

System miar długości w Paquimé

Archeologia Ameryki

Paweł Borycki

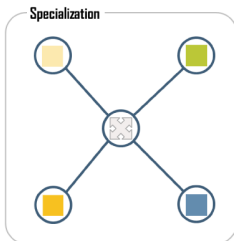
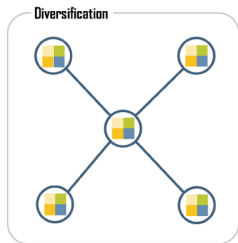
24 marca 2014

<http://www.pborycki.pl/pdf/paquime.pdf>

Plan prezentacji

- 1 Specjalizacja i standaryzacja produkcji
 - Typy specjalizacji
 - Hipoteza o standaryzacji
- 2 Długość i jej miara
 - Podział systemów miar
 - Fazy rozwoju systemów miar
 - Moduł architektoniczny
 - Historia metrologii
 - Metrologia kultur Ameryki
- 3 Kultura Casas Grandes
 - Chronologia i cechy charakterystyczne
 - Architektura i specjalizacja w Paquimé
- 4 Metrologia Paquimé
 - Metody analizy i weryfikacji
 - Kopiec Krzyża
 - Boisko 1
 - Kompleks 12

Specjalizacja



Specjalizacja

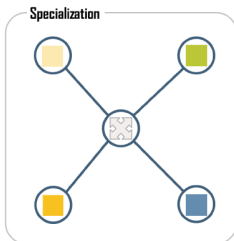
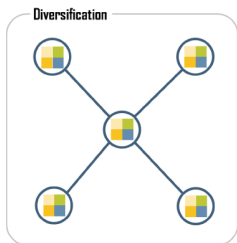
• Specjalizacja

- Produkcja dóbr konsumpcyjnych przeznaczonych do użytku poza własnym gospodarstwem domowym
- System wymiany dóbr pomiędzy gospodarstwami
 - **Wzajemna zależność**

• Rozwój specjalizacji

- Początki w społecznościach zbieracko-łowieckich
- Rozwój społeczny
 - **Liczba wyspecjalizowanych grup**
 - **Wzrost złożoności hierarchii**
- Zróżnicowanie dostępu do zasobów
 - **Klasy społeczne**

Typy specjalizacji



Specjalizacja

- Poziomy specjalizacji
 - Pojedyncze gospodarstwo
 - Warsztaty państwowe (elitarne)
- Typy specjalizacji
 - Specjalizacja niezależna
 - Na potrzeby społeczeństwa
 - Regulowana przez rynek
 - Małe znaczenie hierarchii społecznej
 - Specjalizacja związana
 - Na potrzeby elity lub władcy
 - Uzależniona od nielicznych odbiorców
 - Towary luksusowe i broń
 - Znacząca tylko w społeczeństwo o rozbudowanej hierarchii
 - Duże znaczenie elit

Wyznaczniki specjalizacji



Masowa produkcja ceramiki

- Wyznaczniki specjalizacji produkcji
 - Produkcja masowa
 - Standaryzacja wyrobów
 - Koncentracja produkcji w warsztatach
 - Zapasy
 - Liczne odpady produkcyjne
 - Centralne sterowanie produkcją

Hipoteza o standaryzacji

- Wyroby wyspecjalizowanych producentów
 - Więcej cech zestandaryzowanych
 - Wymiary
 - Styl
 - Niższy współczynnik zmienności v

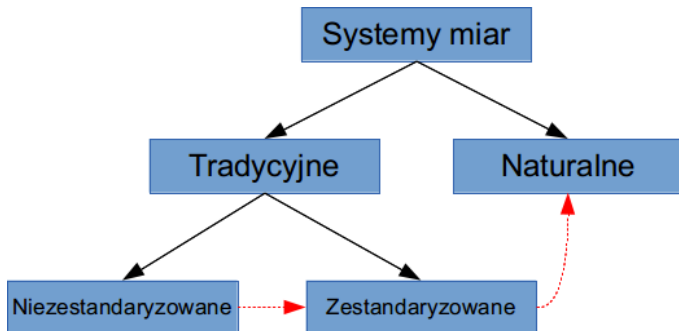
$$v = \frac{\sigma}{\mu}$$

- σ – odchylenie standardowe
- μ – średnia

- Stosowana głównie do ceramiki i narzędzi kamiennych

Ceramika kultury Chimú

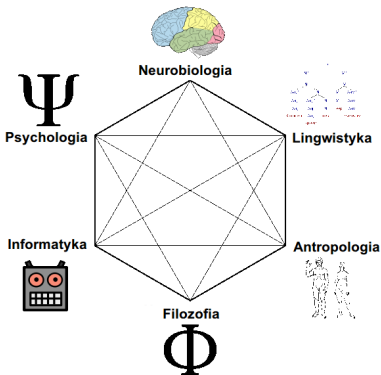
Podział systemów miar



- Systemy naturalne (np. **metryczny**)
 - Zdefiniowane poprzez stałe fizyczne
- Systemy tradycyjne zestandaryzowane (np. **imperialny**)
 - Zdefiniowane poprzez prawo

- Większe jednostki
 - Wielokrotności mniejszych jednostek
- Systemy łączone

System miar w schemacie poznawczym



- **Abstrakcyjne rozumowanie matematyczne**

- Ważna część schematu poznawczego człowieka
- **Długość**, masa, wartość

- **Standaryzacja systemu miar**

- **Struktura społeczna i państwowa**
- **Definicja jednostki** → stan wiedzy społeczeństwa

Metr jako jednostka długości

Definicja (Metr)

Metr (ozn. *m*) jest odległością jaką pokonuje fala elektromagnetyczna w próżni w czasie równym $\frac{9\,192\,631\,770}{299\,792\,458}$ okresom promieniowania odpowiadającego przejściu między poziomami $F = 3$ i $F = 4$ struktury nadsubtelnej atomu ^{133}Cs w temperaturze 0 K.

Podejście historyczne nowożytnie.

- 1 650 763,73 długości fali promieniowania w próżni odpowiadającego przejściu między poziomami $2p^{10}$ a $5d^5$ atomu ^{86}Kr .
- $0,999914 \cdot 10^{-7}$ długości połowy południka $2^{\circ}20'14,025''$ E.
- Długość platynoirydowego **wzorca** przechowywanego w Sèvres w temperaturze 0°C .



Wzorzec z Sèvres

Fazy rozwoju systemów miar

- Hipoteza **V. Gordona Childe'a** – 3 fazy rozwoju systemów miar
- Wzrost znaczenia rzemiosła i handlu
 - Formalizacja definicji jednostek miar
 - Precyzja pomiaru
- **1. Pomiar poprzez porównanie i decyzję binarną**
 - Produkcja na potrzeby własnego gospodarstwa
 - Brak specjalizacji
 - Np. dopasowanie części narzędzia
- **2. Tradycyjny system miar długości**
 - Jednostki oparte na długości części ciała
 - Długość wyrażana jako liczba jednostek
 - Wymiana towarów między gospodarstwami
- **3. Zestandaryzowany tradycyjny system miar długości**
 - Dokładność i powtarzalność jednostek miar
 - Standaryzacja jednostek dokonywana przez elity
 - Obecność wzorców, np. prętów mierniczych

Moduł architektoniczny

*“Front świątyni doryckiej powinno się podzielić na 27 części, jeśli świątynia ma być czterokolumnowa, a na 42 części, jeśli ma być sześciokolumnowa. Jedna taka część będzie **modułem**, który stanowić będzie podstawę wszystkich obliczeń.” (Witruwiusz)*

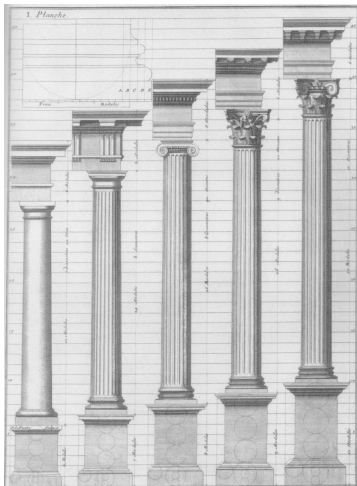
Definicja (Moduł)

Moduł architektoniczny zbioru pomiarów A (ozn. M_A) to największa wspólna jednostka taka, że każdą wartość pomiaru $a \in A$ można wyrazić jako (całkowitą) wielokrotność modułu z błędem bezwzględnym ϵ :

$$\forall a \in A : \exists n \in \mathbb{N}_+, \epsilon < M_A : a = n \cdot M_A + \epsilon.$$

Moduł jako szczególny przypadek jednostki długości.

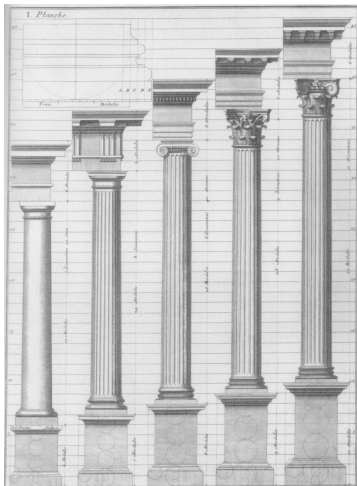
Historia metrologii



Poszukiwanie modułu architektonicznego

- XVII wiek – Isaac Newton
 - Odtworzenie dawnych miar długości możliwe na podstawie stosunków wymiarów architektonicznych
 - Systemy miar oparte na długości łokcia
 - Wymiary wielokrotnościami jednostek
- 1879 – W. M. Flinders Petrie
 - Złożoność systemu miar rośnie z rozwojem nauki
 - Dyfuzja międzykulturowa systemów miar
 - **Podobne jednostki miary → Kontakt między kulturami**
 - **Analogia do języków**

Historia metrologii



Poszukiwanie modułu architektonicznego

- 1879 – W. M. Flinders Petrie
 - Procedury obliczeń metrologicznych
 - Średnia ze zbioru pomiarów
 - Całkowitoliczbowe proporcje pomiędzy wymiarami
 - Wymiary są 2^i -krotnością jednostki, $i \in \mathbb{N}$
 - Propozycje jednostek dla basenu Morza Śródziemnego i Bliskiego Wschodu
- Nieliczne badania architektoniczno-metrologiczne w Ameryce
 - Badania etnograficzne

Metrologia etnograficzna w Ameryce



Totemy kultury Tlingit

- **Tlingit**

- Południowa Alaska
- Tradycyjny system miar długości
- Jednostki *Ka dlekh*, *Ka kikee*
 - **Odległość od końca palca drugiego**

- **Indianie Nahuatl**

- Tradycyjny system miar długości
- Jednostka *maitl*
 - **Odległość między końcami rozłożonych palców**
- Jednostka *yolloti*
 - **Odległość od końca palca do serca**

Metrologia etnograficzna w Ameryce

● Chinook

- Stany Oregon i Waszyngton
- Wzorce miar długości
 - **Drewniane tyczki**
 - **Akceptowane każdorazowo przez wodza**
 - **Podział mięsa wieloryba**
- Duża zmienność systemu
- Tradycyjny system miar długości z elementami standaryzacji
 - **Pomiędzy drugą i trzecią fazą Childe'a**



Wyroby kultury Chinook

Metrologia etnograficzna w Ameryce

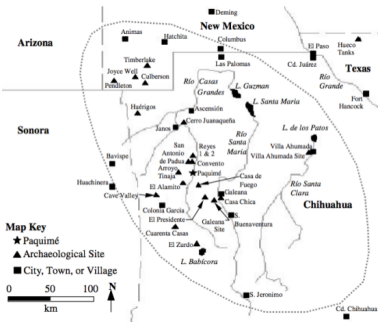


Sacsayhuamán, Peru

● Inkowie

- Zestandaryzowany tradycyjny system miar długości
 - Jednostki pochodzące od długości części ciała
 - Trzecia faza Childe'a
- Wzorce jednostek miar długości
 - Drewniane tyczki
- System miar stosowany w złożonych założeniach architektonicznych
- Fazy rozwoju Childe'a prekolumbijskich jednostek miar
 - Najczęściej faza druga
 - Sporadycznie faza trzecia

Kultura Casas Grandes



Zasięg kultury Casas Grandes

- Krąg kulturowy Mogollón
- **Kultura Casas Grandes**
 - Okres ceramiczny
 - **Lata 600-1450 n.e.**
 - Znaczny zasięg terytorialny
 - **Chihuahua, Sonora, Nowy Meksyk**
 - Kultura przejściowa
 - **Mezoameryka**
 - **Południowy zachód USA**
- Główny ośrodek Paquimé
 - **Stan Chihuahua**
 - **Nad Rio Casas Grandes**
- Podział na fazy Viejo, Medio, Tardío

Chronologia kultury Casas Grandes



**Wczesna zabudowa
mieszkalna**

- Przed fazą Viejo
 - Nomadzi
 - Społeczności zbieracko-łowieckie
- Faza Viejo
 - Uprawy kukurydzy
 - Małe wioski półziemiankowe
 - **Koncentracja ludności w pobliżu pól**
 - Ceramika dekorowana złożonymi motywami geometrycznymi
 - Liczne dary grobowe
 - Handel
 - **Paciorki z muszli, wyroby z miedzi i turkusu**

Chronologia kultury Casas Grandes



**Polichromowane naczynie
figuralne kultury Casas
Grandes**

● Faza Medio

- Szczytowy okres rozwoju
- Paquimé centrum religijnym, pielgrzymkowym i handlowym
- Hodowla ary żółtoskrzydłej i indyka
- Ceramika polichromowana
 - **Wzory geometryczne i figuralne**
- Liczne schowki z darami wotywnymi
- Podział na trzy podfazy
- **Podfaza Buena Fé**
 - **Naziemne domy z adobe przypominające pueblo**
 - **Zanik półziemianek**

Chronologia kultury Casas Grandes



Zabudowa Paquimé z adobe

- **Faza Medio**

- **Podfaza Paquimé**

- **Duże kompleksy domów**
 - **Budynki ceremonialne**
 - **Koncentracja władzy i nadzór nad projektami budowlanymi**
 - **Liczne pochówki ar i indyków**

- **Podfaza Diablo**

- **Brak nowych budowli**
 - **Pożar i opuszczenie Paquimé**

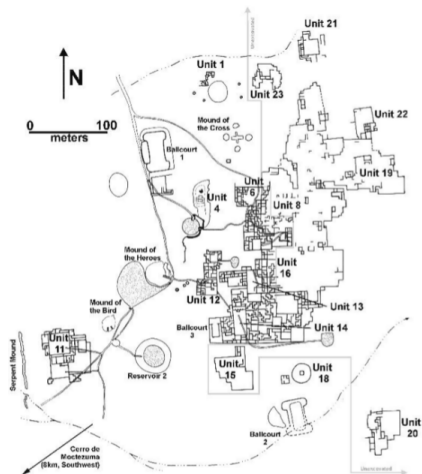
- **Faza Tardio**

- **Upadek ośrodków kultury Casas Grandes**
 - **Możliwy powrót do gospodarki zbieracko-łowieckiej**

Architektura Paquimé

● Paquimé

- Ściany były 2-3 razy grubsze niż wymagała tego konstrukcja
 - **Manifestacja potęgi**
- System wentylacji pomieszczeń w kompleksach mieszkalnych
 - **Częściowo pod podłogą**
 - **Oświetlenie świecami wewnętrznych pomieszczeń**
- Wolnostojące budynki ceremonialne wokół dzielnicy mieszkalnej
 - **Dwa kopce zoomorficzne – Kopiec Węża i Dom Ptaka w kształcie zdekapitowanej ary**
 - **Dwa boiska w kształcie litery I**
 - **Boisko w kształcie litery T**
 - **Studnia ze schodami**

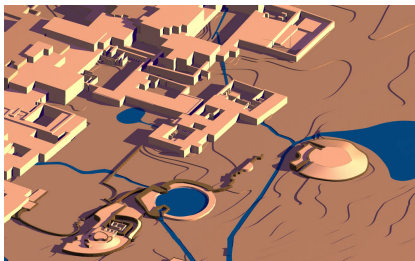


Plan stanowiska Paquimé

Architektura Paquimé

● Paquimé

- Boisko w kształcie litery T
 - Dostęp blokowany przez zabudowę mieszkalną
 - Miejsce składania ofiar z ludzi
- System zaopatrzenia w wodę
 - Woda z gorących źródeł
 - Sieć kanałów
 - Tarasy i budynki mieszkalne
 - Nadmiar wody gromadzony w cysternie
 - System niezależny od studni
- Mały współczynnik zmienności grubości ścian i szerokości otworów drzwiowych
 - Inne stanowiska kultury Casas Grandes



System kanałów wodnych w Paquimé

Specjalizacja w Paquimé

- Specjalizacja w produkcji

- Wyroby z muszli

- **Dwa pomieszczenia magazynowe z muszlami**
 - **Wyroby miejscowe lub importowane**
 - **Ośrodek produkcji na eksport**

- Ary żółtoskrzydłe

- **Scentralizowane zarządzanie**
 - **Sprowadzane z Ameryki Środkowej**

- Indyki

- Agawy

- **Jamy do prażenia agawy**

- **Moździerze do rozcierania zboża**



**Wyspecjalizowana produkcja
w Paquimé**

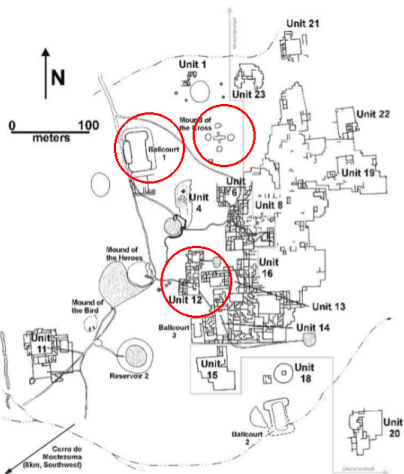
Założenia do analizy metrologicznej

0	1	2	3	4
	•	••	•••	••••
5	6	7	8	9
	•	••	•••	••••
10	11	12	13	14
	•	••	•••	••••
15	16	17	18	19
	•	••	•••	••••

Zapis liczb Majów za pomocą kresek i kropek

- Historyczne źródła metrologiczne
 - Tylko kultury kontaktujące się z Hiszpanami
 - Upadek Paquimé przed przybyciem Hiszpanów
- Brak **zapisów** oraz zachowanych **urządzeń pomiarowych**
- Istniał system liczbowy
 - Handel na dużą skalę
 - **Liczne produkty w magazynach**
- Dwudziestkowy system liczbowy
 - Analogia do kultur mezoamerykańskich

Metody analizy metrologicznej

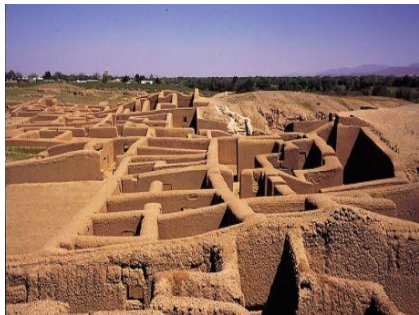


Plan stanowiska Paquimé

- Wskazanie w budowlach ceremonialnych *najistotniejszych* wymiarów
 - Wyrażenie ich jako wielokrotności modułu
- Wybór **treningowego** zbioru wymiarów architektonicznych
 - Kopiec Krzyża
 - Boisko 1 w kształcie litery I
 - Duże znaczenie ceremonialne
 - Symetryczny układ
 - Ufundowane przez elitę
 - Zatrudnienie wyspecjalizowanych architektów i budowniczych
 - Inne boiska kultury Casas Grandes z fazy Medio

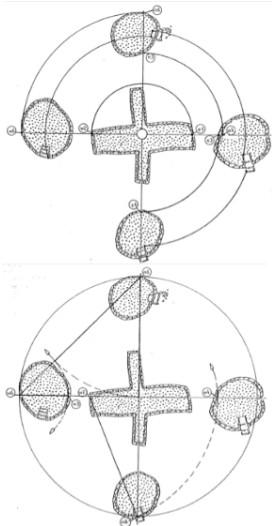
Metody analizy metrologicznej

- Weryfikacja modułu
 - Wymiary innych budowli
- Wybór **testowego** zbioru wymiarów architektonicznych
 - **Kompleks 12**
 - **Kompleks mieszkalny o najmniejszym zróżnicowaniu**
- Źródła błędów
 - Błędy pomiarowe budowniczych
 - Erozja i spływanie konstrukcji z adobe
 - Pomiary wymiarów architektonicznych z dokładnością do 1 cm
 - Błędy pomiarowe archeologów



Zabudowa Paquimé z adobe

Kopiec Krzyża



Kopiec Krzyża

- **Kopiec Krzyża**
 - Unikatowa struktura w regionie
 - **Struktura krzyżowa**
 - **4 struktury koliste**
 - Zorientowany zgodnie z kierunkami kardynalnymi
 - Struktury kamienno-ziemne
 - Płaskie powierzchnie wierzchnie
 - Schody prowadzące na szczyt
- **Wysokość struktur**
 - Krzyżowej
 - **67 cm**
 - Kolistych
 - **97 cm**

Kopiec Krzyża w Paquimé

Kopiec Krzyża

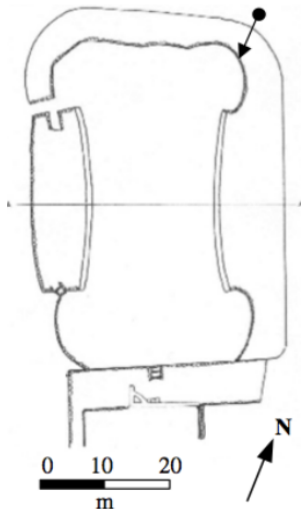
- Średnice struktur kolistych
 - Północnej – **706 cm**
 - Południowej – **710 cm**
 - Wschodniej – **855 cm**
 - Zachodniej – **870 cm**
 - 10-krotności modułu
 - Połowa wymiarów struktury krzyżowej
- Równoleżnikowe ramię krzyża szersze i dłuższe niż południkowe

	południkowy	równoleżnikowy
łączny (T)	3635	3718
struktura krzyżowa (CS)	1410	1513
moduł ($\frac{CS}{20}$)	70,5	75,7

Wymiary Kopca Krzyża [cm]

Moduł należy do przedziału 70-71 cm

Boisko 1 w kształcie litery I



- Boisko 1 w kształcie litery I

- Konstrukcja kamienno-ziemna
- Wielowarstwowy kopiec w południowej części boiska
 - **Platforma widokowa**
- Szerokość stanowi $\frac{2}{3}$ długości
- Szerokość podzielona przez 30
→ 66,7 cm

Boisko 1 w kształcie litery I

Boisko 1 w kształcie litery I



Boisko do gry w piłkę w Paquimé

Boisko 1 w kształcie litery I

- Środkowy znacznik
 - Podział boiska na dwie części
 - Symbolika nieba i podziemia
 - “Początek układu współrzędnych” boiska

	południkowy	równoleżnikowy
łączny (T)	8800	4000
boiska (CS)	2880	—
$2 \times M \left(\frac{CS}{20} \right)$	144	—
moduł $\left(\frac{CS}{40} \right)$	72	—

Wymiary Boiska 1 [cm]

Moduł wynosi około 72 cm

Boiska kultury Casas Grandes

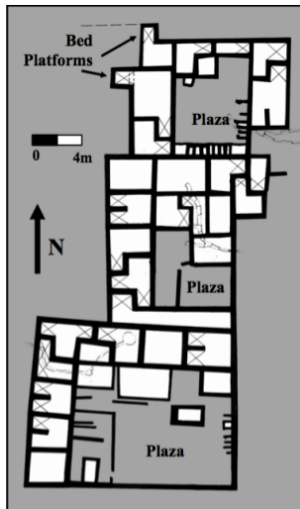
- Boiska kultury Casas Grandes z fazy Medio
 - Faza Medio
- Ilorazy rozciągłości południkowej przez 40
 - 71,5 cm; 75,0 cm; 70,0 cm; 71,3 cm; 65,8 cm; 50,8 cm
- Potwierdzenie modułu 70-71 cm
 - Oś południkowa

	południkowy	równoleżnikowy
Średnia	2722	1713
Odchylenie standardowe	325	331
Współczynnik zmienności	0,119	0,193

Statystyka wymiarów boisk kultury Casas Grandes [cm]

Moduł wynosi około 70-71 cm

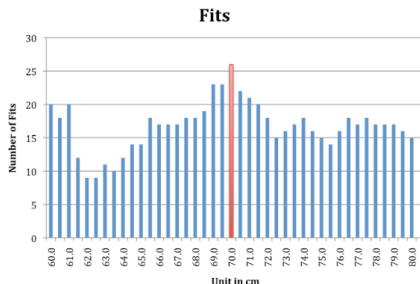
Kompleks 12



Kompleks 12

- Zabudowa mieszkalna
 - **Adobe**
 - 36 przylegających do siebie pomieszczeń
 - 4 patia
 - Jedna kondygnacja
- Twórcy kompleksu
 - Wyspecjalizowani architekci?
 - Zwykli mieszkańcy?
- Występowanie modułu
 - Przejaw wpływu elity na budownictwo mieszkalne

Kompleks 12



Wyniki weryfikacji modułu

- Algorytm weryfikacji
 - Długość każdego odcinka ściany w centymetrach dzielona przez liczby z przedziału $[60; 80]$ co $0,5$
- Pozytywny wynik testu**, jeśli otrzymany iloraz X spełnia
$$(X - \lfloor X \rfloor \geq 0,9) \vee (X - \lfloor X \rfloor \leq 0,1)$$
- Wyniki
 - Najwięcej pozytywnych wyników testu dla modułu $M = 70,0$ cm**
 - 17 pozytywnych wyników dla $M = 35$ cm
 - 18 pozytywnych wyników dla $M = 140$ cm

Konkluzje



Zasięg kultur zachodniego Meksyku

- Moduł M = 70 cm występuje w Paquimé
 - Standaryzacja architektury
 - Specjalizacja budowniczych
- Podobieństwa do innych kultur
 - Połowa modułu Majów z późnego okresu klasycznego 147 ± 5 cm
 - Jednostki azteckie
 - *Tlacxiti* (krok) – 69,65 cm
 - *Ciacatl* (pacha) – 72,0 cm
 - Tradycja Aztatlán z zachodniego Meksyku
 - Podobieństwo jednostek miary
 - Wymiana towarów handlowych
 - Boiska do gry w piłkę w kształcie litery I

Konkluzje



- Trzecia faza Childe'a w Paquimé
- Możliwość wnioskowania jedynie z architektury
 - Postęp kulturowy
 - Organizacja polityczna
- Rozszerzenie analizy metrologicznej na inne stanowiska kultury Casas Grandes
- Zbadanie analogii metrologicznych z południowym zachodem USA

**Zasięg kultur kręgu
południowo-zachodniego**

System miar długości w Paquimé

Dziękuję.

<http://www.pborycki.pl/pdf/paquime.pdf>

Bibliografia

- T.J. Royall, *Built to Measure: Reconstructing an Ancient Measurement System from Extant Architecture at Casas Grandes*, praca magisterska, University of Missouri, 2010.