. Dodatkowo miejsce to uległo co najmniej czterem naruszeniom: przez dzikie

zwierzęta, powojenne ekshumacje, późniejsze warstwy niwelacyjne oraz budowę drenażu, który zniszczył część grobu.

Dzięki zespołowi archeologów, specjalistów medycyny sądowej i antropologów, tradycyjne metody ekshumacji połączono z fotogrametrią i cyfrowymi bazami danych. Pozwoliło to na stworzenie tzw. „cyfrowego bliźniaka” agregującego 254 GB danych. Pełne zrozumienie tego wielopoziomowego układu stało się możliwe dopiero dzięki rekonstrukcji cyfrowej w oprogramowaniu Blender, które łączy 24 szczegółowe modele 3D obejmujące 99 kompletnych szkieletów oraz przemieszane szczątki kolejnych 33 osób.

Projekt ten dowodzi, że implementacja zaawansowanych metod archeologicznych do ekshumacji służy nie tylko jako dowód zbrodni, ale pomaga w zrozumieniu struktury grobów masowych. W obliczu współczesnych konfliktów zbrojnych i zbrodni wojennych, wypracowana metodyka może stać się kluczowym narzędziem w szybkim i precyzyjnym gromadzeniu materiału dowodowego niezbędnego do ścigania sprawców.

### *Dziedzictwo niechciane - nowe spojrzenie na pomniki ofiar Wielkiej Wojny*

Grzegorz Szalast (ArchService – badacz niezależny)

**Słowa kluczowe:** pomniki, dokumentacja 3D, metodyka, Wielka Wojna, skanowanie, fotogrametria

Na ziemiach Polski zachodniej bez trudu odnaleźć można pomniki ofiar Wielkiej Wojny. W wielu miejscowościach zostały one postawione dla upamiętnienia mieszkańców, którzy zginęli na froncie pierwszego ogólnoswiatowego konfliktu. Wiele z tych pomników przetrwało w dobrym stanie przez lata. Dopiero po 1945 roku, w związku z powszechną niechęcią dla dziedzictwa niemieckiego, poddane zostały ciężkiej próbie. Znaczna część z nich została, w większym lub mniejszym stopniu, intencjonalnie uszkodzona. Dopiero wraz z nadejściem XXI wieku doczekały się one należytego szacunku lokalnych społeczności. W wielu miejscowościach podjęto próby ich ponownego wyeksponowania w pierwotnym miejscu oraz konserwacji lub odnowienia.

Mając na uwadze ich historię i możliwość zmiany nastrojów społecznych, postanowiłem zająć się dokumentacją tychże pomników. Zgodnie z przyjętym założeniem każdy z pomników posiadający jakiegokolwiek pole z inskrypcjami miał uzyskać swoją cyfrową kopię. Szczególnie, jeśli inskrypcjami były imiona i nazwiska poległych. Podejmując tę decyzję nie wiedziałem, że proces dokumentowania okaże się procesem

badawczym. Tak w zakresie technik dokumentowania, jak również w zakresie lepszego poznania przedmiotowych pomników.

Zgodnie z pierwotnym założeniem technologią fundamentalną dla skutecznego prowadzenia dokumentacji miała być fotogrametria bliskiego zasięgu. Z czasem okazało się jednak, że szereg czynników wpływających na efektywne wykorzystanie tej metody oraz koszty jej zastosowania są niewspółmierne do przynoszonych rezultatów. Było to przyczyną poszukiwania rozwiązań alternatywnych w postaci budżetowych skanerów światła strukturalnego. Ostatecznie wypracowana metodyka jest podejściem hybrydowym, łączącym obie technologie. Umożliwia ona skuteczne zadokumentowanie bryły pomnika oraz istniejących inskrypcji.

Co jednak istotne, cyfrowe kopie pomników poddane analizom zaczęły odkrywać swoją historię. Mowa tu nie tylko o możliwości sprawnego i jednoznacznego odczytania nazwisk i stopni poległych, miejsca i daty ich śmierci, lecz także dodatkowych informacji o samych pomnikach. Warto podkreślić, że spostrzeżenia te opierają się na próbie zaledwie kilkudziesięciu zadokumentowanych pomników, przy ogólnej liczbie kilkuset zlokalizowanych. Zatem zaledwie kilkuprocentowa próba dowiodła słuszności podejmowanych działań, nie tylko w kontekście społecznym, lecz także lepszego poznania przeszłości.

## **Sesja II: Integracja danych w badaniach krajobrazów archeologicznych**

### *Cyfrowe ślady konspiracji: integracja GIS, danych archiwalnych i analiz krajobrazowych w badaniach Armii Krajowej w Borach Tucholskich*

Mateusz Sosnowski (Wdecki Park Krajobrazowy), Olaf Popkiewicz, Paulina Lewińska (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Geodezji Inżynierskiej i Budownictwa), Mariusz Ciszak, Jakub Michalak (Ciszak&Ciszak Sp. z o.o.)

**Słowa kluczowe:** Humanistyka cyfrowa, archeologia, lidar, integracja danych przestrzennych, archeologia krajobrazu, historia

Działalność Armii Krajowej w Borach Tucholskich pozostaje jednym z mniej rozpoznanych, a jednocześnie wyjątkowo złożonych epizodów historii konspiracji na Pomorzu. Przez dziesięciolecia rekonstrukcja wydarzeń opierała się głównie na relacjach świadków, lokalnych przekazach oraz rozproszonych materiałach archiwalnych. W ostatnich latach pojawiła się jednak możliwość znaczącego poszerzenia perspektywy badawczej dzięki

narzędziom cyfrowym, które pozwalają łączyć dane historyczne, kartograficzne, środowiskowe i archeologiczne w spójne modele przestrzenne.

W wystąpieniu zaprezentowane zostaną wyniki interdyscyplinarnego projektu dokumentacji miejsc związanych z działalnością Armii Krajowej na obszarze Borów Tucholskich, realizowanego na styku humanistyki cyfrowej, archeologii krajobrazu i badań archiwalnych. Projekt obejmuje geolokalizację i weryfikację terenową punktów konspiracyjnych, takich jak miejsca zrzutów, kryjówki, punkty kontaktowe czy lokalizacje obozów i magazynów. Kluczowym elementem jest analiza przestrzenna w środowisku GIS, umożliwiająca odtworzenie sieci komunikacji, identyfikację stref ryzyka oraz modelowanie potencjalnych tras przemarszów oddziałów.

Integralną częścią badań jest integracja materiałów archiwalnych - map wojskowych, meldunków, szkiców sytuacyjnych, fotografii lotniczych - z danymi środowiskowymi i wynikami analiz LIDAR. Pozwala to nie tylko precyzyjniej lokalizować miejsca związane z konspiracją, lecz także interpretować je w kontekście uwarunkowań krajobrazowych, takich jak ukształtowanie terenu, pokrycie roślinnością czy dostępność dróg.

Celem prezentacji jest pokazanie, jak technologie cyfrowe umożliwiają rekonstrukcję dynamiki działań konspiracyjnych oraz jak łączenie różnorodnych źródeł danych pozwala wydobywać z przeszłości informacje dotąd niedostępne. Projekt stanowi przykład praktycznego zastosowania narzędzi cyfrowych w badaniach nad historią XX wieku oraz w dokumentacji i ochronie dziedzictwa kulturowego, wskazując jednocześnie kierunki dalszego rozwoju badań nad krajobrazami konspiracji.

### *Dane z mobilnego skanowania laserowego (MLS) jako źródło w badaniach nad metrologią i morfologią miast średniowiecznych*

Maria Legut-Pintal, Anna Kubicka-Sowińska, Bartłomiej Ćmielewski (Politechnika Wrocławska, Wydział Architektury PWr, Katedra Historii Architektury, Sztuki i Techniki, LabScan3D)

**Słowa kluczowe:** mobilne skanowanie laserowe, cosine quantogram, metrologia, urbanistyka średniowieczna

Studia nad morfologią i metrologią historycznych układów miejskich opierały się dotychczas przede wszystkim na analizie archiwalnych oraz współczesnych planów katastralnych. Implementacja nowoczesnych technologii teledetekcyjnych, takich jak mobilne skanowanie laserowe (MLS), otwiera nowe perspektywy w dokumentacji i interpretacji struktur

urbanistycznych. Możliwość pozyskania danych pomiarowych o wysokiej rozdzielczości pozwala na krytyczną weryfikację dotychczasowych ustaleń badawczych. Celem niniejszego badania była ocena przydatności danych MLS w analizie metrologicznej rozplanowania miast. Główną hipotezę oparto na założeniu, że wysoka rozdzielczość danych z chmury punktów umożliwia uzyskanie wyników o większej wiarygodności statystycznej w porównaniu do tradycyjnych źródeł kartograficznych, które często obarczone są błędami skali lub deformacjami podkładu.

Badania przeprowadzono na przykładzie regularnych miast średniowiecznych z regionów Toskanii oraz Oksytanii założonych w XIII i XIV w. Wybór tych obszarów podyktowany był obecnością zabudowy kamiennej, która w znacznym stopniu utrwaliła historyczną parcelację gruntów. Metodyka opierała się na porównaniu wyników uzyskanych dzięki danym pochodzącym z XIX-wiecznych i współczesnych planów katastralnych oraz chmur punktów uzyskanych przy użyciu mobilnego skanera laserowego, wykorzystującego algorytm Grand SLAM (VIS i LiDAR).

Kluczowym elementem procedury badawczej było porównanie wyników uzyskanych metodą cosine quantogram dla obu zestawów danych. Analizie poddano zbieżność uzyskanych wyników, wagi wartości maksimum funkcji cosine quantogram, oraz przedziały ufności, co pozwoliło ocenić, czy dane z mobilnego skanowania dostarczają istotnie dokładniejszych parametrów w studiach nad miarami lokacyjnymi. W podsumowaniu wskazano na potencjał wykorzystania pozyskanych chmur punktów, które – poza metrologią – stanowią cenne źródło w badaniach nad trójwymiarową strukturą pierzei i ewolucją tkanki miejskiej.

*Poznanie przeszłości mikroregionu Jeziora Wierzchowo (gm. Szczecinek) jako przykład integracji potencjału archeologii inwazyjnej i nieinwazyjnej, paleoekologii oraz badań krajobrazów kulturowych*

Kamil Niedziółka (Uniwersytet Gdański, Wydział Historii, Instytut Archeologii), Joanna Święta-Musznicka (Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii, Pracownia Paleoekologii i Archeobotaniki), Maciej Marczewski (Firma Archeologiczna GLESUM), Piotr Wroniecki, (Montefortino Propection & Digitalisation, Szwajcaria)

**Słowa kluczowe:** GIS, badania interdyscyplinarne, integracja danych, badania osadnictwa, badania paleośrodowiskowe

W trakcie prezentacji przedstawione zostaną zintegrowane, multidyscyplinarne badania mikroregionu Jeziora Wierzchowo, gm. Szczecinek. Z archeologicznego punktu widzenia jest

to obszar szczególnie interesujący, który od tysięcy lat przyciągał uwagę lokalnych społeczności, o czym świadczą liczne stanowiska archeologiczne o zróżnicowanej chronologii. Niewątpliwie najciekawszym z nich jest monumentalne grodzisko (Grąbczyn, stan. 1) o znakomicie zachowanej formie terenowej i wciąż niejasnym datowaniu. Znajduje się ono bezpośrednio nad Jeziorem Wierzchowo, na naturalnie ukształtowanym, obronnym półwyspie. Samo jezioro okazało się znakomitym archiwum paleośrodowiskowym dostarczając materiał badawczy do analizy palinologicznej, która z kolei umożliwiła rekonstrukcję składu i holocenijskich przemian lokalnych zbiorowisk roślinnych.

Wszystkie wspomniane elementy stworzyły wyjątkowo dobre warunki do interdyscyplinarnych badań nad przeszłością całego mikroregionu. W ich trakcie, w odniesieniu do samego grodziska, wykorzystano techniki nieinwazyjne, takie jak gradiometria magnetyczna i georadar (GPR), w celu odkrycia ukrytych struktur podpowierzchniowych. Rozpoznanie lotnicze z wykorzystaniem dronów RTK oraz dronów ALS/LiDAR zapewniło z kolei dostęp do modeli i zobrazowań o wysokiej rozdzielczości przeznaczonych do analizy i dokumentacji formy terenowej grodziska. Wykorzystano również dane teledetekcyjne pochodzące z otwartych źródeł w celu poszerzenia zakresu analizy danych z perspektywy krajobrazowej, jak również wykrycia nieznanymi oraz weryfikacji znanych stanowisk archeologicznych o zachowanej formie terenowej w granicach badanego mikroregionu. W ramach omawianego projektu przeprowadzono także badania wykopaliskowe, zarówno na samym grodzisku, jak i w jego otoczeniu. Dostarczyły one cennego materiału badawczego w formie zabytków oraz prób do badań paleośrodowiskowych (archeobotanika, mikromorfologia, geomorfologia) umożliwiając zarazem weryfikację wcześniejszych pomiarów geofizycznych.

Integracja tak różnorodnych źródeł danych stanowi wyzwanie i wymaga współpracy interdyscyplinarnej w celu uzyskania holistycznej perspektywy. Kluczowe znaczenie ma tutaj wykorzystanie m.in. narzędzi bazodanowych GIS, które pozwalają na zestawianie ze sobą danych o różnym charakterze (lidar, zdjęcia lotnicze, geofizyka, paleoekologia oraz oczywiście archeologia). Wyniki, które zostaną zaprezentowane dostarczyły do tej pory wielu cennych spostrzeżeń na temat skutecznych metod i metodologii badań archeologicznych o interdyscyplinarnym charakterze. Będą więc mogły stanowić wskazówki dla przyszłych badań dotyczących zarówno określonych obszarów, bądź i konkretnych form krajobrazowych.

## *Zanim dziedzictwo stanie się echem... Integracja otwartych danych przestrzennych i programów obserwacji Ziemi w analizie zagrożeń dla dziedzictwa archeologicznego*

Lidia Żuk (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Archeologii)

**Słowa kluczowe:** analiza zagrożeń; antropocen; dziedzictwo archeologiczne; otwarte dane przestrzenne; programy obserwacji Ziemi (EO)

Przyspieszające tempo transformacji krajobrazu w antropocenie stawia przed archeologią nowe wyzwania metodologiczne i interpretacyjne. Zachodzące zmiany wpływają na wszystkie etapy pracy badawczej – od planowania badań i doboru metod prospekcyjnych po interpretację wyników. Jednym z najważniejszych wyzwań pozostaje rozpoznanie i udokumentowanie dziedzictwa archeologicznego, zanim ulegnie ono nieodwracalnej degradacji. Jednocześnie rozwój technologii cyfrowych oraz udostępnianie danych przestrzennych w otwartym dostępie – w tym w ramach krajowej infrastruktury informacji przestrzennej i programów obserwacji Ziemi (Earth Observation – EO) – otwierają nowe możliwości rozumienia i monitorowania procesów wpływających na dziedzictwo. Celem wystąpienia jest odpowiedź na pytanie, w jaki sposób integracja danych archeologicznych z otwartymi zasobami geoinformacyjnymi i danymi programów obserwacji Ziemi może wspierać analizę zagrożeń oraz rozwój bardziej strategicznego podejścia do ochrony dziedzictwa w Polsce. Punktem wyjścia jest założenie, że tradycyjny model ochrony dziedzictwa, oparty na identyfikacji i inwentaryzacji stanowisk archeologicznych, nie nadąża za tempem współczesnych przemian krajobrazowych. Proponowana zmiana polega na powiązaniu procesów transformacji krajobrazu z oceną ich potencjalnego wpływu na dziedzictwo oraz wyznaczaniem obszarów wymagających szczególnej uwagi badawczej i konserwatorskiej.

Metodologia opiera się na integracji wieloźródłowych danych przestrzennych w środowisku GIS. Wykorzystano dane archeologiczne, dane udostępniane w ramach krajowej infrastruktury informacji przestrzennej (zgodnej z dyrektywą INSPIRE), a także dane programów obserwacji Ziemi, w szczególności misji Sentinel-2 (Copernicus). Analiza obejmuje identyfikację głównych procesów transformacji krajobrazu (urbanizacja, intensyfikacja rolnictwa, gospodarka leśna, zmiany hydrologiczne), ich zróżnicowania przestrzennego oraz dynamiki czasowej. Na tej podstawie określana jest presja przekształceń oraz przybliżony horyzont czasowy ich oddziaływania.

Zestawienie tych informacji pozwala na rozpoznanie obszarów szczególnie narażonych na przekształcenia oraz na wskazanie priorytetów dla dalszych działań badawczych i ochronnych. Podejście to zostało przetestowane na wybranych przykładach z Wielkopolski, z wykorzystaniem danych EO, m.in. w analizie zjawisk suszy, powodzi błyskawicznych oraz zmian kondycji drzewostanów.

Wstępne wyniki wskazują, że integracja otwartych danych przestrzennych i obserwacji Ziemi umożliwia przejście od reaktywnego modelu ochrony do podejścia, które ujmuje dziedzictwo archeologiczne w kontekście szerszych procesów krajobrazowych. W odniesieniu do „cyfrowych ech przeszłości” proponowane podejście koncentruje się nie tylko na rekonstrukcji przeszłości, lecz także na rozpoznawaniu procesów prowadzących do jej stopniowej utraty, wskazując obszary, w których dziedzictwo jest szczególnie zagrożone.

### *Mapowanie świętego krajobrazu Inków: teledetekcja i badania archeologiczne w masywie wulkanu Chachani w południowym Peru*

Julia Pięłowska (Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii), Dagmara Socha (Centrum Badań Andyjskich Uniwersytetu Warszawskiego), Dominika Sieczkowska-Jacyna (Zakład Geochronologii i Badań Izotopowych Środowiska, Wydział Fizyki, Politechnika Śląska), Bartłomiej Ćmielewski (Wydział Architektury Politechnika Wroclawska, Katedra Historii Architektury, Sztuki i Techniki)

**Słowa kluczowe:** Inkowie, Capacocha, archeologia wysokogórska, GIS, Capac Ñan

W trakcie prezentacji przedstawione zostaną wyniki interdyscyplinarnych badań nad krajobrazem sakralnym wulkanów w południowym Peru, na przykładzie masywu Chachani. Badania skupiały się nad problemem identyfikacji i analizy przestrzennej inkaskich dróg prowadzących do sanktuariów wysokogórskich, gdzie miała miejsce rytuał Capacocha. Był to jeden z najważniejszych rytuałów w Imperium Inkaskim w trakcie, którego w ofierze składano dzieci oraz młode kobiety. Obszar analizy znajdujący się w obrębie masywu wulkanu Chachani obejmujące jego główny szczyt (6057 m n.p.m.) oraz szczyt Nokarane (5 800 m n.p.m.).

Głównym celem badań była identyfikacja i dokumentacja pozostałości dróg, tambos (zajazdów) oraz platform rytualnych, położonych na wysokościach od 4000 do 6000 m n.p.m. Pytania badawcze miały na celu oszacowanie gęstości sieci religijnej jak także opracowania systemu zdalnego wytyczania szlaków. Zastosowana metodologia opiera się na integracji zaawansowanych narzędzi teledetekcyjnych oraz analiz przestrzennych w środowisku GIS. Analizy prowadzono w oparciu o dostępne zdjęcia satelitarne i numerycznego model terenu

(DTM). Pozyskany obraz umożliwił rozpoznanie wysokości terenu oraz nachylenia (Slope), co doprowadziło do stworzenia analizy ścieżki najniższego kosztu (Least Cost Path) opartej na funkcjach kosztu energetycznego (algorytmu Toblera).

W celu weryfikacji przebiegu wyznaczonych tras procesji Capacocha sformułowano wskaźniki, które uwzględniały ograniczenia wynikające z dużych zmian wysokości terenu oraz brak profesjonalnego sprzętu alpinistycznego (odrzućcie pionowych tras). Wynikało to również ze specyfiki transportu ofiar, dostępu do wody i pożywienia oraz liczebności grupy uczestników, co wymuszało zachowanie ciągłości i stabilności w trudnym terenie wysokogórskim. Dotychczasowe znane sieci dróg inkaskich (Capac Nañ) w rejonie prowadzą głównie dnem doliny, co powoduje ominięcie kluczowych stanowisk związanych z kultem wysokogórskich Apus (bóstw). Pilotażowe wyniki badań potwierdziły, że model pokrywa się z zachowanymi fragmentami szlaków religijnych stanowiąc idealne narzędzie do szukania miejsc o potencjale archeologicznym w wysokich górach. Opracowany model analityczny zostanie w kolejnych etapach rozszerzony o sąsiednie masywy wulkaniczne, zarówno na których udokumentowano już obecność sanktuariów na szczytach, jak też i przetestowany na dotychczas niezbadanych szczytach. Pozwoli to na przeprowadzenie łączonej analizy przebiegu sakralnych dróg.

Uzyskane rezultaty połączone z systematycznymi badaniami powierzchniowymi w terenie wskazują, że dotychczas przyjmowana gęstość sieci religijnej w rejonie Chachani była dużo większa niż pierwotnie zakładano. Pomimo relatywnej bliskości współczesnego miasta Arequipa, krajobraz górski sprawia, że tradycyjne badania powierzchniowe mogą okazać się niewystarczające przy mapowaniu pozostałości archeologicznych. Opracowany na potrzeby projektu model pokazuje jak nowoczesne technologie mogą skutecznie pomóc w wyzwaniach archeologii wysokogórskiej.

### *Wybrane problemy badawcze zalesionych obszarów porolnych*

Bogdan Przybyła (Łobeska Fundacja Archeologiczna)

**Słowa kluczowe:** prospekcja terenowa, badania nieinwazyjne, archeologia w lasach

Wprowadzenie do archeologii prospekcji terenowej opartej na lotniczym skanowaniu laserowym zaowocowało lawiną odkryć nieznanych wcześniej stanowisk archeologicznych, które manifestują się własną formą terenową. Metoda badań powierzchniowych stosowana w ramach Archeologicznego Zdjęcia Polski okazała się nieskuteczna na obszarach o bujnej roślinności – lasy, trzcinowiska i podobne tereny na arkuszach AZP jawią się najczęściej jako

pustki osadnicze. Udostępnienie danych z programu ISOK w znacznym stopniu przyczyniło się do wypełnienia tych luk. Jednak na porolnych obszarach leśnych metoda skanowania laserowego wykazuje bardzo słabe wyniki. Integracja GIS z metodami teledetekcji również nie gwarantuje poprawy skuteczności.

Tereny te były w przeszłości wykorzystywane rolniczo, a występujące na nich stanowiska archeologiczne – posiadające własną formę terenową – uległy niwelacji w wyniku zabiegów agrotechnicznych. Pozbawione cech dystynktywnych nie ujawniają się na numerycznych modelach terenu. Analiza fotografii lotniczych również nie przynosi oczekiwanych rezultatów, a współcześnie porastające je lasy ograniczają możliwości obserwacji. Problem jest o tyle istotny, że w latach 1947–2005 zalesiono w Polsce około 1,5 mln ha, a współczesna archeologia, jak się wydaje, nie dysponuje odpowiednio skutecznym narzędziem badawczym.

Celem wystąpienia jest przedstawienie wyników badań nieinwazyjnych prowadzonych w lasach porolnych na obszarze AZP 27-16 oraz wskazanie związanych z nimi trudności. Wymiana podobnych doświadczeń może przyczynić się do wypracowania najbardziej efektywnego sposobu badania tego typu obszarów.

### *Prace wykopaliskowe na obszarze Costa Extremo Sur*

Paulina Kaczyńska (Uniwersytet Wrocławski, Instytut Archeologii)

**Słowa kluczowe:** Costa Extremo Sur, wykopaliska, Tambo, Atico

Badacze Uniwersytetu Wrocławskiego rozpoczęli prace wykopaliskowe na obszarze południowego Peru na przełomie 2022 i 2023 roku. W ramach Misji Archeologicznej Uniwersytetu Wrocławskiego (NCN-Opus21/41/B/HS3/03115) w latach 2022-2025 przebadano stanowiska w delcie rzeki Tambo oraz dolinie rzecznej Atico. Celem badań polsko-peruwiańskiej ekspedycji była analiza rozwoju osadnictwa w obrębie dotychczas słabo przebadanej doliny rzecznej Atico oraz kontynuacja wykopalisk i weryfikacja wyników zakończonego Projektu Tambo realizowane przez Uniwersytet Wrocławski we współpracy z Katolickim Uniwersytetem Santa María w Arequipie pod kierownictwem prof. Józefa Szykulskiego w latach 2008-2013. Prace przeprowadzono m.in. na cmentarzyskach El Pino 7, El Pino 11, La Pampilla 1 zlokalizowanych w delcie rzeki Tambo oraz na stanowiskach El Curaca i Puyenca w dolinie rzeki Atico. Obszar badań, w obrębie którego zlokalizowane są omawiane stanowiska, ma obecnie charakter pustynny - rozciąga się tam jeden z najbardziej jałowych regionów naszego globu, czyli Pustynia Atacama .

Celem wystąpienia jest zaprezentowanie dotychczasowych wyników badań, stanowiących część projektu "Dolina Atico – Peru w epoce prekolumbijskiej. Rozwój i relacje interkulturowe pomiędzy społecznościami obszaru gór i pustyni południowego Peru", przez pryzmat różnorodnych dostępnych metod dokumentacji stanowiska i zabytków oraz konserwacji i digitalizacji części artefaktów w peruwiańskich realiach.

### **Sesja III: Popularyzacja archeologii w erze cyfrowej**

#### *ArchaeoViewer – Praktyczny przykład wdrożenia archeogamingu*

Joachim Marteck (Wydział Archeologii, SDNH, Uniwersytet Warszawski)

**Słowa kluczowe:** Archeogaming, Fotogrametria, Mezoameryka, San Isidro

Tematem prezentowanego wystąpienia jest archeogaming - złożona i wieloaspektowa koncepcja, łącząca archeologię z kulturą i technologią gier komputerowych na przykładzie autorskiego oprogramowania stworzonego w silniku dedykowanym produkcji gier Unreal Engine. Jej celem jest zweryfikowanie potencjału wykorzystania tego typu rozwiązań dla projektów archeologicznych.

ArchaeoViewer to aplikacja służąca do gromadzenia, analizowania i prezentowania rezultatów badań archeologicznych na stanowisku San Isidro w Salwadorze, realizowanych w ramach projektu badawczego Uniwersytetu Warszawskiego. Program stanowi interaktywną bazę danych o artefaktach odkrytych podczas prac terenowych, opierającą się na ich trójwymiarowych modelach cyfrowych. Zabytki wyświetlane są w sposób odzwierciedlający położenie, w którym zostały znalezione, wraz z odwzorowaniem pozostałych elementów wykopu. Docelowymi odbiorcami oprogramowania są zarówno obecni i przyszli członkowie zespołu badawczego, jak również inni archeolodzy, a także osoby nie związane z archeologią zainteresowane wynikami badań.

Wystąpienie składać się będzie z trzech części. W pierwszej wprowadzone zostanie pojęcie archeogamingu, jego geneza, proponowane definicje oraz powiązane koncepcje związane z szeroko pojętą archeologią cyfrową.

Następnie w odniesieniu do przedstawionej wcześniej problematyki, opisany zostanie proces tworzenia oprogramowania oraz zaimplementowanych w nim informacji, a także zawartych w nim różnych materiałów i obiektów, przede wszystkim cyfrowych modeli fotogrametrycznych przedstawiających zabytki wydzielone. Omówione zostaną również możliwości jakie tworzy wykorzystany silnik, a także wprowadzenie do pracy w nim. Atutem Unreal Engine jest system Blueprint, czyli wizualny system programowania. Pozwalają one

programować bez konieczności pisania tradycyjnego kodu. System ten jest dużo bardziej intuicyjny, szczególnie dla osób, które nie są doświadczonymi programistami.

W trzeciej części przedstawiony zostanie szczegółowy opis programu, jego struktury, poszczególnych elementów i dostępnych funkcjonalności. Oprócz funkcji graficznej i przestrzennej bazy informacji, oprogramowanie posiada zestaw narzędzi pozwalający na filtrowanie przedstawionego zbioru, oraz dokonywanie opartych na zależnościach geometrycznych pomiędzy przedstawionymi zabytkami pomiarów i obliczeń. W podsumowaniu zawarte zostaną konkluzje i perspektywy rozwoju oprogramowania.

*Panel dyskusyjny poświęcony popularyzacji archeologii w erze cyfrowej połączony z projekcją filmów zrealizowanych w ramach projektu „Od epoki kamienia po Wielką Wojnę – archeologia Lubelszczyzny”*

*Prowadzący: **Marcin Maciejewski** (Instytut Archeologii, Wydział Historii i Archeologii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie)*

Piątek, 8 maja 2026

## Sesja IV: Cyfrowe dziedzictwo i muzealizacja

### *Wirtualne muzealnictwo w archeologii na przykładzie aplikacji mobilnej Chodlik AR*

Mateusz Osiadacz (Bevel Studio Sp. z o.o.)

**Słowa kluczowe:** Wirtualne muzealnictwo, rekonstrukcje 3D, cyfrowe zasoby, aplikacja, AR

Pojęcie wirtualnego muzealnictwa na poziomie teoretycznym doczekało się już wielu prób zdefiniowania, od logicznie powiązanej kolekcji obiektów cyfrowych, utworzonej przy pomocy różnych mediów po nowy system poznawczy, łączący w interaktywny sposób instytucję z odbiorcą. Jednocześnie stale rozwijająca się technologia, umożliwiająca nowe metody prezentacji zasobów oraz tworzenie synkretycznych form, łączących technologię, naukę i sztukę powodują, że niemożliwe jest ściśle zdefiniowanie tego pojęcia na poziomie praktycznym.

Aplikacja Chodlik AR tworzona była przez Bevel Studio przez niespełna półtora roku, od grudnia 2024 r. do kwietnia 2026 r. Była ona realizowana w ramach kierowanego przez dr Łukasza Miechowicza projektu Instytutu Archeologii i Etnologii PAN, w ramach programu MNiSW Nauka dla Społeczeństwa II. Jej celem była zarówno promocja wiedzy na temat wczesnośredniowiecznego grodziska i zamieszkującej niegdyś to miejsce słowiańskiej społeczności jak i stworzenie ogólnodostępnej kolekcji cyfrowej związanej z tym stanowiskiem archeologicznym.

Aplikacja umożliwia zwiedzanie terenu grodziska z wykorzystaniem wbudowanego w urządzenie GPS i odkrywanie znalezisk, w tym rekonstrukcji 3D zabytków w trybie AR, a także zdalne, wirtualne zwiedzanie grodu z dowolnego miejsca. Udostępnia ona blisko 300 multimediów, w tym najwięcej ilustracji (około 200), ale także ponad 30 modeli 3D, ponad 30 modeli AR oraz kilka filmów. Trzy z nich realizowane były w formie filmu sferycznego 360°: 11-minutowy film aktorski, na potrzeby którego odtworzono hipotetyczny przebieg słowiańskiego pogrzebu ciała palnego oraz dwie 2-minutowe sferyczne animacje 3D, przedstawiające napad Awarów na gród. W przypadku rekonstrukcji 3D podstawę realizacji stanowiły wyniki badań archeologicznych, a tam, gdzie było to możliwe, prezentowano modele 3D wykonane na bazie skanów.

W trakcie realizacji projektu konieczne było znalezienie odpowiedzi na wiele pytań natury metodycznej, dotyczących zagadnień archeologii publicznej:

- W jakim stopniu cyfrowe zasoby powinny służyć bezpośrednio lokalnej społeczności,

wspierając jej poczucie kulturowej tożsamości i motywując do odwiedzenia stanowiska, a w jakim powinny być prezentowane globalnie w celu promocji wiedzy?

- Na ile wirtualne muzealnictwo w kontekście archeologii publicznej powinno skupiać się na prezentacji surowych, ścisłych wyników danych, a w jakim aktywnie angażować odbiorcę?

- W jakim stopniu w przypadku cyfrowej rekonstrukcji obiektu zabytkowego zasadne jest uzupełnianie niepewnych danych i jak metodyczne podstawy rekonstrukcji komunikować odwiedzającym?

- Jaką formę, w przypadku hipotetycznej rekonstrukcji elementów kultury materialnej lub duchowej, takiej jak sferyczny film lub animacja 3D, powinien mieć komentarz merytoryczny, aby pozostał ściśle związany z dziełem, a jednocześnie nie burzył jego immersji?

Gdzie powinna przebiegać granica pomiędzy atrakcyjną formą prezentacji danych i ścisłością naukową hipotetycznej rekonstrukcji, przy uwzględnieniu ograniczeń wynikających z aktualnego układu i zagospodarowania terenu stanowiska archeologicznego? Jakie formy prezentacji cyfrowych zasobów archeologicznych mogą jednocześnie pozostać ściśle naukowe i atrakcyjne w formie dla odbiorców?

W trakcie tworzenia aplikacji Chodlik AR przeprowadzono testy w kontekście jej odbioru przez różne grupy docelowe, zarówno na terenie stanowiska archeologicznego (z wykorzystaniem GPS) jak i zdalnie. Przykład aplikacji Chodlik AR wskazuje, że kluczowe znaczenie dla wirtualnego muzealnictwa i wykorzystującej nowoczesne multimedia archeologii publicznej ma świadome łączenie rzetelności naukowej z przystępną i angażującą poznawczą formą przekazu.

### *Drugie życie wystaw czasowych. Multimedia immersyjne w zachowaniu epizodycznych wydarzeń muzealnych w przestrzeni kulturowej*

Łukasz Czyżewski (Instytut Archeologii UMK), Józef Łoś (Muzeum Okręgowe w Bydgoszczy), Jolanta Szałkowska-Łoś (Muzeum Okręgowe w Bydgoszczy)

**Słowa kluczowe:** gaussian splatting, wystawy czasowe, media immersyjne

Kreując wystawy czasowe niejednokrotnie zmagamy się z ograniczonymi budżetem, bardzo krótkimi ramami czasowymi zarówno realizacji jak i prezentacji obiektów. Często też pomimo popularności jaką cieszą się konkretne tematy zmuszeni jesteśmy zakończyć je zgodnie z harmonogramem. Nawet po udanych wydarzeniach pozostają w przestrzeni kulturowej i archiwach muzealnych scenariusze, pojedyncze zdjęcia, niekiedy katalog wystawy. Na kanwie budowanych od przeszło 10 lat multimediów projektowanych dla stałych

wystaw archeologicznych w Muzeum Okręgowym w Bydgoszczy, zaproponowaliśmy nowatorskie rozwiązanie kompleksowego uwiecznienia wystawy czasowej „Archeologia w sztuce” w formie cyfrowej, pozwalającej na wieloaspektową eksplorację treści: jako wirtualny spacer (dostępny online), prezentację w formie zamkniętego kiosku ale też jako immersyjną, interaktywną w pełni trójwymiarową przestrzeń możliwą do zintegrowania choćby w goglami VR. Współpraca z ośrodkami akademickimi i innymi placówkami naukowymi przy realizacji wystaw stałych i czasowych gwarantuje wysoki poziom udostępnianych ekspozycji. Wykorzystując nową technologię wizualizacji przestrzeni 3D łatwą i wierną w oddawaniu wrażeń stworzono nową formę medium komunikacji i uwiecznienia ulotnych obiektów jakimi są wystawy czasowe.

### *Cyfrowa rekonstrukcja dekoracji malarskiej talerza apulijskiego ze zbiorów Muzeum Narodowego w Poznaniu*

Wiktoria Kraszewska (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk o Sztuce, Instytut Historii Sztuki)

**Słowa kluczowe:** ceramika apulijska, fotografia mikroskopowa, rekonstrukcja cyfrowa,

Ceramika apulijska czerwonofigurowa, wytwarzana w południowej Italii w IV w. p.n.e., stanowi istotne źródło badań nad lokalnymi wariantami ikonografii greckiej oraz praktykami warsztatowymi. Istotną rolę odgrywają w niej zdobienia i dekoracje wykonane białą farbą na bazie kaolinitu, które ulegają głębokiemu zanikowi co znacznie wpływa na odbiór i interpretację obiektów. Badania opierają się na analizie i cyfrowej rekonstrukcji wizualnej dekoracji malarskiej konkretnego talerza apulijskiego pochodzącego ze zbiorów Muzeum Narodowego w Poznaniu, którego białe zdobienia zachowały się jedynie szczątkowo.

Celem moich badań było przywrócenie wizualnej czytelności obiektu jak i cyfrowe odtworzenie pierwotnego wyglądu dekoracji. W swojej pracy zastosowałam nieinwazyjne metody obejmujące fotografię ultrafioletową, w podczerwieni oraz analizę mikroskopową powierzchni ceramiki. Powierzchnie obiektu oglądano za pomocą mikroskopu stereoskopowego Nikon SMZ 1500 (techniki epi- i dia-, powiększenia od 15x do 225x). Fotografie mikroskopowe wykonano za pomocą kamery DeltaPix Invenio 20E III sprzężoną z mikroskopem i zarejestrowano w programie DeltaPix InSight. Badania wykonane metodą UV pozwoliły na rozpoznanie wtórnych ingerencji konserwatorskich z ubytkami, natomiast dokładna dokumentacja mikroskopowa umożliwiła rozpoznanie zatartych 131 punktów białej

dekoracji. Na ich podstawie udało mi się wykonać cyfrową rekonstrukcję zdobień, z rozróżnieniem na elementy oryginalne i wtórne.

Kompletna przeprowadzona rekonstrukcja pozwoliła na pełniejsze odczytanie ikonografii przedstawienia kobiecej głowy wraz z istotnymi elementami biżuterii takimi jak: naszyjnik, stephane, kolczyk. Wykonane studium podkreśla istotność i potencjał metod obrazowania w analizie i interpretacji zabytków starożytnych oraz może być polem do rozpoczęcia dyskusji o analizie ikonograficznej niewidocznych wcześniej elementów dekoracji, ze zwróceniem uwagi na biżuterię.

## **Sesja V: Sztuczna inteligencja i teledetekcja w prospekcji archeologicznej**

### *Cyfrowe echa przeszłości: zastosowanie sztucznej inteligencji do wykrywania starożytnej sieci nawadniania na terenie Mezopotamii*

Nazarij Buławka (Wydział Archeologii Uniwersytetu Warszawskiego), Hector Orengo (Catalan Institution for Research and Advanced Studies; Barcelona Supercomputing Center), Felipe Lumbreras Ruiz (Department of Computer Science, Universidad Autónoma de Barcelona), Iban Berganzo-Besga (Barcelona Supercomputing Center), Ekta Gupta (Catalan Institution for Research and Advanced Studies)

**Słowa kluczowe:** systemy nawadniania, Mezopotamia, zobrazowania satelitarne, uczenie maszynowe

Badanie systemów gospodarki wodnej w starożytnej Mezopotamii stanowi kluczowy obszar badań archeologicznych. Proces ten obejmuje rekonstrukcję starożytnych cieków wodnych i kanałów, które zachowały się w formie podwyższonych wałów. Analiza ta wymaga zastosowania różnorodnych metod, od tradycyjnych badań historycznych po nowoczesne technologie, takie jak System Informacji Geograficznej (GIS). Wraz z rozwojem sztucznej inteligencji pojawiają się nowe możliwości automatyzacji tych procesów, choć wiążą się one z licznymi wyzwaniami.

W niniejszym badaniu przedstawiono innowacyjne, automatyczne podejście do wykrywania śladów starożytnych kanałów w środkowym Iraku. Metoda ta łączy zaawansowane techniki głębokiego uczenia z wieloczasowymi i wieloźródłowymi danymi satelitarnymi, wykorzystując modele segmentacji instancji.

Badanie opiera się na integracji obszernego zbioru danych teledetekcyjnych dostępnych w Google Earth Engine, w tym cyfrowego modelu powierzchni TanDEM-X Edited DSM. Przeprowadzono również testy z wykorzystaniem zbioru danych Copernicus GLO 30. Utworzono zbiory danych na podstawie wieloczasowych obrazów Landsat 5, Sentinel-1 SAR oraz Sentinel-2 multispektralnych, a także TanDEM-X Edited DSM. Dane przetworzono, generując wskaźniki roślinności i wilgotności, redukując zmienność sezonową za pomocą analizy głównych składowych (PCA) oraz wieloskalowy model rzeźby terenu (MSRM). Etykiety szkoleniowe pozyskano poprzez automatyczną ekstrakcję opartą na progach oraz ręczną digitalizację wałów przeciwpowodziowych w rejonie Al Hillah i Ar Rymaythah w Iraku. W badaniu wykorzystano trzy architektury sieci neuronowych: U-Net, Attention U-Net oraz Swin UNETR. Referat omówi problematykę zastosowania sztucznej inteligencji w badaniach sieci nawadniania w Iraku, a także zaprezentuje najnowsze wyniki projektu.

### *Cyfrowe echa przeszłości: perspektywy w badaniach krajobrazów z wykorzystaniem uczenia maszynowego na przykładzie projektu AiQala*

Nazarij Buławka, Barbara Kaim, Agnieszka Szaforz, Łukasz Jarmużek (Wydział Archeologii Uniwersytetu Warszawskiego)

**Słowa kluczowe:** Afganistan, zobrazowania satelitarne, uczenie maszynowe

Qala to charakterystyczny typ ufortyfikowanej wsi zbudowanej na planie prostokąta, otoczony grubym murem wraz z występującymi wieżami w narożach powszechnie spotykany w Iranie, Afganistanie, Azji Środkowej (Lambton 1953, s. 8–9). Wsie tego typu odgrywały istotną rolę w strukturze osadniczej okresu muzułmańskiego, choć niektórzy badacze twierdzą, że mogły pojawić się już w epoce brązu (2250–1700 p.n.e.) (Lamberg-Karlovsky 1994). Informacje na temat lokalizacji Qala pochodzą z licznych badań etnograficznych i archeologicznych, aczkolwiek nie podjęto jak dotąd prób przeprowadzenia analizy diachronicznej tego typu stanowisk, zbadania ich wewnętrznej organizacji i rozmieszczenia przestrzennego.

AiQala to projekt badawczy finansowany przez Narodowe Centrum Nauki (UMO-2025/57/B/HS3/04379), którego celem jest wyjaśnienie roli ufortyfikowanych osad wiejskich, znanych jako Qala, w rozwoju złożonych społeczeństw w Afganistanie: w oazie Balch i okolicach Kabulu.

Projekt zakłada wykorzystanie multispektralnych, radarowych (SAR) i archiwalnych zdjęć satelitarnych do badania krajobrazu. Wytrenowane zastaną modele uczenia głębokiego

służące do wykrywania ufortyfikowanych wiosek typu Qala, otaczających je układów pól uprawnych oraz pozostałości systemów wodnych. Plany architektoniczne wiosek typu Qala zostaną przeanalizowane przy użyciu rekonstrukcji 3D, Space Syntax, a lokalizacje przy użyciu analiz przestrzennych i metod statystycznych.

### *Cyfrowa prospekcja: uczenie maszynowe i teledetekcja*

Mateusz Ilba (Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Katedra Geografii Społeczno-Ekonomicznej)

**Słowa kluczowe:** GIS, zobrazowania lotnicze, zobrazowania satelitarne, uczenie maszynowe

Współczesna archeologia stoi przed wyzwaniem efektywnego przetwarzania ogromnych zbiorów danych teledetekcyjnych w celu identyfikacji i ochrony dziedzictwa kulturowego. Tradycyjne metody prospekcji terenowej oraz manualna analiza obrazowa są procesami czasochłonnymi i obciążonymi ryzykiem subiektywizmu. Celem niniejszych badań było opracowanie i optymalizacja zaawansowanego modelu uczenia maszynowego, zdolnego do automatycznego rozpoznawania stanowisk archeologicznych na podstawie zróżnicowanych danych przestrzennych.

W opracowaniu wykorzystano architekturę Mask R-CNN, zaimplementowaną w bibliotece TensorFlow. Wybór tego modelu podyktowany był jego zdolnością do jednoczesnej klasyfikacji obiektów oraz ich precyzyjnej segmentacji instancyjnej, co pozwala nie tylko na wykrycie obecności stanowiska, ale również na wyznaczenie granic w przestrzeni cyfrowej.

Kluczowym elementem procesu było stworzenie heterogenicznego zbioru treningowego, łączącego dane archiwalne z nowoczesnymi metodami obrazowania Ziemi. Wykorzystano dane Archeologicznego Zdjęcia Polski (AZP) służące jako podstawa do etykietowania znanych już punktów i obszarów archeologicznych. Danymi prezentującymi charakterystyczne wyróżniki terenowe były chmury punktów lotniczego skanowania laserowego (LiDAR) w postaci numerycznych modeli terenu (NMT) oraz ich pochodnych pozwalających na wykrycie obiektów o własnej formie terenowej, takich jak kurhany czy grodziska a także zdjęcia lotnicze i zobrazowania satelitarne dostarczające informacji o wyróżnikach roślinnych, glebowych i wilgotnościowych, kluczowych dla identyfikacji stanowisk podpowierzchniowych.

Proces uczenia sieci obejmował wieloetapową augmentację danych, co pozwoliło modelowi na naukę rozpoznawania cech antropogenicznych w zróżnicowanych warunkach fizjograficznych. Przeprowadzone testy walidacyjne wykazały, że model osiąga skuteczność

na poziomie przekraczającym 90%. Wysoka precyzja predykcji wskazuje na ogromny potencjał wykorzystania technologii deep learning w rutynowych działaniach konserwatorskich oraz w wielkoskalowych projektach inwentaryzacyjnych.

Mimo wysokiej ogólnej skuteczności, w toku walidacji wyników zidentyfikowano specyficzne wyzwania związane z interpretacją rzeźby terenu przez algorytm. Zauważono tendencję modelu do generowania błędów typu false positive w obszarach o szczególnej charakterystyce geomorfologicznej, zwłaszcza w obrębie lokalnych obniżen terenu. Głównym problemem okazały się zastoiska wodne oraz paleomeandry, które w danych pochodzących z zdjęć lotniczych i satelitarnych generują sygnatury morfologiczne łudząco podobne do antropogenicznych obiektów wklęsłych, np. fos czy zniwelowanych kurhanów. Zjawisko to wynika z faktu, że procesy sedymentacyjne i retencyjne w takich miejscach tworzą regularne, owalne lub liniowe formy, które sieć neuronowa błędnie klasyfikuje jako pozostałości działalności ludzkiej. Wskazuje to na konieczność dalszej optymalizacji modelu poprzez włączenie dodatkowych warstw informacyjnych dotyczących hydrologii oraz typów gleb, co pozwoliłoby na lepszą separację naturalnych form terenowych od rzeczywistych stanowisk archeologicznych.

### *Panel dyskusyjny poświęcony cyfrowej dokumentacji badań archeologicznych, problematyce konserwatorskiej i standardom dokumentacji*

***Prowadzący: Maciej Marczewski (Firma Archeologiczna GLESUM)***

Dynamiczny rozwój metod cyfrowych w archeologii sprawił, że tradycyjne formy dokumentacji są wypierane przez formy cyfrowe takie jak ortofotomapy, modele 3D, chmury punktów oraz bazy danych GIS. Równolegle coraz powszechniejsze zastosowanie metod geofizycznych stawia przed środowiskiem nowe wyzwania w zakresie oceny, obsługi, interpretacji oraz archiwizacji wyników badań. Ta technologiczna transformacja, która nie jest już nowinką, a codziennością na wielu badaniach archeologicznych, wymaga ustalenia nowych relacji między wykonawcami badań a pracownikami Wojewódzkich Urzędów Ochrony Zabytków.

Celem panelu jest omówienie obecnego stanu praktyki konserwatorskiej w kontekście przyjmowania i weryfikacji dokumentacji cyfrowej oraz próba przedstawienia problemów wynikających z braku jednolitych standardów. W trakcie dyskusji chcemy poruszyć kwestie oceny dokumentacji cyfrowej przez organy nadzoru, formatów wymiany danych, zakresu

przekazywanej dokumentacji oraz trwałości nośników. Czy obecne wytyczne nadążają za technologią? Spotkanie ma służyć integracji środowiska archeologicznego i konserwatorskiego w celu wypracowania wspólnego modelu obiegu danych cyfrowych.

## **Sesja VI: Człowiek i przestrzeń: mobilność, osadnictwo i demografia**

### *Powinniśmy zostać, czy ruszyć? Badania nad mobilnością w okresie wpływów rzymskich na Pomorzu*

Marta Chmiel-Chrzanowska (Katedra Archeologii, Instytut Historyczny US), Rafał Fetner (Wydział Archeologii UW)

**Słowa kluczowe:** izotopy, kultura wielbarska, mobilność, przestrzeń, archeologia polski

Celem wystąpienia jest prezentacja badań nad rolą migracji w procesach prowadzących do ukształtowania się gockich wzorców w kulturze materialnej i duchowej na Pomorzu w okresie wpływów rzymskich. Szczególną uwagę poświęcono pytaniu, czy zmiany w obrzędzie pogrzebowym — takie jak zanikanie grobów z bronią, pojawienie się pochówków szkieletowych oraz rozwój cmentarzysk z kręgami kamiennymi i kurhanami — były wynikiem napływu nowych grup ludności, czy raczej efektem przemian zachodzących w lokalnych społecznościach.

Badania oparto na analizie izotopów strontu zarówno w szczątkach ciałałpalnych, jak i szkieletowych, pochodzących z wybranych cmentarzysk datowanych na okres przedrzymski oraz okres wpływów rzymskich. Ze względu na polodowcowe przeobrażenia obszaru Polski północnej w analizie uwzględniono szereg prób pochodzących z lokalnych nisz ekologicznych, stanowiących podstawę do określenia lokalnego tła izotopowego. Dane izotopowe zestawiono i przeanalizowano z uwzględnieniem specyficznej, polodowcowej budowy terenu.

Analizy strontu uzupełniono — tam, gdzie było to możliwe — o pomiary izotopów węgla i azotu, datowania radiowęglowe i dendrochronologiczne, a także szczegółowe studia osteobiograficzne wybranych jednostek.

Uzyskane wyniki w przeważającej mierze wskazują na lokalny, osiadły charakter badanych społeczności. Zarówno na cmentarzyskach z kręgami kamiennymi (Grzybnica, Gronowo), jak i na stanowiskach dokumentujących przemiany między kulturą oksywską a wielbarską (Miechęcino), większość pochówków mieści się w zakresie lokalnych wartości strontu. W niektórych przypadkach zaobserwowano jednak zróżnicowanie wykorzystywanych stref ekologicznych w otoczeniu cmentarzysk. Różnice pomiędzy szkliwem z pochówków szkieletowych a materiałem kostnym z grobów ciałałpalnych w Miechęcinie interpretowane są

raczej jako rezultat odmiennych praktyk gospodarczych niż efekt migracji. Badania jednostkowe ujawniły nieliczne przykłady osób nielokalnych, m.in. pochówek szkieletowy z Czelina, położonego nad Odrą — ważnym szlakiem kontaktów dalekosiężnych — oraz pochówek w kłodzie drewnianej z Bagicza, której profil izotopowy diety wskazuje na związki ze strefą południowobałtycką przy jednoczesnym lokalnym pochodzeniu.

Dane izotopowe wspierają interpretacje akcentujące ciągłość zasiedlenia oraz lokalny rozwój tożsamości gockiej na Pomorzu. Sugerują one, że kluczowe przemiany kulturowe wynikały raczej z funkcjonowania sieci kontaktów i selektywnej mobilności niż z masowych migracji ludności.

### *Rekonstrukcja szlaków wymiany dalekosiężnej w oparciu o analizy pierwiastkowe ceramiki starożytnych Majów*

Dawid Król (Wydział Archeologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza)

**Słowa kluczowe:** archeologia cywilizacji Majów, archeometria, Neutronowa analiza aktywacyjna, GIS, least-cost path

Mars Orange Paste Ware to kategoria ceramiki stołowej, która najprawdopodobniej produkowana była na terenie dzisiejszego Belize w okresie środkowego okresu preklasycznego. Naczynia te wykonane są z dobrze wyrobionej pomarańczowej gliny z domieszką pyłu wulkanicznego. Ze względu na swoją charakterystyczną, jednorodną masę ceramiczną, fragmenty ceramiki Mars Orange są powszechnie wykorzystywane do wyznaczania chronologii. Ponieważ jej fragmenty znajdowane są na obszarze całych Nizin Majów, to ceramika Mars Orange jest również uznawana za jeden z pierwszych towarów wymiany dalekosiężnej na obszarze cywilizacji Majów. Choć najnowsze badania zdają się potwierdzać, że naczynia Mars Orange były rzeczywiście wytwarzane na stanowiskach położonych w północnej części Belize, istnieją również przesłanki sugerujące, że przynajmniej część mogła być produkowana w gwatemalskim regionie Petén. Neutronowa analiza aktywacyjna (NAA) próbek Mars Orange z wykopalisk prowadzonych przez Uniwersytet Jagielloński na stanowisku Nakum w Gwatemali może pomóc w weryfikacji tej hipotezy. Nakum, jako ważny ośrodek polityczny z fazami osadniczymi datowanymi na okres preklasyczny mogło odgrywać istotną rolę w procesie produkcji i dystrybucji ceramiki Mars Orange. Co więcej, dane pierwiastkowe uzyskane metodą NAA, pozwalające określić proveniencję analizowanej ceramiki, można połączyć z analizą przy użyciu algorytmu least-cost path w GIS. Algorytm LCP wyznacza najbardziej optymalną trasę z punktu A do punktu B na podstawie

numerycznego modelu terenu i może być wykorzystywany do rekonstrukcji prawdopodobnych szlaków wymiany używanych w przeszłości. Relacje szlaków wymiany dalekosiężnej z ważnymi stanowiskami preklasycznymi oraz naturalnymi elementami krajobrazu, takimi jak rzeki, może pomóc lepiej zrozumieć, w jaki sposób ceramika Mars Orange rozprzestrzeniała się po tej części Mezoameryki, docierając aż do Salwadoru.

### *Izotopy, interpolacje i ich interpretacje*

Rafał Fetner (Uniwersytet Warszawski, Wydział Archeologii)

**Słowa kluczowe:** izotopy strontu, migracje, izomapy, Europa, Azja Południowo-Zachodnia

Analizy stosunków izotopów strontu na stałe wpisały się w warsztat badawczy archeologa, służąc przede wszystkim do rekonstrukcji mobilności ludzi i zwierząt w przeszłości. Metoda ta opiera się na bezpośredniej relacji między organizmem a środowiskiem, z którego czerpał on pożywienie. Z tego względu do tworzenia map rozkładu izotopów strontu (tzw. izomap) wykorzystuje się próbki środowiskowe, takie jak woda, gleba czy roślinność.

Współczesne badania nad migracjami często wykorzystują techniki interpolacji. Przykładem takiego podejścia są izomapy opracowane dla całych terytoriów Francji czy Wielkiej Brytanii. Należy jednak pamiętać, że wybór konkretnego narzędzia (IDW, kriging czy modelowanie bayesowskie) ma wpływ na ostateczny wygląd mapy. Wartości „wypełniające” puste przestrzenie między punktami pomiarowymi mogą bowiem tworzyć ułudę precyzji i pewności wyniku.

Problem wykorzystania interpolacji w badaniach nad pochodzeniem ludzi i zwierząt zostanie omówiony na przykładach z Iraku, Rumunii, Włoch oraz Polski. Analiza ta pokaże, jak czynniki takie jak stopień złożoności budowy geologicznej czy zagęszczenie pobranych próbek wpływają na wiarygodność izomap. W konsekwencji jak te techniki rzutują na budowanie narracji historycznej i końcową interpretację archeologiczną.

### *Gdy ceramika zawodzi: modelowanie intensywności osadniczej społeczności cyklu lendzielsko-polgarskiego na lessach podkrakowskich*

Tomasz Oberc (Instytut Archeologii i Etnologii PAN, Ośrodek Archeologii Gór i Wyzyn, Kraków)

**Słowa kluczowe:** modelowanie C14, neolit, archeologia polski, demografia archeologiczna

Archeologiczne badania intensywności wykorzystania terenu i oszacowania demograficzne często opierają się na metodzie zliczania stanowisk w poszczególnych cięciach

chronologicznych. O ile ta metoda nie uwzględnia zróżnicowania pomiędzy funkcjami stanowisk, przy porównaniu podobnych systemów kulturowych pozwala na w miarę szybkie porównanie intensywności osadniczej. Podejście takie ograniczone jest jednak przez szereg czynników, takich jak nieprecyzyjna klasyfikacja kulturowa stanowisk (np. z uwagi na podobieństwo inwentarza zabytkowego lub jego małą liczebność), występowanie stanowisk „wielokulturowych” i chronologiczne "nakładanie się" poszczególnych ugrupowań. W tej prezentacji przedstawione zostaną założenia i metody pozwalające na ominięcie części z tych ograniczeń: modele intensywności osadniczej, bazujące na absolutnych cięciach czasowych. Analiza koncentruje się na społecznościach II połowy 5 tysiąclecia BC, zdominowanego przez ugrupowania tzw. cyklu lendzielsko-polgarskiego, funkcjonujących na obszarach w okolicach Krakowa. Dla poszczególnych kultur i grup (np. k. malickiej, grupy pleszowsko-modlnickiej, grupy wyciąsko-złotnickiej) utworzone zostały lokalne modele chronologiczne (pakiet Bchron dla R), zaś zebrane w Ewidencji Zabytków stanowiska z nimi związane rozdzielone zostały na poszczególne cięcia chronologiczne zgodnie z otrzymanymi rozkładami prawdopodobieństwa. Pozostałe stanowiska – te o niejasnej przynależności kulturowej, najczęściej oznaczone jako „cykl lendzielsko-polgarski”, rozdysponowano zgodnie ze zbiorczym rozkładem prawdopodobieństwa dla całego obszaru. W efekcie uzyskano liczbę stanowisk przypadających na wiek. Z tego poziomu możliwe jest dalsze uściślenie tych wyników zgodnie z przyjętymi wartościami długości użytkowania stanowisk, wykrywalności stanowisk, czy przyjętymi wielkościami użytkujących je grup ludzkich, a także dalsze symulacje użytkowanej przestrzeni, np. w celu określenia zagęszczenia osadniczego. To koncepcyjnie proste rozwiązanie obwarowane jest jednak szeregiem zastrzeżeń – od wiarygodności modeli chronologicznych i wpływu na nie krzywej kalibracyjnej, poprzez trudności z weryfikacją wyników. Jednakże, zastosowany przejrzysty algorytm działania umożliwia łatwe wychwycenie potencjalnych błędów i eksplorację alternatywnych scenariuszy.

W prezentowanych modelach, oprócz publikowanych oznaczeń chronometrycznych, wykorzystane zostały datowania radiowęglowe uzyskane dla grupy pleszowsko-modlnickiej w ramach projektu NCN "Od odpadów do warsztatu. Strefy aktywności w osadach grupy pleszowsko-modlnickiej cyklu lendzielsko-polgarskiego zachodniej Małopolski w świetle analizy funkcjonalnej i przestrzennej zabytków krzemiennych" (NCN 2022/45/N/HS3/03475).

## *Modelowanie agentowe (ABM) jako narzędzie analizy dystrybucji sztuki naskalnej na stanowisku Toro Muerto*

Jędrzej Szymanek (Wydział Archeologii, Uniwersytet Warszawski)

**Słowa kluczowe:** ABM, sztuka naskalna, archeologia Peru, emergencja

Sztuka naskalna należy do najtrwalszych śladów aktywności człowieka w pradziejach, a mimo to mechanizmy rządzące wyborem miejsc jej powstawania pozostają słabo poznane. Stanowisko Toro Muerto w Peru, jedno z największych skupisk petroglifów na świecie, dostarcza wyjątkowego materiału do badań nad tym zagadnieniem. Analiza przestrzennego rozkładu rytów naskalnych wskazuje, że obecność zdobień na poszczególnych głazach nie jest zjawiskiem przypadkowym – pewne regularności sugerują istnienie ustrukturyzowanych wzorców wyboru miejsca, których natura pozostaje jednak niedostępna dla bezpośredniej obserwacji archeologicznej.

Niniejsze wystąpienie prezentuje wstępne założenia i wyniki projektu pracy badawczego wykorzystującego modelowanie agentowe (Agent-Based Modeling, ABM) do symulacji procesów lokalizacji petroglifów na stanowisku Toro Muerto. Projekt stawia cztery powiązane pytania badawcze. Po pierwsze: w jakim stopniu miary środowiskowego kosztu przemieszczania się – takie jak nachylenie terenu, odległość od wody czy bliskość szlaków – korelują z obserwowaną dystrybucją petroglifów? Po drugie: czy proste agenty, poruszające się według reguł uwzględniających ten koszt, są w stanie odtworzyć wzorce zbliżone do rzeczywistego rozkładu rytów – i czy ABM jest w ogóle metodą odpowiednią do testowania takich hipotez? Po trzecie: jak wariacje w parametrach modelu, takie jak wyższa lub niższa wrażliwość agentów na nachylenie terenu czy koszt mobilności, wpływają na emergentne wzorce przestrzenne symulacji? Po czwarte: co podobieństwa i różnice między dystrybucją symulowaną a obserwowaną mówią nam o względnej roli czynników środowiskowych wobec społecznych i rytualnych uwarunkowań tworzenia sztuki naskalnej?

W proponowanym modelu agenci – reprezentujący twórców petroglifów – poruszają się po cyfrowej reprezentacji terenu i podejmują decyzje dotyczące wyboru głazu zgodnie z zestawem ważonych cech środowiskowych. Zakłada się, że zmienne te stanowią mierzalny korelat przestrzenny szerszego zespołu uwarunkowań kulturowych, które – choć archeologicznie nieuchwytnie – kształtowały rzeczywiste decyzje pradziejowych społeczności. Kalibracja mnożników istotności poszczególnych cech ma na celu uzyskanie symulowanej dystrybucji petroglifów możliwie bliskiej rozkładowi potwierdzonemu w danych archeologicznych.

Prezentowane wyniki mają charakter wstępny. Omówione zostaną zarówno obiecujące kierunki dalszego rozwoju projektu, jak i ograniczenia metodologiczne – w tym trudność jednoznacznej interpretacji uzyskanych dopasowań parametrów oraz ryzyko nadmiernego uproszczenia złożonych procesów kulturowych. Projekt wpisuje się w nurt archeologii cyfrowej i humanistyki cyfrowej, traktując model nie jako wierne odwzorowanie przeszłości, lecz jako narzędzie eksploracji przestrzeni możliwych wyjaśnień obserwowanych wzorców.

Oficjalnymi sponsorami naszej konferencji są firmy:

### **Partner główny konferencji – TPI**



Partnerzy:



Serdecznie dziękujemy!