

**Bogdan Bobowski**

Uniwersytet Zielonogórski

## Past Perfect metod cyfrowych w archeologii (1951–1999)

**Streszczenie:** Proces cyfryzacji archeologii liczy ponad pół wieku historii. Pionierami, którzy widzieli potencjalne znaczenie komputerów dla archeologii i chcieli rozwinąć specjalistyczne aplikacje komputerowe byli Brainerd<sup>1</sup> i Robinson<sup>2</sup> w 1951 r. oraz Francuz – Ihm<sup>3</sup> i Włosi Gardin i Garelli<sup>4</sup> w latach 1958–59. W Stanach Zjednoczonych pierwszym archeologiem, który zastosował komputerowe metody obliczeniowe był James Deetz w 1960 r.<sup>5</sup> Pierwotne zainteresowania dotyczyły statystyki i klasyfikacji zabytków ruchomych, analizy sieci osadniczej oraz analizy geometrycznej zabytków w nawiązaniu do dokumentacji archeologicznej<sup>6</sup>. W tym czasie większość archeologów uważała komputery za systemy tajemne, używane tylko przez naukowców i matematyków, a skoro były nieznanne, patrzono na nie z wielką podejrzliwością i wrogością. W 1973 r. wydano w Stafford publikację zawierającą 6 artykułów dotyczących metod cyfrowych w archeologii<sup>7</sup>. Cykliczne konferencje „Computer Applications in Archeology” były organizowane corocznie od 1974 r. Skupiały małe grupy pionierów i entuzjastów stosowania komputerów w archeologii i rozwijania dedykowanych aplikacji komputerowych. Wyznaczono kilka celów: spotkanie archeologów z matematykami i specjalistami komputerowymi, zachęcenie do komunikacji interdyscyplinarnej, wsparcie dla pracy terenowej, rozwój metod komputerowych.

**Słowa kluczowe:** archeologia, aplikacje komputerowe w archeologii, cyfryzacja, teledetekcja, wykopaliska archeologiczne, GIS, rejestracja dziedzictwa kultury

---

<sup>1</sup> G.W. Brainerd, *The Place of Chronological Ordering in Archaeological Analysis*, „American Antiquity” (dalej: „AA”), 16, 1951, s. 301–303.

<sup>2</sup> W.S. Robinson, *A Method for Chronology Ordering Archaeological Deposits*, „AA”, 16, 1951, s. 293–301.

<sup>3</sup> P. Ihm, *Classification automatique des objets de l'âge du bronze*, „Comptes rendus du séminaire sur les modèles mathématiques dans les sciences sociales”, 1960–1(3), 1960, s. 28–33.

<sup>4</sup> J. C. Gardin, *Reconstructing an economic network in the ancien East with the aid of a computer*, „The use of Computers in Anthropology”, 1965, s. 377–391.

<sup>5</sup> J. Deetz, *The dynamics of stylistic change in Arikara ceramics*, 1965.

<sup>6</sup> G. L. Cowgill, *Computer applications in archaeology*, New York 1967, s. 331–337.

<sup>7</sup> J.D. Wilcock, (ed.), *Computer Applications in Archaeology 1*, „Science and Archaeology no. 9” (dalej: CAA73), 1974.

Stosowanie metod komputerowych w archeologii przedstawiam według porządku chronologicznego wraz z rozwojem możliwości sprzętu i trendów prezentowanych przez twórców i użytkowników. Wyróżniłem 8 głównych kategorii cyfryzacji archeologii w XX wieku:

1. Statystyka
2. Analiza
3. Rejestracja i archiwizacja danych z wykopalisk
4. Stratygrafia
5. Wizualizacja
6. Systemy eksperckie
7. Systemy muzealno-edukacyjne
8. GIS w archeologii

## Statystyka

Uznanie przez archeologów metody datowania radiowęglowego zbliżyło humanistyczną dyscyplinę, jaką jest archeologia, do nauk ścisłych: fizyki, chemii i matematyki. Techniki statystyczne w archeologii obejmują wiele analiz badawczych, takich jak m.in: taksonomia numeryczna<sup>8</sup>, klasyfikacja porównawcza, analiza macierzy danych, regresja<sup>9</sup>, kwantyfikacja materiału, analiza kształtu, seriacja, skalowanie wielowymiarowe, korelacja pomiarów datowania. Przed epoką komputerów archeolodzy grupowali tradycyjnie na papierze serie i macierze danych. Klasyfikację egipskiej ceramiki predynastycznej wykonał w sposób tradycyjny Flinders Pétrie w 1899 roku<sup>10</sup>. Wzorowaną na tej metodzie klasyfikację zastosowano później w badaniach ceramiki Zuffi w USA<sup>11</sup>. Pierwsze komputery skonstruowano tuż po II wojnie światowej<sup>12</sup>. W latach 50. XX w. komputery uważano przede wszystkim za silniki obliczeniowe. Matematyczne algorytmy grupowania, któ-

---

<sup>8</sup> Taksonomia numeryczna dotyczy przyporządkowania wielkości liczbowych do pewnych atrybutów materiałów archeologicznych, dzięki czemu opis materiałów może stać się bardziej obiektywny. Obliczając odpowiednie współczynniki podobieństwa między parami obiektów w oparciu o te wielkości liczbowe, można skonstruować typologię opartą wyłącznie na populacji.

<sup>9</sup> Metoda statystyczna pozwalająca na badanie związku pomiędzy wielkościami danych. Umożliwia przewidywanie nieznanych wartości jednych wielkości na podstawie znanych wartości innych.

<sup>10</sup> W. Pétrie, M. Flinders, *Sequences in prehistoric remains*, 1899, s. 295–301.

<sup>11</sup> A. L. Kroeber, *Zuñi potsherds*, "Anthropological Papers of the American Museum of Natural History", New York 1916, 18(1), s. 1–37.

<sup>12</sup> ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) został zaprojektowany w 1945 r. przez naukowców z University of Pennsylvania's Moore School of Electrical Engineering. Publicznie zaprezentowano go w lutym 1946 r. na Princeton University. ENIAC pracował z taktowaniem 0,1 MHz, za co odpowiadało ponad 70 tysięcy rezystorów, 10 tysięcy kondensatorów, 1500 przekaźników, 6 tysięcy ręcznych przełączników oraz 5 mln połączeń lutowanych. Do obsługi tej gigantycznej maszyny cyfrowej potrzebny był cały sztab osób. ENIAC pierwotnie został zaprojektowany na potrzeby projektów wojskowych.

re pojawiły się w latach 50 i 60. XX w. dla biologii i biometrii, łatwo przystosowano do wykorzystania w archeologii<sup>13</sup>. Istotnym czynnikiem wprowadzenia matematyki i później komputerowej analizy danych na potrzeby archeologii był projekt zainicjowany w 1951 roku przez archeologa Brainerda i matematyka Robinsona, zakładający zastosowanie metody matematycznej do wykonania analizy porównawczej i łączenia w grupy serii artefaktów (seriacji). Eksperyment badawczy wymagał ogromnej ilości powtarzalnych obliczeń, z którymi nie radziły sobie komputery z lat 50-tych XX w.<sup>14</sup> W 1959 roku dane dotyczące klasyfikacji muzealnej zabytków zostały wprowadzone do komputera Euratom IBM 650 w Ispra we Włoszech. Ihm i Gardin dokonali digitalizacji zbioru toporów z epoki brązu<sup>15</sup>. Wczesne komputery miały niewielką pamięć, więc pierwsze wdrożenia baz danych są mocno związane z kodowaniem i kompresją danych. W latach 60-tych pojawiło się sporo projektów wykorzystujących statystykę w archeologii, m.in: analiza ceramiki z Indiany wykonana przez Browna i Freemana przy użyciu metody regresji danych wprowadzonych do komputera UNTVAC<sup>16</sup>, programowanie na potrzeby taksonomii<sup>17</sup>, analizy Binfordów<sup>18</sup>, opracowanie danych z Teotihuacan<sup>19</sup>, analizy krzemieni Hodsona<sup>20</sup> i metoda skalogramu zastosowana w badaniach chińskich grobowców przez Eliseffa<sup>21</sup>. Pierwszym praktycznym projektem wykorzystującym statystykę w archeologii były badania wioski indiańskiej z XVIII w. prowadzone przez Deetza. Historycznie udokumentowany podział organizacji społecznej autochtonów pod rosnącą presją europejską mógł znaleźć odzwierciedlenie w równoległych zmianach w zabytkach ceramicznych<sup>22</sup>. W 1966 r. opracowano program do wykonywania analizy porównawczej artefaktów metodą seriacji<sup>23</sup>. Działanie aplikacji było zrozumiałe dla archeologów, którzy mieli spore doświadczenie w robieniu tego bezpośrednio poprzez ręczne grupowanie jednostek. Program

<sup>13</sup> F. R. Hodson, P. H. A. Sneath, J. E. Doran, *Some experiments in the numerical analysis of archaeological data*, "Biometrika", 53(3 and 4), 1966, s. 311–324.

<sup>14</sup> J. E. Doran, F. R. Hodson, *Mathematics and Computers in Archaeology*, Cambridge/ Massachusetts 1975, s. 3–9.

<sup>15</sup> Ihm P., op. cit.

<sup>16</sup> J. A. Brown, L. G., A. Freemann, *UNIVAC analysis of sherd frequencies from the Carter Ranch Pueblo Eastern Arizona*, „AA”, 30, 1964, s. 162–167; *Statistical analysis of Carter Ranch pottery Fieldiana*, „Anthropology”, 55, Chicago 1964, s. 126–154.

<sup>17</sup> A. McPherron, *Programming the IBM 7090 for optimizing taxonomy in archaeology*, Pittsburgh 1963.

<sup>18</sup> L. R. Binford i S. R. Binford, *A preliminary analysis of functional variability in the Mousterian of Levallois facies*, „American Anthropologist” (dalej: „AT”), 68, no. 2, part 2, 1966, s. 238–295.

<sup>19</sup> G. L. Cowgill, *Evaluacion preliminar de la aplicaci3n de metodos a maquinas computadoras a los datos del mapa de Teotihuacan*, 1966.

<sup>20</sup> J. E. Doran, F. R. Hodson, *A digital computer analysis of Palaeolithic flint assemblages*, "Nature", no. 210, 1966, s. 688–689.

<sup>21</sup> V. Eliseff, *Possibilites du scalogramme dans l'etude des bronzes chinois archaiques*, „Mathematiques et Sciences Humaines”, no. 11, 1965, s. 1–10.

<sup>22</sup> J. Deetz, op. cit.

<sup>23</sup> R. S. Kuzara, G. R. Mead, K. A. Dixon, *Seriation of anthropological data: a computer program for matrix-ordering*, „AT”, no. 68, 1966, s. 1442–1455.

wykorzystano przy analizie artefaktów kamiennych z Teksasu<sup>24</sup>. Jeden z najprostszych i najszybszych algorytmów do analizy metodą seriacji został opracowany przez zespół archeologa Goldmanna i programisty Kammerera<sup>25</sup>. Od 1967 r. grupy naukowców z Cambridge/ USA i Australii publikowały artykuły dotyczące metod grupowania<sup>26</sup>. Proponowane rozwiązania były przedmiotem kontrowersji (rygorystyczne argumenty algorytmów matematycznych mogły wprowadzać w błąd humanistów)<sup>27</sup>. W 1968 r. Cowgill badał zalety i ograniczenia wielowymiarowego skalowania, analizy czynnikowej i analizy skupień<sup>28</sup>. Analizowano statystycznie dane z pomiarów prospektywnych (georadaru i magnetometru) wykonanych na stanowiskach archeologicznych oraz z analiz chemicznych wykonanych na artefaktach. W większości aplikacje statystycznych dane prezentowane są w postaci macierzy, która jest punktem wyjścia do analizy. Matrycę można modyfikować, zamieniając kolumny i wiersze, aby uzyskać linearne serie. Pierwsze opracowanie macierzy przedstawił brytyjski badacz Clarke<sup>29</sup>. M. Ascher i R. Ascher w 1963 r. opracowali pierwszy program komputerowy do porządkowania chronologicznego macierzy wg metody Brainerda i Robinsona<sup>30</sup>. Od wczesnych lat 70-tych XX w. aplikacje CLUSTAN i SPSS zoptymalizowały analizę danych archeologicznych. Wyniki badań w dużym stopniu zależą od zastosowanego algorytmu. Znaczący wkład w rozwój aplikacji statystycznych wnieśli Francuzi. Laboratoria analityczne stworzyły „Francuską Szkołę Analizy Danych”. Główny wkład tego przedsięwzięcia stanowiły liczne metody analizy wielowymiarowej<sup>31</sup>. W późnych latach sześćdziesiątych i wczesnych siedemdziesiątych popularną metodą statystyczną było wielowymiarowe skalowanie. Analiza ta była bliska metodzie seriacji. Wielowymiarowe skalowanie przyjmuje za

<sup>24</sup> L. Johnson, *Towards a statistical overview of the arella culture... of Central and Southwestern Texas*, „Austin Bulletin”, no. 12, 1967.

<sup>25</sup> K. Goldmann, *Zur Auswertung archäologischer Funde mit Hilfe von Computern*, „Die Kunde”, no. 19, 1968, s. 1–8.; Goldmann K., *Zwei Methoden chronologischer Gruppierung*, „Acta Praehistorica et Archaeologica”, 3, 1972, s. 1–34.

<sup>26</sup> G. N. Lance, W. T. Williams, *Computer programs for monothetic classification* (“association analysis”), „Computer Journal” (dalej: CJ), 8(3), 1965, s. 246–249; G. N. Lance, W. T. Williams, *Computer programs for polythetic classification* (“similarity analyses”), „CJ”, 9(1), 1966, s. 60–64; G. N. Lance, W. T. Williams, *A general theory of classificatory sorting strategies I. Hierarchical systems*, „CJ”, 9(4), 1967, s. 373–380; G. N. Lance, W. T. Williams, *A general theory of classificatory sorting strategies II. Clustering systems*, „CJ”, 10(3), 1967, s. 271–277; C. J. Jardine, N. Jardine, R. Sibson, *The structure and construction of taxonomic hierarchies*, „Mathematical Biosciences”, 1, 1967, s. 173–179; N. Jardine, R. Sibson, *The construction of hierarchic and non-hierarchic classifications*, „CJ”, 11(2), 1968, s. 177–184.

<sup>27</sup> A. J. Cole, D. Wishart, *An improved algorithm for the Jardine-Sibson method of generating overlapping clusters*, „CJ”, 13(2), 1970, s. 156–163.

<sup>28</sup> G. L. Cowgill, *Archaeological applications of factor, cluster and proximity analysis*, „AA”, 33(3), 1968, s. 367–375.

<sup>29</sup> D. L. Clarke, *Matrix analysis and archaeology*, „Nature”, 199 (4895), 1963, s. 790–792.

<sup>30</sup> M. Ascher, R. Ascher, *Chronological ordering by computer*, „AT”, 65, 1963, s. 1045–1052.

<sup>31</sup> F. Djindjian, *Fifteen years of contributions of the French school of data analysis to quantitative archaeology*, „Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1989” (dalej: CAA89), 1989, s. 193–204.

punkt wyjścia macrycę podobieństw (lub odmienności). Analiza składa się z procesu tworzenia konfiguracji punktów, z których każda reprezentuje jeden z przypadków w zbiorze danych. Punkty reprezentujące przypadki są umieszczane w przestrzeni w taki sposób, że porządek rangowy odległości między parami punktów odpowiada możliwie jak największej hierarchii współczynników podobieństwa w przestrzeni. To znaczy, celem konfiguracji jest umieszczenie dwóch punktów reprezentujących dwa najbardziej podobne przypadki bliżej siebie niż jakkolwiek inna para punktów w konfiguracji. Dwa punkty reprezentujące drugi najwyższy wynik podobieństwa powinny być drugą najbliższą parą punktów i tak dalej. Wreszcie, dwa przypadki z najniższym wynikiem podobieństwa powinny być dwoma punktami położonymi najdalej w konfiguracji. W ten bardzo prosty sposób wielowymiarowe skalowanie ma na celu narysowanie obrazu zależności między przypadkami, które są zawarte w macierzy współczynników podobieństwa. Konceptyjna prostota wielowymiarowego skalowania maskuje niezwykle złożone wyzwanie polegające na napisaniu programu do wytworzenia takiej konfiguracji punktów. Pierwszą aplikacją do skalowania wielowymiarowego był program zaprojektowany przez Shepar-da w 1962 r.<sup>32</sup> Projekt został wsparty przez Kruskala<sup>33</sup> i rozwinięty przez Kendalla<sup>34</sup> w celu badania danych z pracy Flinders Pétrie z roku 1899. Kendall przedstawił wielowymiarowy algorytm skalowania zmodyfikowany przez transformację cykliczną produktu, tzw. metodę HORSHU. Metoda odwoływała się do wzorca literackiego z powieści Conana Doyle'a: *Sherlock Holmes The Speckled Band*. Wielowymiarowe skalowanie przestało być stosowane w latach 90-tych XX w. Zainteresowanie metodami statystycznymi w archeologii wzrosło po obradach konferencji „Mathematics in the Archaeological and Historical Sciences” w rumuńskim kurorcie Mamaia w 1970 r.<sup>35</sup> W 1974 r. zaprezentowano wyniki analizy klastrowej<sup>36</sup> epipaleolitycznego zespołu stanowisk z Palestyny<sup>37</sup>, zespołu zabytków mustierskich z Francji<sup>38</sup>, stanowisk z Kolumbii Brytyjskiej w Kanadzie (wielo-

<sup>32</sup> R. N. Shepard, *The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function I*, „Psychometrika” (dalej: PM), 27(2), 1962, s. 125–140.

<sup>33</sup> J. B. Kruskal, *Multidimensional scaling by optimizing goodness-of-fit to a nonmetric hypothesis*, „PM”, 29(1), 1964, s. 1–27; J. B. Kruskal, *Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method*, „PM”, 29(2), 1964, s. 115–129.

<sup>34</sup> D. G. Kendall, *Seriation from abundance matrices*, in Hodson, „Proceedings of a conference, Mamaia, Romania, 1970” (dalej: MAHS), Edinburgh, 1971, s. 215–222.

<sup>35</sup> Hodson F. R., Kendall D. G., Tautu P., „MAHS”, 1970, 1971.

<sup>36</sup> Jest to metoda polegająca na wyodrębnianiu grup (klas, podzbiorów). Wybrane cele grupowania: uzyskanie jednorodnych przedmiotów badania, ułatwiających wyodrębnienie ich zasadniczych cech, zredukowanie dużej liczby danych pierwotnych do kilku podstawowych kategorii, które mogą być traktowane jako przedmioty dalszej analizy, zmniejszenie nakładu pracy i czasu analiz, których przedmiotem będzie uzyskanie klasyfikacji obiektów typowych, porównywanie obiektów wielocechowych.

<sup>37</sup> Smith L.D., *Cluster Analysis of Twenty-nine Epipaleolithic Sites in Israel: a Study of Classification Strategies*, „Computer Applications in Archaeology 1974. Proceedings of the Annual Conference organised by the Computer Centre University of Birmingham, January 1974” (dalej: CAA74), 1974, s. 3–15.

<sup>38</sup> P. Callow, Webb R.E., *Cluster Analysis of French Moustierian Industries*, „CAA74”, 1974, s. 16.

wymiarowe skalowanie)<sup>39</sup>, metodą taksonomii numerycznej zbadano ok. 700 artefaktów paleolitycznych z Europy<sup>40</sup>. Amerykanin Geoffrey A. Clark przedstawił metodę wielowymiarowego tworzenia tabel kontyngencji analizowanych za pomocą logarytmicznych modeli liniowych<sup>41</sup>. W 1975 r. przedstawiono nowy algorytm dla metody seriacji<sup>42</sup>. Wykonano porównanie tradycyjnej typologii z analizą klastrową dla zespołu zabytków z regionu Missisipi. Eksperyment dowiódł możliwości otrzymania odmiennego wyniku, związanego ze stosowaniem różnych kryteriów dla typologii tradycyjnej i analizy statystycznej<sup>43</sup>. Analizy klastrowe wykonano dla zespołów kultury oryńskiej i szeleckiej<sup>44</sup>. Patricia Galloway zwróciła uwagę na problemy związane z wynikiem analizy klastrowej na próbie fragmentarycznie zachowanych zespołów artefaktów (grzebień średniowieczne wykonane z kości i poroża)<sup>45</sup>. Zastosowano aplikację statystyczną POT napisaną w języku Algol-60 dla komputera CDC-7600. Analizie poddano ceramikę rzymską<sup>46</sup>. W 1977 r. przedstawiono projekt ilościowej analizy przestrzennej artefaktów z Liencres w Kantabrii/ Hiszpania. Wyniki prezentowano na wydrukach z plotera CALCOMP<sup>47</sup>. Zaprezentowano nową metodę ilościowej analizy przestrzennej horyzontów archeologicznych. Metoda miała zastosowanie do pośredniej postaci danych obejmujących przybliżone współrzędne (zazwyczaj  $\pm 15$  cm). Naukowcy z Institut du Quaternaire, Uniwersytetu w Bordeaux przedstawili znaczenie analizy gęstości danych do eliminacji chaosu informacyjnego występującego przy zbyt dużym zagęszczeniu informacji. Testowanie metody przeprowadzono (oprogramowanie LOCD i CELL) na stanowiskach kultury magdaleńskiej w Pincevent i Les Tarterets II<sup>48</sup>. Tą metodą zbadano zespół głowni mieczów (aplikacja Clusten IA Package)<sup>49</sup>. W 1979 r. zaprezentowano studium statystyczne

<sup>39</sup> T. H. Loy, *Computers and the Study of Archaeology in British Columbia, Canada*, „CAA74”, 1974, s. 17–24.

<sup>40</sup> P. A. Jones, Wilcock J. D., *Paleolithic “Leafpoints” – an Experiment in Taxonomy*, „CAA74”, 1974, s. 36–46.

<sup>41</sup> G. A. Clark, *On the Analysis of Multidimensional Contingency Table Data Using Log Linear Models*, „CAA74”, 1974, s. 47–58.

<sup>42</sup> I. Graham, P. Galloway, I. Scollar, *Model Studies in Seriation Techniques*, „Proceedings of the Annual Conference organised by the Computer Centre University of Birmingham, January 1975” (dalej: CAA75), 1975, s. 18–24.

<sup>43</sup> D. F. Green, *Testing a Traditional Typology Using Cluster Analysis*, „CAA75”, 1975, s. 25–32.

<sup>44</sup> P. Allsworth-Jones, *The Early Upper Palaeolithic in Central Europe: a Cluster Analysis of some Aurignacian and some Szeletian Assemblages*, „CAA75”, 1975, s. 81–92.

<sup>45</sup> P. Galloway, *Cluster Analysis Using Fragmentary Data*, „Computer Applications in Archaeology 1976. Proceedings of the Annual Conference organised at the Computer Centre, University of Birmingham, January 1976” (dalej: CAA76), 1976, s. 41–47.

<sup>46</sup> J. A. Riley, *Quantification of Roman Pottery of the Mediterranean*, „CAA76”, 1976, s. 53–57.

<sup>47</sup> Clark G.A., R. W. Efland, J. C. Johnstone, *Quantitative Spatial Analysis: Computer Application of Nearest Neighbor and Related Approaches to the Analysis of Objects Distributed across Two-Dimensional Space*, „Proceedings of the Annual Conference organised at the Computer Centre, University of Birmingham 1977” (dalej: CAA77), s. 27–44.

<sup>48</sup> I. Johnson, *Local Density Analysis: a New Method for Quantitative Spatial Analysis*, „CAA77”, 1977, s. 90–98.

<sup>49</sup> M. E. Townsend, *A Cluster Analysis of Weapon Heads*, „CAA77”, 1977, s. 99–104.

walijskich artefaktów z epoki brązu<sup>50</sup>. W roku 1980 powstały dwie nowe aplikacje do działań statystycznych: AQUA i ARCHON<sup>51</sup>. Przedstawiono wyniki analizy klastrowej greckiej ceramiki z Kartaginy<sup>52</sup> oraz analizę statystyczną orientacji domów z epoki brązu (Anglia) wykonaną przy użyciu aplikacji SPSS, SAS, GENSTAT, MINITAB, GLIM, CLÜSTAN, MDSCAL and BMDP<sup>53</sup>. Wskazano również problemy związane z analizą statystyczną niekompletnych danych<sup>54</sup>. W 1983 roku zaprezentowano napisany w języku Pascal program DANEBURY służący do korelacji danych pochodzących z próbek C14 z fazami artefaktów ceramicznych<sup>55</sup>. W 1984 r. Armando de Guio i Giacomo Secco przedstawili nowy algorytm do badania danych metodą seriacji<sup>56</sup>. Analizę korespondencji<sup>57</sup> jako narzędzie do badania jednostek archeologicznych zaprezentowano w 1987 r. Zastosowanie wielowymiarowej metody statystycznej i porównanie zestawów danych przedstawiono na przykładzie badań artefaktów rzymskich z Kartaginy<sup>58</sup>. Matematyk R. R. Laxton opisał trudności związane z wykonaniem analizy seriacji zespołów mikrolitów mezolitycznych z terenu Anglii<sup>59</sup>. Przedstawiono badania artefaktów (analiza klastrowa) ceramiki z późnej epoki brązu na Cyprze<sup>60</sup>. Analizę statystyczną wielkości cząstek sedymentów zaprezentowali naukowcy z Uniwersytetu w Scheffield<sup>61</sup>. W 1988 przedstawiono nowy algorytm EM. Założeniem innowacji było uproszczenie pracy z danymi statystycznymi dla humanistów. Algorytm pozwalał oszacować parametry maksymalnej wiarygodności dla fragmentarycznych danych<sup>62</sup>. Scollar i Herzog w tym samym roku sformułow-

<sup>50</sup> M. N. Leese, *A Statistical Study of Welsh Bronze Age Metal Artifacts*, „Computer Applications in Archaeology 1979. Proceedings of the Annual Conference organised at the Computer Centre, University of Birmingham” (dalej: CAA79), 1979, s. 45–52.

<sup>51</sup> S. G. H. Daniels, *Two Software Packages for Archaeological Quantitative Data Analysis*, „Computer Applications in Archaeology 1980. Computer Centre, University of Birmingham” (dalej: CAA80), 1980, s. 3–8.

<sup>52</sup> H. Pike, *Cluster Analysis of Greek Pottery from Carthage*, „CAA80”, 1980, s. 17–27.

<sup>53</sup> N. Fieller, O’Neill S., *Orientations of Bronze Age Houses: Statistical Analysis of Directional Data*, „Computer Applications in Archaeology 1982. Conference Proceedings. Centre for Computing and Computer Science, University of Birmingham” (dalej: CAA82), 1982, s. 172–181.

<sup>54</sup> P. H. A. Sneath, *Classification and Identification with Incomplete Data*, „CAA82”, 1982, s. 182–187.

<sup>55</sup> C. Orton, *A Statistical Technique for Integrating C-14 Dates with Other Forms of Dating Evidence*, „Proceedings of the Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, 25–26 March 1983, University of Bradford. School of Archaeological Sciences” (dalej: CAA83), 1983, s. 115–124.

<sup>56</sup> A. De Guio, G. Secco, *A New Computer Seriation Algorithm*, „Computer Applications in Archaeology 1984. Conference Proceedings. Centre for Computing and Computer Science, University of Birmingham” (dalej: CAA84), 1984, s. 199–209.

<sup>57</sup> Analiza korespondencji jest opisową, eksploracyjną techniką, przeznaczoną do analizy tablic dwudzielczych i wielodzielczych, zawierających pewne miary zgodności (zwykle liczności) pomiędzy wierszami i kolumnami.

<sup>58</sup> R. Tomber, *Multivariate Statistics and Assemblage Comparison*, „Computer and Quantitative Methods in Archaeology 1987” (dalej: CAA87), 1987, s. 29–38.

<sup>59</sup> R. R. Laxton, *Some Results on Mathematical Seriation with Applications*, „CAA87”, 1987, s. 39–44.

<sup>60</sup> S. Vaughan, Guppy D., *From Sherds to Blocks: Statistics and the Archaeological Sample*, „CAA87”, 1987, s. 55–59.

<sup>61</sup> N. Fieller, Flenley E., *Statistical Analysis of Particle Sizes and Sediments*, „CAA87”, s. 79–92.

<sup>62</sup> W. A. Scott, Hillson S. W., *An Application of the EM Algorithm to Archaeological Data Analysis*, „Computer and Quantitative Methods in Archaeology 1988” (dalej: CAA88), 1988, s. 43–51.

li podstawy matematyczne do symulacji nadających się do generowania danych archeologicznych na potrzeby aplikacji do analizy seriacji – SERSIM. Oceniono funkcję dystrybucji danych w dużym zestawie punktów i przybliżono ją za pomocą łatwo odwracalnych funkcji liniowych. W celu datowania obiektu archeologicznego aplikacja tworzyła równomiernie rozłożoną zmienną losową. Poprzez wyszukiwanie w tablicy danych identyfikowany był właściwy przedział datujący<sup>63</sup>. Metodę seriacji opartej o kryteria podobieństwa i spójności przedstawili R. R. Laxton i J. Restorick. W przeciwieństwie do znanych metod seriacji, wielopoziomowego skalowania i analizy korespondencyjnej nowe rozwiązanie mogło być oparte nie tylko o dane metryczne, ale o model zmiany chronologicznej<sup>64</sup>. Analiza statystyczna zbioru ceramiki wykonana w 1990 roku w aplikacji PIE-SLICE ujawniła pewne problemy w obszarze analizy rzadkich tablic kontyngencji danych. Technologia programu oparta była na założeniu podzielenia informacji o artefaktach „krojenie ciasta – PIE” na różne sposoby – na przykład poprzez kombinację kontekstu, formy i tkaniny. Wydzielona grupa informacji miała odpowiadać danym z całego zbioru. Taki wybiórczy zbiór danych był odpowiedni dla sprawnego działania aplikacji, niestety, wymagał od badaczy wykonania większej liczby analiz<sup>65</sup>. W 1991 r. przedstawiono efekty analizy statystycznej (analiza dyskryminacji) ceramiki słowiańskiej ze Słowacji<sup>66</sup>. W 1992 r. zaprezentowano trzy projekty badań statystycznych materiału zabytkowego: ceramiki z zamku w Czersku i Sandomierzu wykonane w aplikacji SYSTAT<sup>67</sup>, artefaktów górnopaleolitycznych z Khliti w Grecji<sup>68</sup> oraz analizy ceramiki rzymskiej z Wroxeter<sup>69</sup>. W 1994 r. badano statystycznie zbiór etruskich urn cynkowych<sup>70</sup>. Nowosybirski Instytut Archeologii i Etnografii przedstawił swój potencjał hardwarowy: komputery – Amstrad XT 8088, IBM AT 80286, 8 szt. klonów IBM PC 80486, odbiornik GPS Magellan Nav 5000. Naukowcy radzieccy zamierzali m.in. prowadzić badania statystyczne<sup>71</sup>.

<sup>63</sup> I. Herzog, I. Scollar, *A Mathematical Basis for Simulation of Seriatable Data*, „CAA88”, 1988, s. 53–62.

<sup>64</sup> R. R. Laxton, Restorick J., *Seriation by Similarity and Consistency*, „CAA89”, 1989, s. 215–225.

<sup>65</sup> P. Tyers, Orton C., *Statistical Analysis of Ceramic Assemblages – a Year’s Progress*, „Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1990” (dalej: CAA90), 1990, s. 117–120.

<sup>66</sup> A. Tírpáková, I. Vlkolínská, *The Application of Some Mathematical-Statistical Methods for the Analysis of Slavic Pottery*, „Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1991” (dalej: CAA91), 1991, s. 183–186.

<sup>67</sup> Z. Kobyliński, Buko A., *Computer Clustering in the Analysis of Non-Morphological Attributes of Pottery Sherds: Two Examples from Poland*, „Computing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology” (dalej: CAA92), 1992, s. 349–356.

<sup>68</sup> N. Galanidou, *Quantitative Methods for Spatial Analysis at Rockshelters: the Case of Klithi*, „CAA92”, 1992, s. 357–366.

<sup>69</sup> S. A. Laffin, R. P. Roper, Symonds R.H., *White Analysis of Pottery from Wroxeter Roman City*, „CAA92”, 1992, s. 389–404.

<sup>70</sup> P. Moscati, *Quantitative Analysis of Etruscan Cinerary Urns*, „Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1994” (dalej: CAA94), 1994, s. 101–104.

<sup>71</sup> A. P. Derevianko, Y. P. Kholu’shkin, V. T. Voronin, D. V. Ekimov, D. N. Goriatchev, V. V. Schipunov, H. V. Kopteva, *Concepts of Informational and Statistical Processing of Archaeological Data in the Computer Centre of the Institute of Archaeology and Ethnography in Novosibirsk*, „CAA94”, 1994, s. 203–207.



Clive Robert Orton w roku 1997 podsumował adaptację metod statystycznych na potrzeby archeologii. Przeszła ona różne fazy; niektóre reprezentują zwykłe oscylacje, które towarzyszą przyjęciu nowej metodologii, podczas gdy niektóre z nich były spowodowane kaprysmi mody archeologicznej, w których szkoły myślenia nadawały lub niedostatecznie odgrywały rolę statystyki w celu dostosowania ich do własnych programów. Informacje archeologiczne nie stanowią trudnego zestawu danych do analizy statystycznej<sup>72</sup>. W 1998 r. P. Delicato przedstawił nowe kierunki w badaniach statystycznych na potrzeby archeologii<sup>73</sup>: sztuczne sieci neuronowe, nieliniowe analizy czynnikowe, algorytmy Bootstrap<sup>74</sup> i repróbki oraz wnioskowanie bayesowskie<sup>75</sup>. A. Soltysiak i P. Jaskulski zastosowali Diagram Czekanowskiego<sup>76</sup> w analizie statystycznej. W 1995 r. napisano pierwszą wersję DOS-owego programu MaCzek. Aplikacja w wersji 2.0 działała w środowisku Microsoft Windows<sup>77</sup>.

Najprostsze aplikacje statystyczne pozwalają na generowanie opisowych statystyk i manipulowanie dużymi ilościami danych, aby można było nimi zarządzać ręcznie. Analiza danych jest powszechnie wykorzystywana w archeologii. Inżynierowie, matematycy i statystycy byli pierwszymi badaczami interdyscyplinarnymi pracującymi na potrzeby archeologii, ponieważ mieli dostęp do komputerów pierwszej i drugiej generacji. W analizie danych najwięcej uwagi poświęcono procedurom klasyfikacji i grupowania artefaktów, odkrywaniu czynników charakterystycznych. Najpopularniejszym oprogramowaniem w statystyce był od 1991 r. pakiet Statistica (1991 – wersja DOS, 1992- wersja Macintosh, od 1994 – wersje dla Microsoft Windows). W praktyce używanie metod statystycznych w archeologii jest obszarem nieco zaniedbanym<sup>78</sup>.

<sup>72</sup> C. R. Orton, *Plus ça Change? – 25 Years of Statistics in Archaeology*, „Archaeology in the Age of the Internet. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 25th Anniversary Conference, University of Birmingham, April 1997” (dalej: CAA:97), 1997, s. 25–34.

<sup>73</sup> P. Delicato, *Statistics in Archaeology: New Directions*, „New Techniques for Old Times. CAA98. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 26th Conference, Barcelona, March 1998 (dalej: CAA98), 1998, s. 29–37.

<sup>74</sup> Metoda szacowania rozkładu błędów estymacji, za pomocą wielokrotnego losowania ze zwracaniem z próby.

<sup>75</sup> Metoda wnioskowania statystycznego, w której korzysta się z twierdzenia Bayesa do aktualizowania prawdopodobieństwa subiektywnego hipotez w oparciu o dotychczasowe prawdopodobieństwo oraz nowe dane.

<sup>76</sup> Metoda klasyfikacji statystycznej. Nosi również pewne cechy analizy odpowiedniości. Zaletą diagramu jest to, że uwypukla on najważniejsze związki i podobieństwa badanych obiektów, a równocześnie ujmuje wszystkie szczegółowe powiązania między jednostkami.

<sup>77</sup> A. Soltysiak, P. Jaskulski, *Czekanowski's Diagram: a Method of Multidimensional Clustering*, „CAA98”, 1998, s. 175–183.

<sup>78</sup> C. R. Orton, *Plus ça Change? – 25 Years of Statistics in Archaeology*, „CAA97”, 1997, s. 25–34.

## Analiza

Informatyczna, logiczna precyzja pomogła archeologom wprowadzić nowe pomysły analityczne. Pierwsze działania analityczne wykonane przez aplikację komputerową dotyczyły astroarcheologii. G. Hawkins wykorzystał w połowie lat 60-tych obliczone prahistoryczne pozycje gwiazd w celu badania astronomicznego znaczenia Stonehenge. James Dow wykorzystał aplikację do badań nad możliwymi gwiazdowymi bazami orientacji starożytnych miast i świątyń w Meksyku<sup>79</sup>. Symulacja umożliwia budowanie modeli na podstawie zmiennych danych występujących w populacji lub kulturze pradziejowej i definiowania zależności oraz interakcji pomiędzy nimi. Trudnością badawczą była liczba parametrów hipotetycznego systemu budowanego na dostępnej wiedzy. Wyniki symulacji względem realnych wydarzeń pradziejowych były subiektywne. Logikę modeli symulacyjnych przedstawił Chenchall<sup>80</sup>. Oprogramowanie do tworzenia modeli SYMAP zostało zastosowane w badaniach urbanizacji Teotihuacan w 1967 r. przez Cowgilla<sup>81</sup>. Potrzeby analityczne determinowały projekty nowych rozwiązań aplikacji komputerowych. Na prowadzonych od 1971 r. wykopaliskach Danebury Hiilfort w Hampshire rozwinięto projekt związany z grupowaniem dołów posłupowych. Napisano aplikację w języku Fortran dla komputera CEC4082 eksportującą wyniki do plotera GIMO. Założeniem programu była analiza porównawcza wielkości przekroju obiektów. Aplikacja była zaprojektowana jako narzędzie do wyszukiwania obiektów w kształcie okręgów przy użyciu atrybutów zbrylania, tolerancji i liczby obiektów. Wynikiem analizy była identyfikacja obiektów o określonych atrybutach<sup>82</sup>. Przedstawiono również podobny projekt do identyfikacji dołów posłupowych z epoki brązu<sup>83</sup>. Ciekawy projekt symulacji osadnictwa wikingów na wyspie Man przedstawiono w 1987 r. Założono 3 hipotezy badawcze. Metoda badawcza wymagała porównania pomiędzy rzeczywistym i teoretycznie wyprowadzonym wzorem lokalizacji grobów. Rozkład prawdopodobieństwa szacowano na podstawie generowania sekwencji losowych lokalizacji obiektów (grobów). W celu wykonania tego zadania użyto pakietu Fortran, w którym opracowano program o nazwie JURBYSIM. System umożliwiał zastosowanie elastycznej i heurystycznej metodologii<sup>84</sup>. Symulacje zastosowano

<sup>79</sup> J. W. Dow, *Astronomical orientations at Teotihuacan a case study in astroarchaeology*, „AA”, no.32, 1967, s. 326–334.

<sup>80</sup> R. G. Chenchall, *The impact of computers on archaeological theory: an appraisal and projection*, „Computers and the Humanities” (dalej: CH), 3(1), 1968, s. 15–24.

<sup>81</sup> G. L. Cowgill, *Computer applications in archaeology*, „CH”, 2(1), 1967, s. 17–23; idem, *Computer applications in archaeology*. „Fall Joint Computer Conference – AFIPS 31”, 1967, s. 331–337.

<sup>82</sup> M. Fletcher, G. Lock, *Computer Assisted Pattern Perception within Post Hole Distributions*, „CAA80”, 1980, s. 39–48.

<sup>83</sup> S. Cogbill, *Computer Post-Hole Analysis with Reference to the British Bronze Age*, „CAA80”, 1980, s. 35–38.

<sup>84</sup> M. Fletcher, P. Reilly, *Viking Settlers in the Isle of Man: Simulation Experiments*, „CAA87”, 1987, s. 95–117.

w badaniach wnioskowania celów mezolitycznych myśliwych ze zgromadzeń faunalnych. Projekt MESO-SIM miał trzy podstawowe elementy: model polodowcowego środowiska, model procesu łowieckiego oraz model podejmowania decyzji i przetwarzania informacji. Aplikację napisano w języku Pascal do użytku na komputerze IBM 3081<sup>85</sup>. Założenia stosowania symulacji w archeologii opisał Peter Freeman<sup>86</sup>. Proces symulacji podzielono na etapy składowe: konceptualizacja hipotez, konstrukcja modelu, wdrożenie komputerowe, walidacja hipotezy, publikacja. W 1989 r. zaprezentowano emulator KIVA przeznaczony do interpretacji hipotetycznych stanowisk archeologicznych. Zawarte w nim zasady oparto na odkryciach kultur Indian Pueblo. Baza wiedzy KIVA składała się z faktów i heurystycznych reguł interpretacji tych faktów. Fakty podzielono na cechy i znaleziska. W regułach emulatora zdefiniowano artefakty i ekoartefakty (znaleziska naturalne, jako wskaźniki warunków środowiskowych i czasowej sekwencji terenu). Twórcy emulatora reklamowali narzędzie jako rodzaj tłumacza komputerowego dla znalezisk. Wskazywali jednak niedoskonałości aplikacji i rekomendowali bazowanie w ostatecznej ocenie na umiejętnościach i doświadczeniu archeologa<sup>87</sup>.

Symulacja ma wyraźnie przydatną rolę w archeologii. Podobnie jak w przypadku innych, bardzo złożonych systemów, można zrozumieć, w jaki sposób społeczeństwa ludzkie doprowadziły do zjawisk, które obserwujemy współcześnie. Aplikacje komputerowe mogą eksperymentować z takimi społecznościami i badać zachowanie w różnych zmiennych losowych.

## Rejestracja i archiwizacja danych z wykopalisk

Rejestracja danych z prospekcji archeologicznych i wykopalisk stanowi ważną dziedzinę nauki od ponad pół wieku. Do analizy danych tworzono specjalistyczne bazy danych. Wykorzystywano je do rejestrowania wykopalisk, obiektów i zabytków oraz zbiorów muzealnych<sup>88</sup>. W Wielkiej Brytanii nastąpiła we wczesnych latach 70-tych intensyfikacja inwestycji budowlanych oraz znaczny wzrost liczby ratowniczych badań wykopaliskowych. „Szybka archeologia” wymagała opracowania pewnych schematów zbierania danych. Propozycję organizacji pracy w postaci uniwersalnych dla każdego stanowiska archeologicznego formularzy (ankiety badawczej) pytań przedstawił R. A. Pryor. Standaryzacja gromadzenia danych terenowych miała na celu: minimalne szkolenie w zbieraniu danych, wymagalność zapisu głównych informacji, ułatwienie pracy przy pisaniu spr-

<sup>85</sup> S. J. Mithen, *Simulation as a Methodological Tool: Inferring Hunting Goals from Faunal Assemblages*, „CAA87”, 1987, s. 119–137.

<sup>86</sup> P. Freeman, *How to Simulate If You Must*, „CAA87”, 1987, s. 139–146.

<sup>87</sup> J. Patel, Stutt A., *Beyond Classification: the Use of Artificial Intelligence Techniques for the Interpretation of Archaeological Data*, „CAA89”, 1989, s. 339–347.

<sup>88</sup> J. Steward, *Has 25 Years of Computing Provided Greater Physical and Intellectual Access to Archaeology?*, „CAA97”, s. 19–23.

wozdań, zrozumienie opisu dla specjalistów, uporządkowanie zbioru informacji o dziedzictwie kulturowym obszaru. Zaprojektowano kilka rodzajów formularzy zapisu standaryzowanych danych z obszaru badawczego (karta okręgowa, karta stanowiska) na potrzeby lokalnych jednostek ochrony dziedzictwa kulturowego. Standardem opisu było zorientowanie geodezyjne lokalizacji obszaru do siatki państwowej (Grid Hectar Card). W 1973 r. tą metodą zapisano około 10 000 kart w rejonie Bournemouth. Problemem była digitalizacja informacji (ręczne kodowanie) zapisu na kartach perforowanych<sup>89</sup>. W 1972 r. w trakcie sezonu wykopaliskowego z zakładu DANVM (Doncaster/ Wielka Brytania) przesłano eksperymentalnie inwentarze ceramiki i drobnych znalezisk za pomocą modemu do komputera na Politechnice w North Staffordshire w Stafford, około 70 mil od Doncaster<sup>90</sup>. W 1974 r. Susan Laflin zaproponowała nowy hierarchiczny system zapisu danych terenowych. Jednostką główną było stanowisko archeologiczne, którego elementami składowymi były warstwy i obiekty. Elementy miały określone atrybuty. Po przeprowadzeniu digitalizacji danych dostęp do informacji miał być możliwy na podstawie wyboru cech dostępnych na liście. Założono również możliwość digitalizacji planów i diagramów. Podczas wykopalisk informacje miały być zapisane na formularzach, następnie kopiowanych na perforowane karty, które wprowadzano do komputera<sup>91</sup>. Schemat atrybutów zapisu danych w formie na potrzeby terenowej bazy archeologicznej Uniwersytetu w St. Andrews przedstawiono w 1975 r. Na kartach terenowych (ankiety badawcze) zapisywano następujące informacje: nazwa stanowiska, typ stanowiska, lokalizacja geodezyjna w obrębie siatki narodowej, wysokość położenia stanowiska, epoka/ okres pradziejowy, główne atrybuty stanowiska, główne znaleziska ruchome, stan zachowania, rozmiar stanowiska. Aplikacja komputerowa działała na jednostce IBM 360/44 z 256 Kb RAM-u, z czego 112 Kb było przeznaczone na zapis danych. Dane transferowano na 7Mb dyski. Wyniki drukowano na drukarce igłowej<sup>92</sup>. Propozycję bezpiecznego komandowego systemu (bazy danych) na potrzeby archeologii przedstawił Alfred H. Kromholz<sup>93</sup>. Karty opisowe obiektów zastosowano przy holenderskim projekcie badawczym DE LEIEN prowadzonym przez Instytut biologiczno-archeologiczny w Groningen<sup>94</sup>. W połowie lat 70-tych XX w. badacze byli zgodni co do konieczności stosowania formularzy do wprowadzania standaryzowanych danych, które były w łatwy sposób kodowane na kartach perforowanych i wprowadzane do komputera znajdującego się poza stanowiskiem terenowym. Istniała potrzeba wykorzystania narzędzia w postaci

<sup>89</sup> R. A. Pryor, *A General Scheme for Local Inventories*, „CAA73”, 1973, s. 7–16.

<sup>90</sup> J. D. Wilcock, *The Use of Remote Terminals for Archaeological Site Records*, „CAA73”, 1974, s. 25.

<sup>91</sup> S. Laflin, *Recording Archaeological Excavations*, „CAA74”, 1974, s. 71–74.

<sup>92</sup> J. B. Kenworthy, J. R. Stapleton, J. H. Thurston, *The Fife Archaeological Index – A Computer Implementation*, „CAA75”, 1975, s. 41–48.

<sup>93</sup> A. H. Kromholz, *A Generalized Information System for Archaeological Use*, „CAA75”, 1975, s. 49–55.

<sup>94</sup> R. R. Newell, *A Proposed Attribute Analysis of Archaeological Ground Features. An Expansion of the Automatic Artifact Registration System*, „CAA75”, 1975, s. 69–80.

komputera terenowego umożliwiającego zapis danych na taśmie magnetycznej. Wyma-  
rzoną konfiguracją było urządzenie zawierające klawiaturę, monitor, drukarkę, mikropro-  
cesor, pamięć operacyjną i zapis danych na kasecie lub dyskach floppy. Na kasetach moż-  
na było zapisać 250 000 znaków informacji, co stanowiło ekwiwalent 3000 kart perforo-  
wanych. Niestety, w roku 1976 taka konfiguracja komputerów była bardzo kosztowna  
(2000–6000 funtów)<sup>95</sup>. Pożądane atrybuty bazy danych na potrzeby archeologii przedsta-  
wiono w 1979 r. (kształt obiektów w planie na podstawie zapisu punktów linii obrysu  
określonych przez koordynaty)<sup>96</sup>. W 1981 r. B.K.W. Booth przedstawił procesy zbierania  
danych terenowych na podstawie założeń Wilcocka<sup>97</sup>. Prototypowy zestaw aplikacji te-  
renowych nazwano MAXEY. Typy zbieranych danych obejmowały szczątki kostne, arte-  
fakty, rysunki, fotografie, dane opisowe, próbki środowiskowe. Narzędziem sprzętowym  
był komputer Apple II. Na badanym stanowisku w Fengate zapisano 1000 jednostek stra-  
tygraficznych, 16 000 artefaktów i 10 000 szczątek kostnych. Innym rozwiązaniem był  
zestaw aplikacji PETREL napisanych dla środowiska komputera IBM 370. Aplikacja  
była katalogiem odsyłaczy do informacji (dotyczących konserwacji, próbek, danych stra-  
tygraficznych, rysunków, slajdów, fotografii, negatywów, bibliografii). Program wyko-  
rzyskiwało m.in. Narodowe Muzeum Morskie w Anglii<sup>98</sup>. Zainteresowano się tworze-  
niem baz danych przestrzennych i ich relacjami z macierzą Harrisa. Potencjał aplikacji  
ilustracyjnych był związany z możliwością prezentacji wybranych faz rozwoju stanowi-  
ska archeologicznego, korekty umieszczenia jednostek w odpowiednich fazach<sup>99</sup>. W USA  
powstała baza danych SARG, umożliwiająca grupowy dostęp do danych terenowych ze  
stanowisk w Arizonie, Utah i Nowym Meksyku, obejmowała 2400 stanowisk archeolo-  
gicznych<sup>100</sup>. W 1983 r. nowe wymagania w zakresie zbierania informacji na potrzeby  
archeologiczne przedstawił B. K. W. Booth z Narodowego Muzeum Morskiego w Lon-  
dynie<sup>101</sup>. Pierwszym problemem była możliwość wprowadzenia błędów do bazy podczas  
wpisywania danych z papierowych formularzy polowych (w szczególności z badań sta-  
nowisk podwodnych). W tamtym czasie testowano przenośne komputery do bezpośred-  
niego zapisu cyfrowego z pominięciem analogowego formularza. Pracowano na kompu-

<sup>95</sup> L. Graham, *Intelligent Terminals for Excavation Recording*, „CAA76”, 1976, s. 48–52.

<sup>96</sup> P. L. Main, *Desirable Attributes for a Data-Bank of Archaeological Shapes*, „CAA79”, 1979, s. 5–12.

<sup>97</sup> J. D. Wilcock, *The Automated Archaeologist. A Review of New Personal Computing and Office Auto-  
mation Methods of Relevance to Site Recording, Retrieval, Analysis and Publication*, „Proceedings of the Annual  
Conference organised at the Computer Centre, University of Birmingham” (dalej: CAA78), 1978, s. 49–52.

<sup>98</sup> B. K. W. Booth, *Some Projects to Store and Process Data from Survey and Excavation with the Aid  
of a Computer*, „Computer Applications in Archaeology 1981. Proceedings of the Conference on Quantitative  
Methods, Institute of Archaeology, London, March 21–22 1981” (dalej: CAA81), 1981, s. 20–25.

<sup>99</sup> K. S. Flude, S. George, S. Roskams, *Uses of an Archaeological Database – with Particular Reference  
to Computer Graphics and the Writing-Up Process*, „CAA81”, 1981, s. 51–59.

<sup>100</sup> S. W. Gaines, R. Most, *Computerized Data Sharing: The SARG Example of Cooperative Research*,  
„CAA82”, 1982, s. 19–32.

<sup>101</sup> B. K. W. Booth, *The Changing Requirements of an Archaeological Database*, „CAA83”, 1983,  
s. 21–29.

terach SHARP PC1500 i Epson HX-20. Podjęto próby ochrony urządzeń przez zamykanie ich w torbach foliowych. M. J. Rains opisał możliwości pojemnościowe domowego komputera ZX Spectrum 48 Kb RAM na poziomie 500 rekordów bazy danych archeologicznych<sup>102</sup>. W 1985 r. przedstawiono prosty eksperyment dotyczący wprowadzania danych terenowych do komputera (związany z niskim budżetem wykopalisk). Dane były dyktowane telefonicznie przez archeologa, znajdującego się na stanowisku do operatora bazy danych, pracującego na komputerze znajdującym się w biurze<sup>103</sup>. W latach 80-tych XX w. zainicjowano program Leicester Videodisc<sup>104</sup>. Technologia była stosowana do rozwijania umiejętności interpretacji materiałów wizualnych. Video dyski mieściły kolekcje informacji zapisanych w postaci filmów. Ceniono możliwość otrzymania zdjęć z pojedynczych klatek (pojemność ponad 100 000 obrazów wysokiej jakości), które można było grupować w zaprojektowanej bazie danych. Od 1987 r. popularnym pakietem było oprogramowanie dBase II<sup>105</sup>. Nick Ryan w 1991 r. zauważył potencjał nowych baz danych jako narzędzia integrującego dane opisowe, graficzne i kartograficzne<sup>106</sup>. Jednocześnie pojawiły się opinie krytyczne wobec wykorzystania tej technologii do pracy nad specyficznym rodzajem informacji występujących w archeologii (czasami nie możliwych do dokładnego zdefiniowania lub oczekujących na późniejszą definicję)<sup>107</sup>. Pojawiła się idea zaprogramowania inteligentnej bazy danych w technologii Hypertekstu. Miała ona umożliwiać pracę nad danymi czekającymi do konsultacji. Inteligencja aplikacji oparta była na użyciu teorii do wyjaśnienia znaczenia niektórych wyników eksperymentalnych, zatwierdzenia hipotezy na podstawie określonego zestawu danych empirycznych, uczeniu się spójności teorii poprzez wprowadzanie nowych jednostek wiedzy i porównywanie wyników z jej wcześniejszymi wdrożeniami. Stworzenie aplikacji było ujęte w ramach projektu GLADIUS<sup>108</sup>. Ciekawym rozwiązaniem do zbierania danych polowych, ich współdzielenia i publikacji była aplikacja SEEP dla komputerów Macintosh<sup>109</sup>. W 1994 r. przedstawiono szkocką aplikację IADB (Integrated Archaeological Database System)

<sup>102</sup> M. J. Rains, *Home Computers in Archaeology*, „Computer Applications in Archaeology 1984. Conference Proceedings. Centre for Computing and Computer Science, University of Birmingham” (dalej: CAA84), 1984, s. 15–26.

<sup>103</sup> P. Crummy, *Converting Site Notes into a Database*, „Computer Applications in Archaeology 1985. Proceedings of the Conference on Quantitative Methods, Institute of Archaeology, London, March 29–30” (dalej: CAA85), 1985, 1985, s. 57–61.

<sup>104</sup> C. Ruggles, *Software for the Leicester Interactive Videodisc Project*, „Computer Applications in Archaeology 1986. Conference Proceedings. Centre for Computing and Computer Science, University of Birmingham” (dalej: CAA86), 1986, s. 523–542.

<sup>105</sup> S. D. Stead, *The Integrated Archaeological Database*, „CAA87”, 1987, s. 279–284.

<sup>106</sup> N. Ryan, *Beyond the Relational Database: Managing the Variety and Complexity of Archaeological Data*, „CAA91”, 1991, s. 1–6.

<sup>107</sup> P. N. Cheetham, J. B.G. Haigh, *The Archaeological Database — New Relations?*, „CAA91”, 1991, s. 7–14.

<sup>108</sup> J. A. Barceló, *Programming an Intelligent Database in Hypertext*, „CAA91”, 1991, s. 21–27.

<sup>109</sup> N. Smith, *An Experiment in Electronic Exchange and Publication of Archaeological Field Data*, „CAA91”, 1991, s. 49–57.

napisaną w języku SQL, opartą na dedykowanych kartach opisowych i dygitalizowanych planach (aplikacja AEGIS). Raporty systemu zawierały dane tekstowe, plany, diagramy stratygraficzne, fotografie<sup>110</sup>. Koncepcję systemu archiwum wykopaliskowego opartego o technologię hyperdokumentu rozwijał Nick Ryan<sup>111</sup>. Inne pomysły oparte były o archiwum dokumentów CAD<sup>112</sup>. Projekt IDEA (relacyjna zintegrowana baza danych dla analiz wykopaliskowych) zaprezentowano w 1995 r.<sup>113</sup> Przedstawiono również problemy związane z implementacją relacyjnej bazy danych (oprogramowanie ORACLE) na potrzeby wykopalisk realizowanych przez Museum of London Archaeology Service<sup>114</sup>. Schyłek XX wieku przyniósł nowe rozwiązania cyfrowego archiwum wykopalisk. Technologia mobilnego internetu, GPS i palmtopów zapowiadała nastanie ery mobilnych terminali do zbierania danych. Prototypowe rozwiązanie mobilne testowano w trakcie wykopalisk prowadzonych w ramach Włoskiej Szkoły Archeologicznej w Atenach na stanowisku Poliochni na wyspie Lemnos<sup>115</sup>. Projekt PETRA 4.0 z 1999 r. wykorzystywał darmową bazę danych (licencja GPL) pracującą w systemie Linux<sup>116</sup>. Programiści skupili się na opracowaniu GIS i modułów tekstowych w filozofii mobilno-budżetowej.

Rejestracja danych z wykopalisk jest najważniejszym elementem pracy archeologa terenowego. Istotna jest dokładność zapisu informacji dla umożliwienia budowy rzetelnego modelu rekonstrukcyjnego badanego obszaru. Ewolucja narzędzi do zapisu opisowych danych terenowych z wykopalisk była zdeterminowana technologią. Projektowane formularze kart jednostek, stanowisk przeszły długą drogę od formy papierowej wprowadzanej ręcznie do aplikacji bazy danych, dyktowanej telefonicznie, wprowadzanej w terenie na coraz mniejsze komputery przenośne pracujące lokalnie aż po systemy pracy mobilnej, wykorzystujące stałe połączenie z centralną stacją roboczą. Karty archeologiczne (jednostek, stanowisk, badań powierzchniowych, obszarów) standaryzują pracę zespołową oraz są narzędziem zgodnym z potrzebami usprawnienia procesu pisania raportów i opracowań stanowisk archeologicznych.

<sup>110</sup> M. J. Rains, *Towards a Computerised Desktop: the Integrated Archaeological Database System*, „CAA94”, 1994, s. 207–210.

<sup>111</sup> N. Ryan, *The Excavation Archive as Hyperdocument?*, „CAA94”, 1994, s. 211–220.

<sup>112</sup> H. Eiteljorg, *The Archaeological Data Archive Project*, „CAA94”, 1994, s. 245–247.

<sup>113</sup> J. Andresen, T. Madsen, *IDEA – the Integrated Database for Excavation Analysis*, „Interfacing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology CAA95”, Vol. I (Analecta Praehistorica Leidensia 28), Institute of Prehistory, University of Leiden (dalej: CAA95), Leiden, 1995, s. 3–13.

<sup>114</sup> P. Hinge, *The Other Computer Interface*, „CAA95”, 1995, s. 15–20.

<sup>115</sup> M. Ancona, G. Doderio, M. Mongiardino, *A. Traverso Taking Digital Notes in the Field: the Archeon Tool-Set*, „CAA98”, 1998, s. 117–121.

<sup>116</sup> F. Nicolucci, Crescioli M., *PETRA 3.0 and the Crusader Border. New Features of the PETRA Archaeological DBMS*, „Making the connection to the Past. CAA99. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology: Proceedings of the 27th Conference, Dublin, April 1999” (dalej: CAA99), 1999, s. 1–4.

## Stratygrafia

W latach 50-tych XX w. archeolodzy zrozumieli, że wszystkie stratyfikacje muszą być rejestrowane w celu zrozumienia rozwoju stanowiska w czasie. Paradygmatem stratygraficznym dla archeologii był profil archeologiczny. Taka koncepcja została zaczerpnięta z stratygrafii geologicznej. Uważano odcinek przekrojowy za „sekwencję stratygraficzną” dla danego obszaru. W latach 60-tych rejestrowano dane stratygraficznie wyłącznie z profili archeologicznych. Z wyjątkiem najprostszych sytuacji stratygraficznych profil nie może reprezentować sekwencji stratygraficznej stanowiska, ponieważ złożone stanowiska archeologiczne mogą mieć setki lub tysiące jednostek stratygraficznych na bardzo ograniczonym obszarze. Pierwsza macierz Harrisa została wykonana w 1974 r. na wykopaliskach rzymskiego miasta Winchester. E. C. Harris dokonał zmiany paradygmatu w stratygrafii. Przedstawił tezę, że warstwy są jak czas: nie istnieją, chyba że są zapisane na diagramie. W przypadku warstwy archeologicznej plany muszą rejestrować jej granice i pomiary jej konturów w celu dokładnej rekonstrukcji jej powierzchni i kształtu. Diagram (macierz Harrisa) zmienił paradygmat stratygraficzny w archeologii z jednego wymiaru na cztery: głębokość obiektu, długość i szerokość oraz względną sekwencję czasową. W macierzy Harrisa wymiary te są reprezentowane w relacjach wszystkich jednostek stratygraficznych w czasie. Sformułowanie definicji związków kontekstowych przez E. C. Harrisa nastąpiło w 1975 r.<sup>117</sup> Konstrukcja macierzy Harrisa jest fundamentalną metodą analizy danych kontekstowych dla badanych poprawnie (metodą eksploracji poziomów stratygraficznych) stanowisk archeologicznych. W roku publikacji definicji macierzy stratygraficznej, stosowanej w archeologii, E. C. Harris odniósł się krytycznie do stosowania aplikacji komputerowych w tego rodzaju analizach. Komputery nie powinny być używane w analizie stratyfikacji archeologicznej, z przyczyn filozoficznych i praktycznych. Zdaniem E.C. Harrisa w celu wyjaśnienia sekwencji stratygrafii dla danego stanowiska konieczna jest odpowiedzialność archeologa (osoby nadzorującej i tworzącej zapisy z codziennej pracy). Wdrożenie komputera do tego w zasadzie ludzkiego zajęcia byłoby przekleństwem, ponieważ jakość analizy zależy od intuicji danej osoby i jej niepodzielnej uwagi. Aplikacje komputerowe stwarzają niebezpieczeństwo utrudnienia pracy archeologa, mogą być traktowane jako wymówka do odłożenia decydującej myśli w analizach stratygraficznych<sup>118</sup>. E. C. Harris przytoczył maksymę Wheelera: „archeolog wykopuje, nie rzeczy, ale ludzi”<sup>119</sup>.

Pomimo sceptycyzmu Harrisa nastąpił rozwój aplikacji komputerowych do opracowania stratygrafii archeologicznej. Już w 1975 r. J. D. Wilcock przedstawił artykuł o sortowaniu danych opisowych dotyczących kontekstów archeologicznych (formularzy opi-

<sup>117</sup> E. C. Harris, *The Stratigraphic Sequence: A Question of Time*, „World Archaeology”, Vol. 7, No. 1, 1975, s. 109–121.

<sup>118</sup> Idem, *Stratigraphic Analyses and the Computer*, „CAA75”, 1975, s. 33–40.

<sup>119</sup> Wheeler, Sir Mortimer, *Archaeology from the Earth*, 1956.



sujących warstwy) metodą komputerową<sup>120</sup>, w latach następnych zaprezentował aplikację STRATA<sup>121</sup>. W 1985 r. przedstawiono algorytm sortowania poziomów stratygraficznych dla macierzy Harrisa. Wykrywał on bardzo łatwo obecność cyklicznych relacji i skutecznie je izolował. Algorytm tworzył wertykalne położenie kontekstów na diagramie. W przypadku dużego zestawu relacji miał tendencję do tworzenia macierzy Harrisa z szerokim rozłożeniem w poziomie. Domyślnie zakładał opis stratygraficzny jako częściowo uporządkowany zbiór. Chociaż taki opis nie jest bardzo konkretny matematycznie, wyklucza użycie relacji z tą samą datą co nieodłączny panel stratygrafii. Algorytm dowodził słabości rozwiązania macierzy Harrisa, ponieważ kładł nacisk na pionowe struktury lub łańcuchy, a nie na struktury poziome lub fazy, które są przedmiotem zainteresowania archeologów<sup>122</sup>.

Nick Ryan opisał swoje doświadczenia w pracy z aplikacjami stratygraficznymi (STRATA, gnet<sup>123</sup>)<sup>124</sup>. W 1990 roku przedstawiono analogie między podejściem do matematyki Harrisa i wykresami używanymi w badaniach operacyjnych do rozwiązywania problemów sekwencjonowania (metody PERT i MPM<sup>125</sup>). Zaprezentowano proces prostej interaktywnej metody przetwarzania macierzy w celu stworzenia wykresu stratygraficznego. Nowe podejście do problemu wykresów stratygraficznych pozwalało na wyraźne rozróżnienie między komputerowym przetwarzaniem macierzy a interpretacją archeologiczną. Rozwiązanie wymagało zastosowania sześciostopniowego algorytmu, łatwego w implementacji na mikrokomputerze. Diagramy stratygraficzne miały zminimalizowaną ilość krzyżujących się linii<sup>126</sup>. Para naukowców niemieckich dokonała przeglądu istniejących aplikacji (STRATA, GAMP, GNET, ORPHEUS) i zaprezentowała nowy model diagramu działający na komputerach IBM. Niemiecka aplikacja pozwalała na definiowanie funkcji poziomów (zmianę nazwy, usuwanie, łączenie, dzielenie). Numeracja kontekstów następowała automatycznie w obrębie poziomów. Wprowadzono różnicowanie relacji na współczesne i równe (identyczne). Aplikacja automatycznie sprawdzała poprawność generowanych relacji<sup>127</sup>.

<sup>120</sup> Wilcock J. D., *Archaeological context sorting by computer*, „CAA75”, 1975, s. 93–97.

<sup>121</sup> Idem, *STRATA —The microcomputer version*, „CAA81”, 1981, s. 112–114.; Wilcock J. D., *Some further developments of the STRATA System*, „CAA83”, 1983, s. 189–190.

<sup>122</sup> L. Haigh, *The Harris Matrix As a Partially Ordered Set*, „CAA85”, 1985, s. 81–90.

<sup>123</sup> Podstawą gnet jest przeglądarka graficzna ogólnego przeznaczenia, interaktywny program, który może ułożyć wykres z danych określających węzły i krawędzie. Diagramy można tworzyć interaktywnie lub z danych przechowywanych w plikach. Węzły mogą być pozycjonowane ręcznie lub za pomocą automatycznego algorytmu. Zastosowany algorytm jest oparty na algorytmie opracowanym dla programu gtree.

<sup>124</sup> N. S. Ryan, *Browsing through the Stratigraphic Record*, „CAA88”, 1988, s. 327–334.

<sup>125</sup> J. G. Degos, *Les méthodes d'ordonnement de type PERT et MPM : quelques éléments essentiels*, „Techniques Economiques”, 1976, s. 19–24.

<sup>126</sup> B. Desachy, Djindjian F., *Matrix Processing of Stratigraphic Graphs: a New Method*, „CAA90”, 1990, s. 29–32.

<sup>127</sup> I. Herzog, Scollar I., *A New Graph Theoretic Oriented Program for Harris Matrix Analysis*, „CAA90”, 1990, s. 53–59.

Podczas definiowania stratygrafii na określonym obszarze geograficznym pierwszą techniką uzyskiwania sekwencji jest dokumentowanie położenia i relacji warstw. Tego typu metoda jest najczęściej stosowana w archeologii miejskiej lub w wykopaliskach na osadach pradziejowych, gdzie występują obiekty. Rzadziej stosowaną techniką jest pobieranie sekwencji stratygraficznych, z których należy wywnioskować stratygrafię na całym obszarze archeologicznym. Ma ona znaczenie przy wykopywaniu warstw, które można zidentyfikować głównie przez ich właściwości geologiczne i paleoekologiczne. W 1991 r. przedstawiono algorytm do określania stratygrafii obszaru w oparciu o sekwencje próbkowania<sup>128</sup>.

Stratygrafia to metoda względnego datowania kontekstów archeologicznych. Aplikacje do budowy macierzy Harrisa przechodziły ewolucję dostosowaną do rozwoju sprzętu. Analiza stratygraficzna jest podstawowym elementem badań archeologicznych odtwarzających przeszłość i często jest elementem programu badań archeologicznych zatwierzonego przez urzędy Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków. W praktyce obserwujemy dwie szkoły wykonywania diagramów: analogową stosowaną przez archeologów „starej daty”, unikających stosowania komputerów na stanowisku oraz cyfrową, prowadzoną w nowoczesnych badaniach archeologicznych.

## Wizualizacja

Udoskonaleniom w zakresie rozwoju sprzętu towarzyszyły zmiany w zakresie prezentacji i interpretacji danych. Jednymi z pierwszych zastosowań graficznych komputerów były aplikacje do odczytu (rozszyfrowania) antycznego pisma. System odczytu pisma Majów zaprojektowany na początku lat 60-tych przez badaczy radzieckich z Nowosybirsk okazał się zawodny i był powszechnie krytykowany<sup>129</sup>. Lepsze efekty w odczycie pisma Majów osiągnęła aplikacja opisana przez Rendona i Spescha w 1965 r.<sup>130</sup>

W 1974 r. powstała koncepcja opracowania interaktywnego programu do typologii graficznej artefaktów – LERNIE<sup>131</sup>. Założenia aplikacji oparte były o rozpoznawanie wzorców w analizie danych z prospekcji archeologicznych, planowanie graficzne rozmieszczenia wykopów, planowanie potrzeb badawczych, analizy eksperymentalne. Zaprezentowano również projekt PLUTARCH. Był to w pełni operacyjny interaktywny program graficzny, który został napisany w języku ALGOL 60. Aplikacją sterowano za pomocą pióra świetlnego i klawiszy funkcyjnych klawiatury. Oprogramowanie o struk-

<sup>128</sup> F. Djindjian, V. Vitali, *Reconstructing Stratigraphy: a Discrete Sampling Approach*, „CAA91”, 1991, s. 179–181.

<sup>129</sup> I. V. Knorozov, *Machine decipherment of Maya script*, „Soviet Anthropology and Archaeology 1”, 1962/3, s. 43–50.

<sup>130</sup> J. Rendon, A. Spesch, *Nueva clasificacion plastica de los glifos Mayas*, „Estudios de Cultura Maya 5”, Mexico City 1965, s. 189–280.

<sup>131</sup> L. Biek, *Progress with LERNIE*, „CAA74”, 1974, s. 59–63.

turze segmentowej zawierało wyszukiwarkę informacji, analizy statystyczne oraz moduł graficzny<sup>132</sup>. Aplikacja była dobrym narzędziem do klasyfikacji i wydruku na ploterze kształtów obiektów dokumentowanych w planie<sup>133</sup>. W 1977 r. napisano w języku ALGOL 60 pakiet algorytmów do rozróżniania kształtów rysunków obiektów na planach i profilach (GRASP)<sup>134</sup>. W 1982 r. zaprezentowano opracowania graficzne dokumentacji wykonanej na stanowiskach w rejonie Manchesteru<sup>135</sup>. Użyto aplikacji do rektyfikacji zdjęć lotniczych na komputerze PDP 11/45. Dokumentacja graficzna była archiwizowana w bazie danych pracującej na komputerze CDC 7600 połączonej z terminalem CL 1906A. Dane do komputera wprowadzano za pomocą kart perforowanych. Jedna mapa mogła zawierać do 1000 koordynatów tworzących jej kształt. Punktowe mapy mogły być wydrukowane przez ploter Benson 5342 w ciągu 20 sekund. W 1983 r. eksperymentowano z wprowadzaniem danych dotyczących koloru obiektów na planach. Aplikacja została napisana w języku FORTRAN IV, użyto pakietów graficznych GINO-F. Pracowano na terminalu graficznym Sigma T5684<sup>136</sup>. W 1985 r. przedstawiono cyfrowy sposób fotografowania artefaktów za pomocą kamer telewizyjnych<sup>137</sup>. Kamery z połowy lat 80-tych potrafiły zapisywać obraz w formacie 625 linii. Nośnikiem archiwizacyjnym miały być video dyski. W 1986 r. Ulrich Kampffmeyer przedstawił system dokumentacji wizualnej ceramiki ARCOS<sup>138</sup>. Podstawowa konfiguracja miała możliwości zapisu fotograficznego, automatycznego wymiarowania, generowania zdjęć w skali, manipulacji opcjami za pomocą tabletu graficznego, zapisu danych na dyskietkach, konturowania obiektów. Rodzaje formatów graficznych na potrzeby publikacji elektronicznej (system BLEND<sup>139</sup>) przedstawiono w 1986 roku<sup>140</sup>. W latach 80-tych XX w. najpopularniejszą platformą graficzną dla komputerów był GKS (Graphical Kernel System), implementowany na komputerach IBM. GKS oferował tylko główne funkcje rysunkowe: polinię, polymarker, tekst, wypełnianie rysunku, wypełnianie komórki, okrąg. Na potrzeby wykonania cyfrowych rysunków wymagał biblioteki procedur graficznych NAG do rysowania osi,

<sup>132</sup> J. D. Wilcock, *The PLUTARCH System*, „CAA74”, 1974, s. 64–68.

<sup>133</sup> M. L. Shackley, MacGregor A.G., Duncan J.M., *Information Retrieval and Graphics at Danebury and York*, „CAA76”, 1976, s. 72–79.

<sup>134</sup> P. L. Main, Duncan J.M., *GRASP: Graphical Routines for Archaeological Plans and Sections*, „CAA77”, 1977, s. 61–68.

<sup>135</sup> G. Briggs, *Graphical Representation of Survey Data*, „CAA82”, 1982, s. 139–141.

<sup>136</sup> S. Laffin, N. D. Sutton, *Graphical Representation of Survey Data*, „CAA83”, 1983, s. 111–114.

<sup>137</sup> J. Wilcock, Coombes T., *Some Further Developments in Hardware and Software for the Automatic Capture of Artefact Shapes by Television Camera*, „CAA85”, 1985, s. 145–151.

<sup>138</sup> U. Kampffmeyer, *ARCOS – A Video-Computer-Documentation System for the Use in Archaeology and Historic Sciences*, „CAA86”, 1986, s. 91–126.

<sup>139</sup> System BLEND był ograniczony do znaków ASCII, poruszanie się po artykułach nie było łatwe i polegało na systemie numerowania akapitów. W przeciwieństwie do tego, nowoczesne czasopismo elektroniczne może zawierać interaktywne elementy multimedialne z nawigacją będącą kombinacją kontekstowych menu w jednej ramce i linków hipertekstowych w ramach artykułu.

<sup>140</sup> N. S. Hall, *Towards the Inclusion of Graphics in an Electronic Journal System*, „CAA86”, 1986, s. 197–224.

krzywych i konturowania<sup>141</sup>. Potencjał nowej wersji platformy GKS 3D doceniono przy badaniach cmentarza w Sutton Hoo<sup>142</sup>. Podjęto udane próby ekstrakcji metrycznych danych przestrzennych ze zdjęć fotogrametrycznych. Pionierskim rozwiązaniem w zakresie dokumentacji 3D było użycie dygitalizera 3Space tracker produkcji McDonnell-Douglas. Urządzenie posiadało sensor do pomiaru koordynatów x, y, z dla badanego punktu. Dane analizowano na komputerze IBM XT z dyskiem twardym o pojemności 10 Mb. Punkty były przetwarzane w czasie rzeczywistym przez kartę graficzną IBM 5080. Otrzymano kropkowy diagram przestrzenny mierzonych obiektów. Przedstawiono sposoby publikacji diagramów liniowych dla danych przestrzennych<sup>143</sup>. Jednym z możliwych rozwiązań była prezentacja stereoskopowa. Dobre rezultaty przyniosło modelowanie przestrzenne planów konturowych (LIT modelled surface)<sup>144</sup>. W 1989 r. Reilly i Shennan przedstawili zastosowanie modelowania bryłowego i animowanej grafiki przestrzennej<sup>145</sup>. Do generowania trójwymiarowych powierzchni użyto aplikacji SYMAP i SYMVU. Animację grafiki wykonano w aplikacji WINSOM. Model animacji wymagał użycia 5000 zdjęć o pojemności 1 Mb. Komputery z końca lat 80-tych nie miały szybkości zapewniającej interakcję w czasie rzeczywistym z renderowanymi modelami bryłowymi. Głównymi projektami wizualizacyjnymi lat 80-tych były również rekonstrukcje cyfrowe: obrębu świątyni w rzymskich łaźniach w Londynie<sup>146</sup>, łaźni legionistów w Walii<sup>147</sup>, rzymskiego pałacu w Fishbourne<sup>148</sup>, opactwa Kirkstall<sup>149</sup>, łaźni Stabiana w Pompejach<sup>150</sup>, Akropolu w Atenach<sup>151</sup> i piramid w Gizie<sup>152</sup>. W 1990 r. zaprezentowano projekt GOAD<sup>153</sup>. Była to baza danych tekstowych, graficznych i zdjęć. Zawierała narzędzia do transferu danych z kamer tv i skanerów, edycji grafiki rastrowej do formatu wektorowego, zapisu

<sup>141</sup> K. W. Brodlić, *Standardisation in Computer Graphics: an Introduction to GKS*, „CAA87”, 1987, s. 155–159.

<sup>142</sup> P. Reilly, Richards J., *New Perspectives on Sutton Hoo: the Potential of 3-D Graphics*, „CAA87”, 1987, s. 173–185.

<sup>143</sup> D. Spicer, *Computer Graphics and the Perception of Archaeological Information: Lies, Damned Statistics ... and Graphics!*, „CAA87”, 1987, s. 187–200.

<sup>144</sup> H. Lieng, *Surface modelling for 2D imagery*, „Technical Report, No. 862, 2014, s. 140–146.

<sup>145</sup> P. Reilly, Shennan S., *Applying Solid Modelling and Animated Three-Dimensional Graphics*, „CAA89”, 1989, s. 157–165.

<sup>146</sup> Smith I., *Sid and Dora's Bath show pulls in the aowl*, „Computing”, 27 June, 1985, s. 7–8.

<sup>147</sup> J. R. Woodwark, *Reconstructing history with computer graphics*, „IEEE Computer Graphics and Applications”, 1991, s. 18–20.

<sup>148</sup> J. Cornforth, C. Davidson, *Picturing the Past*, „Archaeological Computing Newsletter”, 19, 1989, s. 1–7.

<sup>149</sup> P. Dew, L. Fernando, N. Holuman, M. Lawler, M. Malhi, D. Parkin, *Illuminating chapters in history: computer aided visualization for archaeological reconstruction*, „Precirculated papers for Information Technology themes at World Archaeological Congress 2”, Venezuela, Volume 3, 1990, s. 1–8.

<sup>150</sup> P. Moscati, *Archeologiaeinformatica: l'esperienza di Neapolis*, „Rivista IBMXXV” (1), 1989, s. 24–27.

<sup>151</sup> H. Efteliorg, *Computing Assisted Drafting and Design: new technologies for old problems*, „Center for the Study of Architecture, Bryn Mawr”, 1988.

<sup>152</sup> A. Labrousse, P. Cornon, *Viewing a Pyramid*, „Electricité de France”, 1991.

<sup>153</sup> P. H. Lewis, K. J. Goodson, *Images, Databases and Edge Detection for Archaeological Object Drawings*, „CAA90”, 1990, s. 149–153.

tekstu i plików graficznych w bazie danych, edycji danych w języku SQL lub poprzez formularz w interfejsie okienkowym WIMP. W 1991 r. powstał projekt SACRET WAY dotyczący wizualizacji danych ze starożytnej Grecji<sup>154</sup>. Dystrybucja tego opracowania na dyskach CD zawierała zdjęcia, filmy, animowane modele 3D. W 1992 r. przedstawiono oprogramowanie do edycji grafiki w archeologii – NCSA<sup>155</sup>. Aplikacja wymagała komputera Macintosh, grafiki 256 kolorowej, 1 Mb RAM, systemu operacyjnego 6.02. Dane uporządkowano w układzie hierarchicznym. Narzędzie NCSA Datascope umożliwiała tworzenie arkuszy danych, skalowanie i generowanie barwnych obrazów, porządkowanie danych tekstowych z graficznymi, dodawanie komentarzy i etykiet. NCSA Image and Image IP pozwalało wizualizować 8-bitowe rastry (barwa, kontury, ploty 3D) w formacie dwuwymiarowych bitmap złożonych z macryc punktów. NCSA PalEdit służyło do modyfikacji palet kolorów w formatach RGB, CMY, HSV i HSL. NCSA Layout wyświetlał wyniki i umożliwiał otwieranie zapisanych przez użytkownika konfiguracji. Wizualizację grobowców japońskich zrealizowaną w programie ESRAT przedstawił Kazumasa Ozawa<sup>156</sup>. Schemat wizualizacji oparty był o technologię modelowania i renderingu mapy konturowej. Pracowano na komputerze Fujitsu VP30E. Renderowanie obrazów w rozdzielczości 700 x 700 pikseli zajmowało 6 godzin. Japończycy wykonali również wizualizację pałacu Heijo w Narze<sup>157</sup>. Użyto aplikacji DYNAPERS3 (NEC IBM PC-9801) i LAPLAS (Unix na PC-9801). Pierwszy program służył do wprowadzania klawiaturowego 8-kolorowych przestrzennych szkiców, drugi do wprowadzania planów topograficznych. Nowe rozwiązania w programach graficznych (system okienkowo-ikonowy) oparte na technologii DX (Data Explorer) przedstawili w 1992 r. P. Reilly i N. Thompson<sup>158</sup>. Innowacją były ikony trójwymiarowe. Dużym projektem interaktywnym był „Świat wikingów”<sup>159</sup>. Zawierał 2500 zdjęć i 25 minut materiałów filmowych zapisanych na płycie CD. Materiały graficzne opracowano w aplikacjach Autodesk Animator i 3D Studio. W 1994 r. zaprezentowano system INSITE (interaktywny system wizualizacyjny dla stanowisk archeologicznych)<sup>160</sup>. Projekt dotyczył zabytków Malty. Dane pozyskano z prospekcji fotogrametrycznych, archiwów i wykopalisk. INSITE przetwarzał różne

<sup>154</sup> J. Cornforth, C. Davidson, C. J. Dallas, G. R. Lock, *Visualising Ancient Greece: Computer Graphics in the Sacred Way Project*, „CAA91”, 1991, s. 219–225.

<sup>155</sup> M. Forte, *Image Processing Applications in Archaeology: Classification Systems of Archaeological Sites in the Landscape*, „CAA92”, 1992, s. 53–61.

<sup>156</sup> K. Ozawa, *Reconstruction of Japanese Ancient Tombs and Villages*, „CAA92”, 1992, s. 415–423.

<sup>157</sup> S. Morimoto, M. Motonaka, *Reconstruction of the 8th-Century Imperial Palace of the Heijo Capital at Nara in Japan*, „CAA92”, 1992, s. 425–427.

<sup>158</sup> P. Reilly, Thompson N., *Experiments with User-Friendly Volume Visualisation and Iconographic Display Methods to Explore Core Data*, „CAA92”, 1992, s. 429–439.

<sup>159</sup> J. Maytom, Torevell K., *The World of the Vikings: an Interactive Video Project*, „CAA92”, 1992, s. 449–456.

<sup>160</sup> A. Chalmers, Stoddart S., Tidmus J., Miles R., *INSITE: an Interactive Visualisation System for Archaeological Sites*, „CAA94”, 1994, s. 225–228.

scenariusze rytualnych występów, wykorzystania terenu, struktury, zawartości i rozwoju obszaru. Pod koniec lat 90-tych powstał projekt wirtualnej wycieczki po okresie anglo-saksońskim 850–1066<sup>161</sup>. Dwie techniki wspomaganie komputerowe do digitalizacji dokumentacji rysunkowej przedstawiono w 1999 r.<sup>162</sup> Wspomniano o nowym rozwiązaniu technicznym, jakim były skanery 3D. Niestety były to urządzenia drogie i powolne w działaniu. Zauważono postęp w możliwości zapisu cyfrowych obrazów w rozdzielczości 1500 × 1125 pikseli. Jako rozwiązanie problemów z dystorsją i perspektywą zdjęć proponowano użycie teleobiektywów z ogniskową 500 mm. W przypadku wizualizacji przestrzennych wstawiano fotografię fragmentu zabytku, a następnie przetwarzano go jako dwuwymiarowy rysunek, ustawiano oś na właściwym miejscu i obracano. Większość trójwymiarowych programów rysunkowych pozwalała na zastosowanie tekstur do obiektu w prosty, cylindryczny, sferyczny i sześcienny sposób. Wyniki projekcji otrzymano na podstawie trzech, oddzielonych od siebie o 120 stopni obrazów.

Odrębnym obszarem badań były analizy danych archeologicznych z wyników fotogrametrycznych. Techniki stereofotograficzne były wprowadzane do archeologii już od 1975 r.<sup>163</sup> Fotogrametryczne prospekcje terenowe w połączeniu z metodami GIS zostały wdrożone przez Hiszpanów w 1998 r.<sup>164</sup> Różnice w fotogrametrii naziemnej i lotniczej są znikome. Wymagane było użycie obiektywów o ogniskowej 35 mm i fotografowanie z zakładką obrazów wynoszącą 60%. Dla jednego zdjęcia mierzono koordynaty 5 punktów.

Problemy lat 70-tych XX w. dotyczyły głównie wizualizacji danych. Możliwa była jedynie minimalna interpretacja. W latach 80-tych, wraz z pojawieniem się rosnącej mocy komputerów, wprowadzono lepsze metody wizualizacji. W latach 90-tych XX w. uwaga została skupiona na rekonstrukcji obiektów fizycznych. Wizualizacja odnosi się do skomputeryzowanej eksploracji danych, które zostały przekształcone w możliwe do wyświetlenia geometryczne obiekty. Jest to jednak coś więcej niż zastosowanie przetwarzania obrazu, modelowania bryłowego lub technik GIS. Wizualizacja komputerowa ma ogromny potencjał badawczy w ramach archeologii i umożliwia dokonanie nowych spostrzeżeń.

## Systemy eksperckie

Systemy eksperckie były specyficznymi rozwiązaniami informatycznymi, generującymi rozwiązanie zadanego pytania/problemu badawczego i uzasadniającymi je na poziomie eksperta dziedzinowego. Wykorzystywały jawnie reprezentowaną wiedzę oraz metody wnioskowania.

<sup>161</sup> L. Symonds, *Virtual Constructs: Traveling the Tenth Century*, „CAA98”, 1998, s. 283–286.

<sup>162</sup> J. J. Fuldain González, *Computer Aided Drawing System on Archaeological Material*, „CAA99”, 1999, s. 131–135.

<sup>163</sup> E. Harp jr., *Photography in Archaeological research*, 1975.

<sup>164</sup> A. Astorqui, *Studying the Archaeological Record from Photogrammetry*, „CAA98”, 1998, s. 77–79.

Typy danych archeologicznych, które nadają się do analizy przez ten rodzaj systemów (specyficznych baz danych) obejmują klasyfikację obiektów i artefaktów. W 1982 r. pojawił się pierwszy system na potrzeby archeologii, który wykorzystał język Micro-PROLOG do generowania wyników<sup>165</sup>. Udany projekt był klasyfikacją artefaktów osteologicznych wykonana w 1984 r.<sup>166</sup> Podjęto próbę stworzenia prostego systemu eksperckiego opartego na klasyfikacji ceramiki neolitycznej Clarke’*sa*. Proponowany system zawierał kombinację odpowiedzi tekstowych i graficznych, umożliwiających użytkownikowi zidentyfikowanie i ostatecznie sklasyfikowanie badanego zabytku. Miał mechanizm samouczący działający na podstawie automatycznego dodawania nowych typów odpowiedzi. Aplikacja napisana w języku PROLOG działała na komputerze BBC Micro firmy Acorn Computers<sup>167</sup>. Ocena systemów eksperckich dostępnych na potrzeby archeologii w połowie lat 80-tych XX w. została wykonana przez J. Wilcocka<sup>168</sup>. Wskazał na użyteczność znanych algorytmów do klastrowania. Oczekiwania wobec inteligentnego systemu dotyczyły modeli systemów kulturowych i społeczno-gospodarczych (zwyczaję pogrzebowe, systemy społeczno-ekonomiczne, religijne i polityczne). Ocena zastosowania systemów eksperckich przedstawiła w 1987 r. Katharina G. Baker<sup>169</sup>. Systemy były narzędziem zapożyczonym z rozwiązań informatycznych stosowanych w psychologii. Archeolodzy nie rozumieli tej technologii, nie doceniono jej założeń, skutków lub implikacji. Istniało podobieństwo działania do wcześniej wprowadzonych technik, takich jak symulacja komputerowa. W tego typu systemach należy skonstruować model sytuacji. System nie mógł zastępować czynnika ludzkiego w roli eksperta. Nie sprawdzały się w bardziej złożonych zadaniach niż prosta klasyfikacja. Autorka uważała, że używanie tych systemów jako zamienników dla ludzi w celu obniżenia kosztów było niemoralne i bardzo krótkowzroczne. Bardziej entuzjastyczne podejście prezentował J. Doran. Ich wpływ na archeologię miał sens ekonomiczny i społeczny poprzez automatyzację stosunkowo często pojawiającego się zakresu zadań prostych, pozwalał naukowcom skoncentrować się na trudniejszych problemach. Reguły teorii wprowadzanych do aplikacji mogły również po przetworzeniu zrewidować jej pierwotne założenia<sup>170</sup>. W 1988 r. przedstawiono drugą generację systemów eksperckich<sup>171</sup>. Projekt programu ASPA zakładał wsparcie

<sup>165</sup> R. Ennals, D. R. Brough, *Representing the knowledge of the expert archaeologist*, „CAA82”, 1982, s. 56–62.

<sup>166</sup> D. R. Brough, Parfitt N., *An expert system for the ageing of a domestic animal*, „CAA84”, 1984, s. 49–55.

<sup>167</sup> M. C. Bishop, J. Thomas, *‘BEAKER’ – An Expert System for the BBC Micro*, „CAA84”, 1984, s. 56–62.

<sup>168</sup> J. Wilcock, *A Review of Expert Systems: Their Shortcomings and Possible Applications in Archaeology*, „CAA85”, 1985, s. 139–144.

<sup>169</sup> K. G. Baker, *Towards an Archaeological Methodology for Expert Systems*, „CAA87”, 1987, s. 229–236.

<sup>170</sup> J. Doran, *Expert Systems and Archaeology: What Lies Ahead?*, „CAA87”, 1987, s. 237–241.

<sup>171</sup> A. Stutt, *Second Generation Expert Systems, Explanations, Arguments and Archaeology*, „CAA88”, 1988, s. 353–367.

dla argumentów krytycznych i zgodnych z pojęciami z nieformalnej logiki. Wyniki były bardziej symetryczne w relacji użytkownik–system. W tym samym roku przedstawiono prosty program (VANDAL) do analizy ceramiki eneolitycznej z Zagros<sup>172</sup>. Francuzi opracowali system PALAMEDE do rozpoznawania wpływu urbanizacji na społeczeństwa starożytne<sup>173</sup>. System zaprogramowano w formacie SNARK. Koncentrował się na kwestiach ekonomicznych poprzez pomiary i obliczenia danych materialnych, zbliżając się do poziomu społeczno-gospodarczego tylko poprzez metaterminologię.

Próby użycia metodologii Systemu Ekspertów w archeologii<sup>174</sup> w dużej mierze zawiodły z powodu rozproszonej natury danych archeologicznych. Od lat 90-tych XX w. przestano się interesować tego rodzaju aplikacjami.

### Systemy muzealno-edukacyjne

Pierwsza grupa entuzjastów wprowadzających nowoczesne techniki informatyczne do muzeów IGMA została założona w 1967 r. Opracowywano standardy organizacyjne. Od 1973 r. British Library Research and Development Department ufundował kilka grantów muzealnych w Sedgwick i Cambridge. Pracowano głównie nad cyfryzacją katalogów muzealnych. Opracowano standardy kart muzealnych. Po zakończeniu projektu w Cambridge w 1976 r. powstało nowe stowarzyszenie – Museum Documentation Association (MDA). Organizacja zamówiła napisanie aplikacji katalogowej – CGDS, kolejną aplikacją był pakiet GOS<sup>175</sup>. Aplikację używano na mikrokomputerze Cromemco CS-2 z 52 kB pamięci RAM pod kontrolą unixowego systemu Cromix. Dane archiwizowano na taśmach magnetycznych<sup>176</sup>. Od lat 80-tych XX w. muzea brytyjskie (Ashmolean Museum z Oxfordu, Science History Museum, Natural History Museum) uzyskały dostęp do sieci akademickiej JANET. Znane od połowy lat 80-tych XX w. video dyski implementowano do archiwizowania informacji na potrzeby muzeów (muzeum Prins Henrik Maritime Museum w Holandii, National Museum w Kopenhadze)<sup>177</sup>. Projekt LIVE (Leicester Interactive Video in Education) zakładał system nauki przez interaktywny kurs<sup>178</sup>. Pracował na sieciowo połączonych komputerach IBM PS/2 w środowisku

<sup>172</sup> V. Vitali, Lagrange M.S.M, *VANDAL: an Expert System for Provenance Determination of Archaeological Ceramics Based on INAA Data*, „CAA88”, 1988, s. 369–375.

<sup>173</sup> H. P. Francfort, *Palamede – Application of Expert Systems to the Archaeology of Prehistoric Urban Civilisations*, „CAA90”, 1990, s. 211–214.

<sup>174</sup> J. C. Gardin [ed.], *Artificial intelligence and expert systems: case studies in the knowledge domain of archaeology*, 1988.

<sup>175</sup> D. A. Roberts, *Documentation of Archaeology in Museums*, „CAA78”, 1978, s.21–28.

<sup>176</sup> R. B. Light, *Microcomputers in Museums*, „CAA84”, 1984, s. 33–37.

<sup>177</sup> R. Martlew, *Every Picture Tells a Story: 'The Archaeology Disc' and Its Implications*, „CAA90”, 1990, s.15–19.

<sup>178</sup> C. Ruggles, J. Huggett, S. Hayles, Pringle H., Lauder I., *LIVE Update: Archaeological Courseware Using Interactive Video*, „CAA90”, 1990, s. 23–28.



DOS4 i systemie operacyjnym Microsoft Windows. Stosowano karty graficzne DVA4000 (VideoLogic Ltd.). Obsługiwał prezentację wyświetlając dwa napisy i tekst towarzyszący w trzech osobnych oknach, początkowo w domyślnych pozycjach na ekranie. Użytkownik (uczeń) mógł swobodnie manipulować oknami przed przejściem do następnego akapitu. Dodano obiekty służące do przeglądania prostych baz danych obrazów. System umożliwiał korzystanie z wielu struktur obrazowych, takich jak siatki map i odwzorowań. Planowano korzystanie z samouczków uruchomionych w ramach nowego systemu LIVE wraz z płytą archeologiczną na kursach dla studentów w Leicester. System Leicester był dostępny dla instytucji szkolnictwa wyższego. W 1990 r. w Southampton zaprezentowano program SyGraf<sup>179</sup>. Była to baza danych dla studentów uczących się archeologii, zawierała fakty i informacje geograficzne dotyczące obiektów archeologicznych.

Pod koniec XX w. popularnym zagadnieniem był dostęp do kolekcji muzealnych poprzez sieć Internet. Temat podjął David Dawson<sup>180</sup>. Program referencyjnej internetowej bazy danych muzealnych został zainspirowany przez brytyjską Museum and Galleries Commision przy wsparciu funduszem Narodowej Loterii. W roku 1997 baza dokumentacyjna MDA liczyła już 10 milionów rekordów z 250 muzeów. Pierwsze dane były eksportowane z bazy danych MODES do języka HTML w Hampshire Museum. Najbardziej zaawansowanym projektem IT był szkocki SCRAN (Scottish Resource Network) kosztujący 7 milionów funtów szterlingów. Konsorcjum CIMI rozpoczęło projekt archiwizacji danych na potrzeby sieciowe. Do dostępu do rozproszonych baz danych użyto protokołu Z39.50 i języka SGML. Partycypantami kolejnego projektu ogólnoeuropejskiego AQUARELLE były ministerstwa kultury Francji, Włoch i Grecji.

Wirtualne wystawy dostępne na dyskach CD i w Internecie rozpoczęły proces budowy swoistej chmury danych o kolekcjach muzealnych. W 1997 r. odnotowano ponad 25 000 wizyt na stronie internetowej Museum of Science. Wzrost liczby szkół podłączonych do sieci Internet (5500 jednostek w Wielkiej Brytanii) stwarzał coraz większe możliwości edukacji online. Projekt STEM inicjował proces kreacji witryn szkolnych związanych z tematyką muzealną. Witryny muzealne zawierały odnośniki do witryn tych szkół wraz z wyszukiwarką pozwalającą na przegląd informacji publikowanych przez szkoły. Podobny charakter miał projekt COMO i MUSENET. Rozpoczęto również publikację wirtualnych wycieczek po zasobach muzealnych prezentowanych na stronach internetowych w technologii przestrzennej<sup>181</sup>. Naukowcy z Filadelfii przedstawili w 1999 r. nowe podejście do procesu poszukiwań i interakcji dla odwiedzających wystawę muzealną<sup>182</sup>. Pomimo ogromnej ilości informacji zawartej w bazach danych i na płytach CD-ROM muzea nie nadążają

<sup>179</sup> D. Wheatley, *SyGraf-Resource Based Teaching with Graphics*, „CAA90”, 1990, s. 9–13.

<sup>180</sup> D. Dawson, *Museums On-Line: Access to Museum Information*, „CAA97”, 1997, s. 127–128.

<sup>181</sup> S. Gordon, *The Virtual Museum – Who Needs It?*, „CAA97”, 1997, s. 165–168.

<sup>182</sup> S. J. Fleming, W. R. Fitts, P. C. Zimmerman, *A New Approach to the Process of Exploration and Interaction for Visitors to a Museum Exhibition*, „CAA99”, 1999, s. 127–130.

za postęпами w technologiach multimedialnych. Rozwiązaniem interakcji odwiedzającego z wystawą była idea kiosków multimedialnych. Sieć tego typu urządzeń zlokalizowanych w salach ekspozycyjnych tworzyła swoisty scenariusz fabularny dostosowany do rozpoznanej poprzedniej ścieżki, którą odwiedzający przeszedł przez wystawę. Jednocześnie każda linia fabularna byłaby dostępna na wielu poziomach informacyjnych intensywności.

Zorientowane na multimedia muzea oferują interakcję z eksponatami. Korzystając z aplikacji, odwiedzający mogą dotknąć wirtualnie artefakty. Systemy wykrywania gestów pozwalają je obracać, tworzone są swoiste gry muzealne. Kolekcje muzealne były sukcesywnie dygitalizowane i udostępniane online. Taki rodzaj promocji wzbudził większe zainteresowania wizytami w realnych muzeach<sup>183</sup>.

### GIS w archeologii

Analiza przestrzenna rozpoczęła się w geografii od sformułowania centralnej teorii miejsca przez Christallera w 1933 r.<sup>184</sup> Techniki analizy przestrzennej pojawiły się w geografii dopiero pod koniec lat 60-tych i na początku lat 70-tych. Pierwsze próby w zakresie aplikacji do tworzenia map w archeologii, na potrzeby badań w Teotihuacan (projekt SYMAP) podjęto już w 1967 r.<sup>185</sup> Dzięki rozwojowi mocy obliczeniowej komputerów w latach 80-tych i 90-tych XX w. powoli wdrażano Geographical Information. W roku 1986 zaprezentowano projekt opartego na grafice rastrowej systemu GIS na potrzeby archeologii<sup>186</sup>. W 1991 r. J. Castleford opublikował artykuł o teoretycznych założeniach implementacji GIS w archeologii. Opracowanie bazy GIS wymaga dużo pomysłowości, wyobraźni i ciężkiej pracy od jej projektanta. J. Castleford w konkluzji artykułu stwierdził, że stworzenie GIS w wymiarze czasowym będzie jednym z najważniejszych osiągnięć technologicznych w naukach humanistycznych<sup>187</sup>. W tym samym roku koncepcje opartą o strukturę abstrakcyjnego typu danych reprezentujących obiekty ze świata realnego przedstawił C. Ruggles<sup>188</sup>. Zalety przestrzennego zarządzania danymi archeologicznymi (aplikacje EPPL7, IDRISI, ROOTS, TERRA) zaprezentował Kenneth L. Kvamme<sup>189</sup>. W latach 90-tych na corocznych konferencjach CAA obserwujemy spore zainteresowa-

<sup>183</sup> D. Lehn vom, C. Heath, *Accounting for New Technology in Museum Exhibitions*, „International Journal of Arts Management”, Vol. 7, No. 3, 2005, s. 11–21.

<sup>184</sup> Teoria ta opiera się na przekonaniu, że rozmieszczenie miejscowości wynika z pełnionych przez nie funkcji centralnych, tzn. takich działalności, które obsługują ludność mieszkającą na obszarze ich wpływu. Poprzez termin „ośrodek centralny” rozumie się najczęściej miasto, może być nim jednak każda jednostka osadnicza, która zaspokaja potrzeby mieszkańców otaczających ją obszarów.

<sup>185</sup> J. D. Wilcock, *Getting the Best Fit? 25 Years of Statistical Techniques in Archaeology*, „CAA97”, 1997, s. 38–39.

<sup>186</sup> T. M. Harris, *Geographic Information System Design for Archaeological Site Information Retrieval*, „CAA86”, 1986, s. 148–161.

<sup>187</sup> J. Castleford, *Archaeology, GIS, and the time dimension: an overview*, „CAA91”, 1991, s. 95–106.

<sup>188</sup> C. Ruggles, *Data Structures for GIS Applications in Archaeology*, „CAA91”, 1991, s. 107–112.

<sup>189</sup> K. L. Kvamme, *Geographic Information Systems and Archaeology*, „CAA91”, 1991, s. 77–84.

nie tematyką GIS. Zaprezentowano zastosowanie aplikacji GRASS w badaniach wyspy Hvar<sup>190</sup>, analizy wielowątkowe stanowiska neolitycznego w Northern Mull przy pomocy rastrowej aplikacji edukacyjnej IDRISI<sup>191</sup>. Archeolodzy używali również oprogramowania komercyjnego ARC/INFO w opracowaniu prospekcji w North West Westlands ESRI<sup>192</sup>, projektu Gardemoen<sup>193</sup>, jordańskiej bazy starożytności JADIS<sup>194</sup>, iberyjskiego cmentarzyska z epoki żelaza w El Cigarralejo<sup>195</sup>. W prospekcji rejonu Veii, Maresme, Tarragony i Sevilli<sup>196</sup> oraz badaniach Koryntu<sup>197</sup> użyto narzędzia Idrisi 4.1. Japończycy w 1994 r. w badaniach sieci latarni morskich z okresu Yayoi Period wykorzystali narzędzia GIS<sup>198</sup>. W 1995 r. Wheatley przedstawił rolę modelowania predykcyjnego w interpretacji prospekcji archeologicznej w Stonehenge<sup>199</sup>. Martlew zaprezentował zastosowanie oprogramowania GIS w badaniach krajobrazu historycznego Yorkshire Dales<sup>200</sup>. W 1996 r. oprogramowanie zastosowano na dużych badaniach w okolicy wsi Willingham i Over w Anglii. Wykonano ponad 1100 odwiertów badawczych (ustalenie poziomu zalegania warstwy aluwialnej, torfu, piasku i żwirów) do modelowania reliktyw krajobrazu kulturowego z epoki brązu. Korzystając z Systemu GIS wykonano model cyfrowej elewacji historycznej<sup>201</sup>. GIS wdrażano na wielkich projektach archeologicznych (oprogramowanie ARC/INFO), m.in. dotyczących wczesnego osadnictwa na Wyspach Alandzkich w Finlandii<sup>202</sup>, krajobrazu kulturowego Andaluzji<sup>203</sup>, doliny Albena w Toskanii<sup>204</sup>.

<sup>190</sup> V. Gaffney, Stančić Z., *Diodorus Siculus and the Island of Hvar, Dalmatia: Testing the Text with GIS*, „CAA91”, 1991, s. 113–125.

<sup>191</sup> C. L. N. Ruggles, D. J. Medyckyj-Scott, A. Gruffydd, *Multiple Viewshed Analysis Using GIS and Its Archaeological Application: a Case Study in Northern Mull*, „CAA92”, 1992, s. 125–132.

<sup>192</sup> R. Middleton, Winstanley D., *GIS in a Landscape Archaeology Context*, „CAA92”, 1992, s. 151–158.

<sup>193</sup> J. S. Boaz, Uleberg E., *Gardemoen Project – Use of a GIS System in Antiquities Registration and Research*, „CAA92”, 1992, s. 177–182.

<sup>194</sup> G. Palumbo, *JADIS (Jordan Antiquities Database and Information System): an Example of National Archaeological Inventory and GIS Applications*, „CAA92”, 1992, s. 183–188.

<sup>195</sup> F. Quesada, J. Baena, C. Blasco, *An Application of GIS to Intra-Site Spatial Analysis: the Iberian Iron Age Cemetery of El Cigarralejo (Murcia, Spain)*, „CAA94”, 1994, s. 137–146.

<sup>196</sup> F. Massagrande, *A GIS Approach to the Study of Non-Systematically Collected Data: a Case Study From the Mediterranean*, „CAA94”, 1994, s. 147–156.

<sup>197</sup> D. G. Romano, O. Tolba, *Remote sensing, GIS and Electronic Surveying: Reconstructing the City Plan and Landscape of Roman Corinth*, „CAA94”, 1994, s. 163–174.

<sup>198</sup> K. Ozawa, T. Kato, H. Tsude, *Detection of Beacon Networks Between Ancient Hill-Forts Using a Digital Terrain Model Based GIS*, „CAA94”, 1994, s. 157–161.

<sup>199</sup> D. Wheatley, *Between the Lines: the Role of GIS-Based Predictive Modelling in the Interpretation of Extensive Survey Data*, „CAA95”, 1995, s. 275–292

<sup>200</sup> R. Martlew, *The contribution of GIS to the study of landscape evolution in the Yorkshire Dales, UK*, „CAA95”, 1995, s. 293–296.

<sup>201</sup> N. R. Burton, C. A. Shell, *GIS and visualising the palaeoenvironment*, „CAA96”, 1996, s. 81–89.

<sup>202</sup> P. Daly, M. Frachetti, J. Okkonen, *GIS and Early Aland: Spatial analysis in an archipelago of south-western Finland*, „CAA96”, 1996, s. 91–98.

<sup>203</sup> F. Amores, L. Garcia, V. Hurtado, H. Marquez, C. Rodriguez-Bobada, *An exploratory GIS approach to Andalusian Archaeological Heritage Records*, „CAA96”, 1996, s. 101–115.

<sup>204</sup> P. Perkins, *A GIS investigation of site location and landscape relationships in the Albegna Valley, Tuscany*, „CAA96”, 1996, s. 133–140.

Huggett przedstawił zastosowanie oprogramowania na mniejszych wykopaliskach przy badaniach zamku Simona w Walii<sup>205</sup>. Dyskusję na temat problemów zastosowania GIS w badaniach dawnego system ekologicznego podjęła Alicja Wise<sup>206</sup>. Problemem była tendencja do oparcia paleośrodowiskowych informacji w bazach danych GIS wyłącznie na nowoczesnych danych. W związku z tym analizy GIS oparte na współczesnej wegetacji, użytkowaniu gruntów i topografii mają bardzo ograniczoną zdolność do odtworzenia doświadczeń z przeszłości. Postulowała konieczność multidyscyplinarnego podejścia do stosowania GIS w archeologii. W 1997 r. Margaret S. Watters zaprezentowała rejestrację danych z pomiarów goeradarowych w rejonie Empuries w Hiszpanii przeprowadzoną w programie GIS. Aplikacja pomogła w prostowaniu i ulepszeniu jakości obrazu danych. Projekty GIS wdrożono dla badań: stanowiska Majów w Belize<sup>207</sup>, osadnictwa etruskiego – projekt Caere<sup>208</sup>, osadnictwa mezolitycznego w Alpach włoskich<sup>209</sup>, osadnictwa etruskiego w rejonie Neapolu<sup>210</sup>, dziedzictwa kulturowego Wyspy Wielkanocnej<sup>211</sup>, doliny Sangro we Włoszech<sup>212</sup>, osad jeziornych z epoki brązu w Bondmann-Schachen/ Niemcy<sup>213</sup>, dziedzictwa kulturowego Andaluzji<sup>214</sup>, stanowisk archeologicznych w regionie Emilia Romagna/Włochy – projekt C.A.R.T.<sup>215</sup> Grupa Szwedów w trakcie prowadzenia projektów badawczych w Gotlandii oraz Irlandii używała przeglądarki do GIS – KARTAGO. Bazujące na pomiarach tachimetrycznych cyfrowe plany poglądowe (do sprawdzenia na laptopach w terenie) wykonano za pomocą oprogramowania Surfer for Windows. Dane opisowe (rejstry polowe obiektów, zabytków ruchomych) uzupełniano bezpośrednio w aplikacji MicroStation, przy użyciu odpowiedniej aplikacji, która nadawała obiektom graficznym cechy inne niż graficzne, a następnie wprowadzała serię zaprogramowanych, wstępnie ustawionych formularzy. Atrybuty te następnie eksportowano bez-

<sup>205</sup> J. Huggett, *Looking at intra-site GIS*, „CAA96”, 1996, s. 117–122.

<sup>206</sup> A. L. Wise, *Building theory into Gis-based landscape analysis*, „CAA96”, 1996, s. 141–147.

<sup>207</sup> C. Beebe, *Joining the Club: Issues, Problems, and Practices in Initiating GIS*, „CAA98”, 1998, s. 89–95.

<sup>208</sup> P. Moscati, *GIS and Archaeology: the “Caere” survey*, „CAA98”, 1998, s. 103–105.

<sup>209</sup> N. Vullo, F. Fontana, A. Guerreschi, *The Application of GIS to Intra-Site Spatial Analysis: Preliminary Results from Alpe Veglia (VB) and Mondeval De Sera (BL), Two Mesolithic Sites in the Italian Alps*, „CAA98”, 1998, s. 111–115.

<sup>210</sup> A. D’Andrea, R. Nicola de, A. Giordano, *The EURIALO Project: a Vector GIS for the Integrated Management of the Archeological Data of Pontecagnano (Italy)*, „CAA98”, 1998, s. 145–148.

<sup>211</sup> M. Bampton, P. Flyg, *Field Mapping the Ahu Ra’Ai, La Pérouse Area, Rapa Nui (Easter Island)*, „CAA98”, 1998, s. 149–152.

<sup>212</sup> G. Lock, P. Daly, *Looking at Change, Continuity and Time in GIS: an Example from the Sangro Valley, Italy*, „CAA98”, 1998, s. 259–263.

<sup>213</sup> F. Menotti, *The Abandonment of the Early Bronze Age Lake-Settlement of Bodman-Schachen I: a CAD and GIS Approach to the Lake-Level Fluctuation Hypothesis*, „CAA98”, 1998, s. 265–269.

<sup>214</sup> F. Amores, L. García, V. Hurtado, M. C. Rodríguez-Bobada, *Geographic Information Systems and Archaeological Resource Management in Andalusia (Spain)*, „CAA98”, 1998, s. 351–355.

<sup>215</sup> M. P. Guermandi, *Protection of the Archaeological Patrimony and G.I.S. The Elaboration of an Archaeological Cartography Aimed at the Problems of Territorial Planning in the Emilia Romagna Region*, „CAA98”, 1998, s. 359–363.

pośrednio do wspólnej bazy danych. Po zarejestrowaniu znaleziska pojawiały się w ich prawidłowej pozycji na ekranie (w pliku dgn), w postaci dedykowanych etykiet dla różnych kategorii znalezisk. Przeglądarka KARTAGO doskonale radziła sobie z łączeniem różnych warstw. Działała bez problemów z dużymi plikami rastrowymi, jak ortofotomapy o wielkości kilkuset MB. Przeglądarka miała opcje importu i eksportu wielu formatów rastrowych i wektorowych<sup>216</sup>. Koncepcje archeologicznego GIS-u przedstawiła Angela Peduto. Zwróciła uwagę na podstawowe etapy projektu GIS: projektowanie i wdrażanie. Projekt ArcheoGis został opracowany, począwszy od analizy metod wspólnych dla metodologii badań, rozpoznawania krajobrazu kulturowego i wykopalisk stratygraficznych. Główną ideą było stworzenie narzędzia łączącego dokumentację planimetryczną każdego wykopu z powiązаныmi z nim jednostkami stratygraficznymi. Uporządkowano wszystkie informacje w relacyjnej bazie danych. Czynnikiem łączącym elementy graficzne, bazę danych geograficznych i przestrzennych oraz bazę opisową był atrybut jednostki stratygraficznej<sup>217</sup>. Przedstawiono zastosowanie mobilnego systemu FieldNote do etykietowania koordynatów określających obiekty archeologiczne (przy użyciu komputera kieszonkowego: PalmPilot, Apple Newton) zapisywane przez urządzenie RTK w terenie i ich eksportu do desktopowej aplikacji GIS<sup>218</sup>. Problemy metodologiczne związane z wdrożeniami GIS w archeologii przedstawił M. van Leusen. Krytykował logikę przypisywania znaczenia poznawczego na podstawie wielu lub zbiorczych wskaźników widoczności i poświęcania niewystarczającej uwagi metodologicznym aspektom analizy przestrzennej, postulował bardziej rygorystyczne podejście do ich technicznej realizacji<sup>219</sup>. W latach 1996–2001 w ramach projektu badawczego „Data of Knowledge” fińska Akademia Nauk opracowała „Program Badań Informacyjnych”, którego celem było generowanie wielopłaszczyznowego podejścia do informacji, ich produkcji, prezentacji, transferu i wykorzystania. Opracowano nowe metody analizy dużych i skomplikowanych zbiorów danych, w szczególności danych odniesionych przestrzennie. Multydyscyplinarny zespół informatyków, matematyków i m.in. archeologów zajmował się połączeniem GIS ze statystyką przestrzenną. W archeologicznych badaniach GIS istotne jest określenie metadanych do zarządzania połączonymi bazami danych mapowych i opisowych<sup>220</sup>. W 1998 r. pojawiło się pojęcie zorientowanego obiektowo GIS dla archeologii<sup>221</sup>. Cechą charakte-

<sup>216</sup> G. Burenhult, *KARTAGO as a Viewer of GIS, and Multivariate Archaeological Data in the Ajvide and Carrowmore Projects – the Full Concept*, „CAA98”, 1998, s. 97–102

<sup>217</sup> A. Peduto, *An Archaeological Geographical Information System in Arc/Info*, „CAA98”, 1998, s. 107–110.

<sup>218</sup> N. Ryan, J. Pascoe, D. Morse, *FieldNote: Extending a GIS into the Field*, „CAA98”, 1998, s. 127–131.

<sup>219</sup> M. Leusen van, *Viewshed and Cost Surface Analysis Using GIS (Cartographic Modelling in a Cell-Based GIS II)*, „CAA98”, 1998, s. 215–223.

<sup>220</sup> T. Kirkinen, *GIS-Assisted Data Analysis – Finding Meanings in Complex Spatial Data Sets*, „CAA98”, 1998, s. 255–258.

<sup>221</sup> A. P. Tschan, *An Introduction to Object-Oriented GIS in Archaeology*, „CAA98”, 1998, s. 303–316.

rystyczną obiektowych baz danych jest przechowanie obiektów o dowolnych strukturach wraz z przywiązanymi do nich cechami. Bazy takie są dobrym narzędziem do magazynowania bardzo złożonych struktur i dużej liczby plików w formatach zarówno wektorowych, jak i rastrowych. Znaczącą wadą baz obiektowych jest problem złożonego określenia cech obiektu w celu późniejszej realizacji zapytań dla wyszukiwarki. W 1999 r. przedstawiono kolejne projekty związane z GIS-em. Kanadyjczyk Leigh Symonds przygotował dysertację doktorską na temat innowacyjnych podejść do archeologii krajobrazu poprzez badania kultury materialnej (badania rozmieszczenia ceramiki na stanowisku Lincolnshire z X w.)<sup>222</sup>. Pomiar geodezyjne na potrzeby GIS przeprowadzono na stanowisku Tuqueibah w Zjednoczonych Emiratach Arabskich (pierwsze stanowisko w drodze z Petry do Aleksandrii). Interdyscyplinarna współpraca zespołu archeologów i geodetów wykazała wyraźną różnicę między sposobem badania w naukach eksperymentalnych a technologią stosowaną przez humanistykę. W naukach ścisłych można studiować, analizować i ulepszać technologię i metodologię, ale nie jest to zwykle stosowane w odniesieniu do innych przedmiotów, zwłaszcza archeologii. Przedmiotem niniejszego artykułu było zastosowanie technologii geodezyjnej i kartograficznej w archeologii<sup>223</sup>.

Zorientowane georeferencyjnie plany oraz modele przestrzenne stanowisk archeologicznych i ich reprezentacja w systemach GIS stanie się standardem „nowej archeologii”.

## Zakończenie

Ramy opracowania zawarłem w granicy pierwszych 50 lat stosowania techniki komputerowej w archeologii i symbolicznie zakończyłem czas „doskonałej przeszłości” w 1999 r. Rozwój technologii sprzętowo-programowej widoczny w 2 pierwszych dekadach XXI w. miał charakter „wielkiego skoku” i wymaga odrębnego opracowania. W XXI w. rozwinie się część metod prezentowanych w niniejszym artykule. Wzrośnie zainteresowanie systemami przestrzennymi w zapisie i wizualizacji danych, GIS-em, rozwiązaniami mobilnymi, a przede wszystkim dostępnymi rozwiązaniami typu *open source* i *freeware*. Rozwinie się również teledetekcja i metody nieinwazyjne w archeologii. Z powodu objętości zagadnienia wspomniane techniki zostaną przedstawione w odrębnym opracowaniu. Druga dekada XXI w. przyniesie powszechne wykorzystanie sprzętu wcześniej niedostępnego dla archeologów terenowych: tachimetrów, skanerów dalekiego zasięgu, rozwiązań do mapowania i fotogrametrii. Dynamika wprowadzania nowych technik pozyskiwania danych wymaga krytycznej refleksji nad właściwym wykorzystaniem techniki cyfrowej w naukach humanistycznych.

<sup>222</sup> L. Symonds, *Moving through a Vision: Thoughts on Contextual GIS*, „CAA99”, 1999, s. 11–30.

<sup>223</sup> M. Farjas, *Research Team LAR Multimedia Technology in Cartography as a Tool for Archaeology*, „CAA99”, 1999, s. 85–88.

**Bibliografia**

- Allsworth-Jones P., *The Early Upper Palaeolithic in Central Europe: a Cluster Analysis of some Aurignacian and some Szeletian Assemblages*, „CAA75”, 1975, s. 81–92.
- Amores F., García L., Hurtado V., Rodríguez-Bobada M.C., *An exploratory GIS approach to Andalusian Archaeological Heritage Records*, „CAA96”, 1996, s. 101–115; *Geographic Information Systems and Archaeological Resource Management in Andalusia (Spain)*, „CAA98”, 1998, s. 351–355;
- Ancona, M., G. Dodero, M. Mongiardino, A. Traverso *Taking Digital Notes in the Field: the Archeo Tool-Set*, „CAA98”, 1998, s. 117–121.
- Andresen J., Madsen T., *IDEA – the Integrated Database for Excavation Analysis*, „CAA95”, 1995, s. 3–13; *Archaeological applications of factor, cluster and proximity analysis*, „AA”, 33(3), 1968, s. 367–375.
- Ascher M., Ascher R., *Chronological ordering by computer*, „AT”, 65, 1963, s. 1045–1052.
- Astorqui A., *Studying the Archaeological Record from Photogrammetry*, „CAA98”, 1998, s. 77–79.
- Baker K.G., *Towards an Archaeological Methodology for Expert Systems*, „CAA87”, 1987, s. 229–236.
- Bampton M., Flyg P., *Field Mapping the Ahu Ra’Ai, La Pérouse Area, Rapa Nui (Easter Island)*, „CAA98”, 1998, s. 149–152.
- Barceló, J.A., *Programming an Intelligent Database in Hypertext*, „CAA91”, 1991, s. 21–27.
- Beebe C., *Joining the Club: Issues, Problems, and Practices in Initiating GIS*, „CAA98”, 1998, s. 89–95.
- Biek L., *Progress with LERNIE*, „CAA74”, 1974, s. 59–63.
- Binford L. R., Binford S. R., *A preliminary analysis of functional variability in the Mousterian of Levallois facies*, „AT”, 68, no. 2, part 2, 1966, s. 238–295.
- Bishop, M.C., J. Thomas, *‘BEAKER’ – An Expert System for the BBC Micro*, „CAA84”, 1984, s. 56–62.
- Boaz, J. S., Uleberg E., *Gardermoen Project – Use of a GIS System in Antiquities Registration and Research*, „CAA92”, 1992, s. 177–182.
- Booth B. K. W., *Some Projects to Store and Process Data from Survey and Excavation with the Aid of a Computer*, „CAA81”, 1981, s. 20–25; *The Changing Requirements of an Archaeological Database*, „CAA83”, 1983, s. 21–29.
- Briggs, G., *Graphical Representation of Survey Data*, „CAA82”, 1982, s. 139–141.
- Brodie K. W., *Standardisation in Computer Graphics: an Introduction to GKS*, „CAA87”, 1987, s. 155–159.
- Brough D. R., Parfitt N., *An expert system for the ageing of a domestic animal*, „CAA84”, 1984, s. 49–55.
- Brown J. A., Freemann L. G., *A UNIVAC analysis of sherd frequencies from the Carter Ranch Pueblo Eastern Arizona*, „AA”, 30, 1964, s. 162–167; *Statistical analysis of Carter Ranch pottery Fieldiana*, „Anthropology”, 55, Chicago 1964, s. 126–154.

- Burenhult G., *KARTAGO as a Viewer of GIS, and Multivariate Archaeological Data in the Ajvide and Carrowmore Projects – the Full Concept*, „CAA98”, 1998, s. 97–102.
- Burton N. R., Shell C. A., *GIS and visualising the palaeoenvironment*, „CAA96”, 1996, s. 81–89.
- Callow P., Webb R.E., *Cluster Analysis of French Moustierian Industries*, „CAA74”, 1974, s. 16.
- Castleford J., *Archaeology, GIS, and the time dimension: an overview*, „CAA91”, 1991, s. 95–106.
- Chalmers A., Stoddart S., Tidmus J., Miles R., *INSITE: an Interactive Visualisation System for Archaeological Sites*, „CAA94”, 1994, s. 225–228.
- Cheetham P.N. Haigh J.B.G., *The Archaeological Database – New Relations?*, „CAA91”, 1991, s. 7–14.
- Chenhall R. G., *The impact of computers on archaeological theory: an appraisal and projection*, “CH”, 3(1), 1968, s. 15–24.
- Clarke D. L., *Matrix analysis and archaeology*, “Nature”, 199 (4895), 1963, s. 790–792.
- Clark G. A. *On the Analysis of Multidimensional Contingency Table Data Using Log Linear Models*, „CAA74”, 1974, s.47–58.
- Clark G.A., Effland R.W., Johnstone J.C., *Quantative Spatial Analysis: Computer Application of Nearest Neighbor and Related Approaches to the Analysis of Objects Distributed across Two-Dimensional Space*, „CAA77”, s. 27–44.
- Cogbill S., *Computer Post-Hole Analysis with Reference to the British Bronze Age*, „CAA80”, 1980, s. 35–38.
- Cole A. J., Wishart D., *Computer applications in archaeology*, “CH”, 2(1), 1967, s. 17–23; *Computer applications in archaeology*, New York 1967, s. 331–337;
- An improved algorithm for the Jardine-Sibson method of generating overlapping clusters*, “CJ”, 13(2), 1970, s. 156–163.
- Cornforth J., Davidson C., *Picturing the Past*, „Archaeological Computing Newsletter”, 19, 1989, s. 1–7.
- Cornforth J., Davidson C., Dallas C. J., Lock G.R., *Visualising Ancient Greece: Computer Graphics in the Sacred Way Project*, „CAA91”, 1991, s. 219–225.
- Cowgill G. L., *Evaluacion preliminar de la aplicaci6n de metodos a maquinas computadoras a los datos del mapa de Teotihuacan*, 1966; *Computer applications in archaeology*. “Fall Joint Computer Conference – AFIPS 31”, 1967, s. 331–337.
- Crummy P., *Converting Site Notes into a Database*, „CAA85”, 1985, 1985, s. 57–61.
- D’Andrea A., Nicola R. de, Giordano A., *The EURIALO Project: a Vector GIS for the Integrated Management of the Archeological Data of Pontecagnano (Italy)*, „CAA98”, 1998, s. 145–148.
- Daly P., Frachetti M., Okkonen J., *GIS and Early Aland: Spatial analysis in an archipelago of south-western Finland*, „CAA96”, 1996, s. 91–98.
- Daniels S. G. H., *Two Software Packages for Archaeological Quantitative Data Analysis*, „CAA80”, 1980, s. 3–8.
- Dawson D., *Museums On-Line: Access to Museum Information*, „CAA97”, 1997, s. 127–128.



- De Guio A., Secco G., *A New Computer Seriation Algorithm*, „CAA84”, 1984, s. 199–209.
- Deetz J., *The dynamics of stylistic change in Arikara ceramics*, 1965.
- Degos J. G., *Les méthodes d'ordonnement de type PERT et MPM : quelques éléments essentiels*, „Techniques Economiques”, 1976, s. 19–24.
- Delicado P., *Statistics in Archaeology: New Directions*, „CAA98”, 1998, s. 29–37.
- Derevianko A.P., Kholu'shkin Y.P., Voronin V.T., Ekimov D. V., Goriatchev D.N., Schipunov V.V., Kopteva H.V., *Concepts of Informational and Statistical Processing of Archaeological Data in the Computer Centre of the Institute of Archaeology and Ethnography in Novosibirsk*, „CAA94”, 1994, s. 203–207.
- Desachy B., Djindjian F., *Matrix Processing of Stratigraphic Graphs: a New Method*, „CAA90”, 1990, s. 29–32.
- Dew P., Fernando L., Holuman N., Lawler M., Malhi M., Parkin D., *Illuminating chapters in history: computer aided visualization for archaeological reconstruction*, „Precirculated papers for Information Technology themes at World Archaeological Congress 2”, Venezuela, Volume 3, 1990, s. 1–8.
- Djindjian F., *Fifteen years of contributions of the French school of data analysis to quantitative archaeology*, „CAA89”, 1989, s. 193–204; *Reconstructing Stratigraphy: a Discrete Sampling Approach*, „CAA91”, 1991, s. 179–181.
- Doran J. E., Hodson F. R. , *A digital computer analysis of Palaeolithic flint assemblages*, „Nature”, no. 210, 1966, s. 688–689.
- Doran J., *Expert Systems and Archaeology: What Lies Ahead?*, „CAA87”, 1987, s. 237–241.
- Dow J. W., *Astronomical orientations at Teotihuacan a case study in astroarchaeology*, „AA”, no. 32, 1967, s. 326–334.
- Ejteliorg H., *Computing Assisted Drafting and Design: new technologies for old problems*, „Center for the Study of Architecture, Bryn Mawr”, 1988.
- Eiteljorg, H., *The Archaeological Data Archive Project*, „CAA94”, 1994, s. 245–247.
- Eliseff V., *Possibilités du scalogramme dans l'étude des bronzes chinois archaïques*, „Mathématiques et Sciences Humaines”, no. 11, 1965, s. 1–10.
- Ennals R., Brough D. , *Representing the knowledge of the expert archaeologist*, „CAA82”, 1982, s. 56–62.
- Farjas M., *Research Team LAR Multimedia Technology in Cartography as a Tool for Archaeology*, „CAA99”, 1999, s. 85–88.
- Fieller N., O'Neill S., *Orientations of Bronze Age Houses: Statistical Analysis of Directional Data*, „CAA82”, 1982, s. 172–181.
- Fieller, N., Flenley E., *Statistical Analysis of Particle Sizes and Sediments*, „CAA87”, 1987, s. 79–92.
- Fleming S.J., Fitts W.R., Zimmerman P.C., *A New Approach to the Process of Exploration and Interaction for Visitors to a Museum Exhibition*, „CAA99”, 1999, s. 127–130.
- Fletcher M., Lock G., *Computer Assisted Pattern Perception within Post Hole Distributions*, „CAA80”, 1980, s. 39–48.

- Fletcher M., Reilly P., *Viking Settlers in the Isle of Man: Simulation Experiments*, „CAA87”, 1987, s. 95–117.
- Flude, K., S. George, S. Roskams, *Uses of an Archaeological Database – with Particular Reference to Computer Graphics and the Writing-Up Process*, „CAA81”, 1981, s. 51–59.
- Forte M., *Image Processing Applications in Archaeology: Classification Systems of Archaeological Sites in the Landscape*, „CAA92”, 1992, s. 53–61.
- Francfort H.P., *Palamede— Application of Expert Systems to the Archaeology of Prehistoric Urban Civilisations*, „CAA90”, 1990, s. 211–214.
- Freeman P., *How to Simulate If You Must*, „CAA87”, 1987, s.139–146.
- Fuldain González, J.J., *Computer Aided Drawing System on Archaeological Material*, „CAA99”, 1999, s. 131–135.
- Gaffney V., Stančić Z., *Diodorus Siculus and the Island of Hvar, Dalmatia: Testing the Text with GIS*, „CAA91”, 1991, s. 113–125.
- Gaines S.W., Most R., *Computerized Data Sharing: The SARG Example of Cooperative Research*, „CAA82”, 1982, s. 19–32.
- Galanidou N., *Quantitative Methods for Spatial Analysis at Rockshelters: the Case of Klithi*, „CAA92”, 1992, s. 357–366.
- Galloway P., *Cluster Analysis Using Fragmentary Data*, „CAA76”, 1976, s. 41–47.
- Gardin J. C. [ed.], *Artificial intelligence and expert systems: case studies in the knowledge domain of archaeology*, 1988.
- Gardin J. C., *Reconstructing an economic network in the ancient East with the aid of a computer*, „The use of Computers in Anthropology”, 1965, s. 377–391.
- Goldmann K., *Zur Auswertung archäologischer Funde mit Hilfe von Computern*, “Die Kunde”, no. 19, 1968, s. 1–8.; Goldmann K., *Zwei Methoden chronologischer Gruppierung*, “Acta Praehistorica et Archaeologica”, 3, 1972, s. 1–34.
- Gordon S., *The Virtual Museum – Who Needs It?*, „CAA97”, 1997, s.165–168.
- Graham I., *Intelligent Terminals for Excavation Recording*, „CAA76”, 1976, s. 48–52.
- Graham I., Galloway P., Scollar I., *Model Studies in Seriation Techniques*, „CAA75”, 1975, s. 18–24.
- Green D.F., *Testing a Traditional Typology Using Cluster Analysis*, „CAA75”, 1975, s. 25–32.
- Guermanti M.P., *Protection of the Archaeological Patrimony and G.I.S. The Elaboration of an Archaeological Cartography Aimed at the Problems of Territorial Planning in the Emilia Romagna Region*, „CAA98”, 1998, s. 359–363.
- Haigh J., *The Harris Matrix As a Partially Ordered Set*, „CAA85”, 1985, s. 81–90.
- Hall N.S., *Towards the Inclusion of Graphics in an Electronic Journal System*, „CAA86”, 1986, s. 197–224.
- Harp E. jr., *Photography in Archaeological research*, 1975.
- Harris E. C., *The Stratigraphic Sequence: A Question of Time*, „World Archaeology”, Vol. 7, No. 1, 1975, s. 109–121.

- Harris E.C., *Stratigraphic Analyses and the Computer*, „CAA75”, 1975, s. 33–40.
- Harris T.M., *Geographic Information System Design for Archaeological Site Information Retrieval*, „CAA86”, 1986, s. 148–161.
- Herzog, I., Scollar I., *A Mathematical Basis for Simulation of Seriatable Data*, „CAA88”, 1988, s. 53–62.
- Herzog I., Scollar I., *A New Graph Theoretic Oriented Program for Harris Matrix Analysis*, „CAA90”, 1990, s. 53–59.
- Hinge P., *The Other Computer Interface*, „CAA95”, 1995, s. 15–20.
- Hodson F. R., Kendall D. G., Tautu P., *Mathematics in the Archaeological and Historical Sciences*, 1971.
- Hodson F. R., Sneath P. H. A., Doran J. E., *Some experiments in the numerical analysis of archaeological data*, „Biometrika”, 53(3 and 4), 1966, s. 311–324.
- Huggett J., *Looking at intra-site GIS*, „CAA96”, 1996, s. 117–122.
- Ihm P., *Classification automatique des objets de l'âge du bronze*, „Comptes rendus du séminaire sur les modèles mathématiques dans les sciences sociales”, 1960–1(3), 1960, s. 28–33.
- Jardine C. J., Jardine N., Sibson R., *The structure and construction of taxonomic hierarchies*, „Mathematical Biosciences”, 1, 1967, s. 173–179.
- Jardine N., Sibson R., *The construction of hierarchic and non-hierarchic classifications*, „CJ”, 11(2), 1968, s. 177–184.
- Johnson I., *Towards a statistical overview of the Archaic culture... of Central and Southwestern Texas*, „Austin Bulletin”, no. 12, 1967; *Local Density Analysis: a New Method for Quantitative Spatial Analysis*, „CAA77”, 1977, s. 90–98.
- Jones P.A., Wilcock J. D., *Paleolithic “Leafpoints” – an Experiment in Taxonomy*, „CAA74”, 1974, s. 36–46.
- Kampffmeyer U., *ARCOS – A Video-Computer-Documentation System for the Use in Archaeology and Historic Sciences*, „CAA86”, 1986, s. 91–126.
- Kendall D. G., *Seriation from abundance matrices*, in Hodson, „Mathematics in the archaeological and historical sciences”, Edinburgh, 1971, s. 215–222.
- Kenworthy, J.B., J.R. Stapleton, J.H. Thurston, *The Fife Archaeological Index – A Computer Implementation*, „CAA75”, 1975, s. 41–48.
- Kirkinen T., *GIS-Assisted Data Analysis – Finding Meanings in Complex Spatial Data Sets*, „CAA98”, 1998, s. 255–258.
- Knorozov I. V., *Machine decipherment of Maya script*, „Soviet Anthropology and Archaeology 1”, 1962/3, s. 43–50.
- Kobyliński Z., Buko A., *Computer Clustering in the Analysis of Non-Morphological Attributes of Pottery Sherds: Two Examples from Poland*, „CAA92”, 1992, s. 349–356.
- Kroeber A. L., *Zuñi potsherds*, „Anthropological Papers of the American Museum of Natural History”, New York 1916, 18(1), s. 1–37.

- Kromholz A. H., *A Generalized Information System for Archaeological Use*, „CAA75”, 1975, s. 49–55.
- Kruskal J. B., *Multidimensional scaling by optimizing goodness-of-fit to a nonmetric hypothesis*, “PM”, 29(1), 1964, s. 1–27; Kruskal J. B., *Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method*, “PM”, 29(2), 1964, s. 115–129.
- Kuzara R. S., Mead G. R., Dixon K. A., *Seriation of anthropological data: a computer program for matrix-ordering*, „AT”, no. 68, 1966, s. 1442–1455.
- Kvamme K. L., *Geographie Information Systems and arehaeology*, „CAA91“, 1991, s. 77–84.
- Labrousse A., Cornon P., *Viewing a Pyramid*, „Electricité de France”, 1991.
- Lafin S., A. Roper R.P., Symonds R.H., *White Analysis of Pottery from Wroxeter Roman City*, „CAA92”, 1992, s. 389–404.
- Lafin S., *Recording Archaeological Excavations*, „CAA74”, 1974, s. 71–74.
- Lafin, S., Sutton N. D., *Graphical Representation of Survey Data*, „CAA83”, 1983, s. 111–114.
- Lance G. N., Williams W. T., *Computer programs for monothetic classification (“association analysis”)*, “CJ”, 8(3), 1965, s. 246–249; *Computer programs for polythetic classification (“similarity analyses”)*, “CJ”, 9(1), 1966, s. 60–64; Lance G. N., Williams W. T., *A general theory of classificatory sorting strategies I. Hierarchical systems*, “CJ”, 9(4), 1967, s. 373–380; *A general theory of classificatory sorting strategies II. Clustering systems*, “CJ”, 10(3), 1967, s. 271–277.
- Laxton, R. R., Restorick J., *Some Results on Mathematical Seriation with Applications*, „CAA87”, 1987, s. 39–44; *Seriation by Similarity and Consistency*, „CAA89”, 1989, s. 215–225.
- Leese M. N., *A Statistical Study of Welsh Bronze Age Metal Artifacts*, „CAA79”, 1979, s. 45–52.
- Lehn D. vom, Heath C., *Accounting for New Technology in Museum Exhibitions*, „International Journal of Arts Management”, Vol. 7, No. 3, 2005, s. 11–21.
- Leusen M. van, *Viewshed and Cost Surface Analysis Using GIS (Cartographic Modelling in a Cell-Based GIS II)*, „CAA98”, 1998, s. 215–223.
- Lewis P.H., Goodson K.J., *Images, Databases and Edge Detection for Archaeological Object Drawings*, „CAA90”, 1990, s. 149–153.
- Lieng H., *Surface modelling for 2D imagery*, „Technical Report, No. 862, 2014, s.140–146.
- Light R.B., *Microcomputers in Museums*, „CAA84”, 1984, s. 33–37.
- Lock G., Daly P., *Looking at Change, Continuity and Time in GIS: an Example from the Sangro Valley, Italy*, „CAA98”, 1998, s. 259–263.
- Loy T.H., *Computers and the Study of Archaeology in British Columbia, Canada*, „CAA74”, 1974, s. 17–24.
- Main P.L., Duncan J.M., *GRASP: Graphical Routines for Archaeological Plans and Sections*, „CAA77”, 1977, s. 61–68.
- Main P.L., *Desirable Attributes for a Data-Bank of Archaeological Shapes*, „CAA79”, 1979, s. 5–12.
- Martlew R., *Every Picture Tells a Story: ‘The Archaeology Disc’ and Its Implications*, „CAA90”, 1990, s. 15–19; *The contribution of GIS to the study of landscape evolution in the Yorkshire Dales, UK*, „CAA95”, 1995, s. 293–296.

- Massagrande F., *Mathematics and Computers in Archaeology*, Cambridge/ Massachusetts 1975, s. 3–9; *A GIS Approach to the Study of Non-Systematically Collected Data: a Case Study From the Mediterranean*, „CAA94”, 1994, s. 147–156.
- Maytom J., Torevell K., *The World of the Vikings: an Interactive Video Project*, „CAA92”, 1992, s. 449–456.
- McPherron A., *Programming the IBM 7090 for optimizing taxonomy in archaeology*, Pittsburgh 1963.
- Menotti, F., *The Abandonment of the Early Bronze Age Lake-Settlement of Bodman-Schachen 1: a CAD and GIS Approach to the Lake-Level Fluctuation Hypothesis*, „CAA98”, 1998, s. 265–269.
- Middleton, R., Winstanley D., *GIS in a Landscape Archaeology Context*, „CAA92”, 1992, s. 151–158.
- Mithen S.J., *Simulation as a Methodological Tool: Inferring Hunting Goals from Faunal Assemblages*, „CAA87”, 1987, s. 119–137.
- Morimoto S., Motonaka M., *Reconstruction of the 8th-Century Imperial Palace of the Heijo Capital at Nara in Japan*, „CAA92”, 1992, s.425–427.
- Moscatti P., *Archeologiaeinformatica: l'esperienzadi Neapolis*, „Rivista IBMXXV” (1), 1989, s. 24–27; *Quantitative Analysis of Etruscan Cinerary Urns*, „CAA94”, 1994, s. 101–104; *GIS and Archaeology: the “Caere” survey*, „CAA98”, 1998, s.103–105.
- Newell R. R., *A Proposed Attribute Analysis of Archaeological Ground Features. An Expansion of the Automatic Artifact Registration System*, „CAA75”, 1975, s. 69–80.
- Nicolucci F., Crescioli M., *PETRA 3.0 and the Crusader Border. New Features of the PETRA Archaeological DBMS*, „CAA99”, 1999, s. 1–4.
- Orton C., *A Statistical Technique for Integrating C-14 Dates with Other Forms of Dating Evidence*, „CAA83”, 1983, s. 115–124.
- Orton C. R., *Plus ça Change? – 25 Years of Statistics in Archaeology*, „CAA97”, 1997, s. 25–34.
- Ozawa K., *Reconstruction of Japanese Ancient Tombs and Villages*, „CAA92”, 1992, s. 415–423.
- Ozawa K., Kato T. , Tsude H., *Detection of Beacon Networks Between Ancient Hill-Forts Using a Digital Terrain Model Based GIS*, „CAA94”, 1994, s. 157–161.
- Palumbo G., *JADIS (Jordan Antiquities Database and Information System): an Example of National Archaeological Inventory and GIS Applications*, „CAA92”, 1992, s. 183–188.
- Patel J., Stutt A., *Beyond Classification: the Use of Artificial Intelligence Techniques for the Interpretation of Archaeological Data*, „CAA89”, 1989, s. 339–347.
- Peduto A., *An Archaeological Geographical Information System in Arc/Info*, „CAA98”, 1998, s. 107–110.
- Perkins P., *A GIS investigation of site location and landscape relationships in the Albegna Valley, Tuscany*, „CAA96”, 1996, s. 133–140.
- Pétrie W., Flinders M., *Sequences in prehistoric remains*, 1899, s. 295–301.
- Pike H., *Cluster Analysis of Greek Pottery from Carthage*, „CAA80”, 1980, s. 17–27.
- Pryor R.A., *A General Scheme for Local Inventories*, „CAA73”, 1973, s. 7–16.
- Quesada, F., Baena J., Blasco C., *An Application of GIS to Intra-Site Spatial Analysis: the Iberian Iron Age Cemetery of El Cigarralejo (Murcia, Spain)*, „CAA94”, 1994, s. 137–146.

- Rains M. J., *Home Computers in Archaeology*, „CAA84”, 1984, s. 15–26; *Towards a Computerised Desktop: the Integrated Archaeological Database System*, „CAA94”, 1994, s. 207–210.
- Reilly P., Richards J., *New Perspectives on Sutton Hoo: the Potential of 3-D Graphics*, „CAA87”, 1987, s. 173–185.
- Reilly P., Shennan S., *Applying Solid Modelling and Animated Three-Dimensional Graphics*, „CAA89”, 1989, s. 157–165.
- Reilly P., Thompson N., *Experiments with User-Friendly Volume Visualisation and Iconographic Display Methods to Explore Core Data*, „CAA92”, 1992, s. 429–439.
- Rendon J., Spesch A., *Nueva clasificacion plastica de los glifos Mayas*, „Estudios de Cultura Maya 5”, Mexico City 1965, s. 189–280.
- Riley J.A., *Quantification of Roman Pottery of the Mediterranean*, „CAA76”, 1976, s. 53–57.
- Roberts D.A., *Documentation of Archaeology in Museums*, „CAA78”, 1978, s.21–28.
- Robinson W.S., *A Method for Chronology Ordering Archaeological Deposits*, „AA”, 16, 1951, s. 293–301.
- Romano D.G., Tolba O., *Remote sensing, GIS and Electronic Surveying: Reconstructing the City Plan and Landscape of Roman Corinth*, „CAA94”, 1994, s. 163–174.
- Ruggles C., *Software for the Leicester Interactive Videodisc Project*, „CAA86”, 1986, s. 523–542; *Data Structures for GIS Applications in Archaeology*, „CAA91”, 1991, s. 107–112.
- Ruggles C., Huggett J., Hayles S., Pringle H., Lauder I., *LIVE Update: Archaeological Courseware Using Interactive Video*, „CAA90”, 1990, s. 23–28.
- Ruggles C., Medyckyj-Scott D. J., Gruffydd A., *Multiple Viewshed Analysis Using GIS and Its Archaeological Application: a Case Study in Northern Mull*, „CAA92”, 1992, s. 125–132.
- Ryan N., *Browsing through the Stratigraphic Record*, „CAA88”, 1988, s. 327–334; *Beyond the Relational Database: Managing the Variety and Complexity of Archaeological Data*, „CAA91”, 1991, s. 1–6; *The Excavation Archive as Hyperdocument?*, „CAA94”, 1994, s. 211–220.
- Ryan N., Pascoe J., Morse D., *FieldNote: Extending a GIS into the Field*, „CAA98”, 1998, s. 127–131.
- Scott W.A., Hillson S. W., *An Application of the EM Algorithm to Archaeological Data Analysis*, „CAA88”, 1988, s. 43–51.
- Shackley M.L., MacGregor A.G., Duncan J.M., *Information Retrieval and Graphics at Danebury and York*, „CAA76”, 1976, s. 72–79.
- Shepard R. N., *The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function I*, “PM”, 27(2), 1962, s. 125–140.
- Smith I., *Sid and Dora’s Bath show pulls in the aowd*, „Computing”, 27 June, 1985, s. 7–8.
- Smith L.D., *Cluster Analysis of Twenty-nine Epipaleolithic Sites in Israel: a Study of Classification Strategies*, „CAA74”, 1974, s. 3–15.
- Smith, N., *An Experiment in Electronic Exchange and Publication of Archaeological Field Data*, „CAA91”, 1991, s. 49–57.
- Sneath P.H.A., *Classification and Identification with Incomplete Data*, „CAA82”, 1982, s. 182–187.

- Soltysiak A., Jaskulski P., *Czekanowski's Diagram: a Method of Multidimensional Clustering*, „CAA98”, 1998, s. 175–183.
- Spicer D., *Computer Graphics and the Perception of Archaeological Information: Lies, Damned Statistics ... and Graphics!*, „CAA87”, 1987, s. 187–200.
- Stead S.D., *The Integrated Archaeological Database*, „CAA87”, 1987, s. 279–284.
- Steward J., *Has 25 Years of Computing Provided Greater Physical and Intellectual Access to Archaeology?*, „CAA97”, s. 19–23.
- Stutt, A., *Second Generation Expert Systems, Explanations, Arguments and Archaeology*, „CAA88”, 1988, s. 353–367.
- Symonds L., *Virtual Constructs: Traveling the Tenth Century*, „CAA98”, 1998, s. 283–286; *Moving through a Vision: Thoughts on Contextual GIS*, „CAA99”, 1999, s. 11–30.
- Tirpáková A., Vlkolinská I., *The Application of Some Mathematical-Statistical Methods for the Analysis of Slavic Pottery*, „CAA91”, 1991, s. 183–186.
- Tomber R., *Multivariate Statistics and Assemblage Comparison*, „CAA87”, 1987, s. 29–38.
- Townsend M.E., *A Cluster Analysis of Weapon Heads*, „CAA77”, 1977, s. 99–104.
- Tschan A.P., *An Introduction to Object-Oriented GIS in Archaeology*, „CAA98”, 1998, s. 303–316.
- Tyers P., Orton C., *Statistical Analysis of Ceramic Assemblages – a Year's Progress*, „CAA90”, 1990, s. 117–120.
- Vaughan S., Guppy D., *From Sherds to Blocks: Statistics and the Archaeological Sample*, „CAA87”, 1987, s. 55–59.
- Vitali V., Lagrange M.S.M., *VANDAL: an Expert System for Provenance Determination of Archaeological Ceramics Based on INAA Data*, „CAA88”, 1988, s. 369–375.
- Vullo N., Fontana F., Guerreschi A., *The Application of GIS to Intra-Site Spatial Analysis: Preliminary Results from Alpe Veglia (VB) and Mondeval De Sera (BL), Two Mesolithic Sites in the Italian Alps*, „CAA98”, 1998, s. 111–115.
- Wheatley D., *SyGraf-Resource Based Teaching with Graphics*, „CAA90”, 1990, s. 9–13; *Between the Lines: the Role of GIS-Based Predictive Modelling in the Interpretation of Extensive Survey Data*, „CAA95”, 1995, s. 275–292.
- Wheeler, Sir Mortimer, *Archaeology from the Earth*, 1956.
- Wilcock J., *The Use of Remote Terminals for Archaeological Site Records*, „CAA73”, 1974, s. 25; *The PLUTARCH System*, „CAA74”, 1974, s. 64–68; *Archaeological context sorting by computer*, „CAA75”, 1975, s. 93–97; *The Automated Archaeologist. A Review of New Personal Computing and Office Automation Methods of Relevance to Site Recording, Retrieval, Analysis and Publication*, „CAA78”, 1978, s. 49–52; *STRATA – The microcomputer version*, „CAA81”, 1981, s. 112–114; *Some further developments of the STRATA System*, „CAA83”, 1983, s. 189–190; *A Review of Expert Systems: Their Shortcomings and Possible Applications in Archaeology*, „CAA85”, 1985, s. 139–144; *Getting the Best Fit? 25 Years of Statistical Techniques in Archaeology*, „CAA97”, 1997, s. 38–39.

- Wilcock J., Coombes T., *Some Further Developments in Hardware and Software for the Automatic Capture of Artefact Shapes by Television Camera*, „CAA85”, 1985, s. 145–151.
- Wise A. L., *Building theory into Gis-based landscape analysis*, „CAA96”, 1996, s. 141–147.
- Woodward J. R., *Reconstructing history with computer graphics*, „IEEE Computer Graphics and Applications”, 1991, s. 18–20.

### The history of digital methods in archeology (1951–1999)

The first digital applications in archeology emerged more than 50 years ago. The immense potential of digital methods and specialist applications in archeology was first recognized by Brainerd<sup>1</sup> and Robinson<sup>2</sup> in 1951, the French researcher Ihm<sup>3</sup> and Italian researchers Gardin and Garelli<sup>4</sup> in 1958–1959. In the United States, digital computation methods were first applied in archeological research by James Deetz in 1960<sup>5</sup>. Digital techniques were first used for statistical analyses, classification of moveable historic objects and heritage assets, analyses of settlement networks and geometric analyses of historic monuments associated with archeological documentation<sup>6</sup>. At the time, most archeologists regarded computers as enigmatic machines that were used only by scientists and mathematicians, and digital methods were treated with considerable suspicion or even hostility. In 1973, six articles discussing computer applications in archeology were published in Stafford<sup>7</sup>. Annual meetings dedicated to “Computer Applications in Archeology” have been held since 1974. The conferences were attended by small groups of pioneers and enthusiasts who were keen on popularizing digital methods and dedicated software applications in archeology. The conferences had several goals: to provide a communication platform for archeologists, mathematicians and computer experts, to promote interdisciplinary communication, to provide support for archeologists working in the field, and to develop digital methods.

**Keywords:** archeology, digital applications in archeology, digitalization, remote sensing, archeological excavations, GIS, registers of cultural heritage

<sup>1</sup> G.W. Brainerd, *The Place of Chronological Ordering in Archaeological Analysis*, „American Antiquity” (dalej: „AA”), 16, 1951, s. 301–303.

<sup>2</sup> W.S. Robinson, *A Method for Chronology Ordering Archaeological Deposits*, „AA”, 16, 1951, s. 293–301.

<sup>3</sup> P. Ihm, *Classification automatique des objets de l'âge du bronze*, “Comptes rendus du séminaire sur les modèles mathématiques dans les sciences sociales”, 1960–1(3), 1960, s. 28–33.

<sup>4</sup> J. C. Gardin, *Reconstructing an economic network in the ancient East with the aid of a computer*, „The use of Computers in Anthropology”, 1965, s. 377–391.

<sup>5</sup> J. Deetz, *The dynamics of stylistic change in Arikara ceramics*, 1965.

<sup>6</sup> G. L. Cowgill, *Computer applications in archaeology*, New York 1967, s. 331–337.

<sup>7</sup> J.D. Wilcock, (ed.), *Computer Applications in Archaeology 1*, „Science and Archaeology no. 9” (dalej: CAA73), 1974.