

## Jak było na początku As it was in the beginning

Krystyna Januszkiewicz  
WA Politechnika Poznańska

Słowa kluczowe: architektura, komputery, historia, projektowanie systemowe  
**Keywords:** architecture, computers, history of computing, system design

### Streszczenie

Przegląd historyczny wspólnych wysiłków cywilizacji i pokoleń w poszukiwaniu urządzeń ułatwiających obliczenia – od liczydła (abakus) do maszyny analitycznej Babbage'a (Babbage's analytical engine) i UNIVAC I von Neumana. O pierwszych zastosowaniach komputera w projektowaniu architektonicznym – projektowanie systemowe widziane jako "the process of inventing things which display new physical order, organization, form, in response to function" (Alexander 1964).

W Polsce Adam M. Szymski i Stefan Wrona (dziś profesorowie wyższych uczelni) są pionierami stosowania komputera w projektowaniu architektonicznym. Posługiwali się komputerem w końcu lat 60. ubiegłego wieku przyczyniając się do propagacji nowego narzędzia w dydaktyce i praktyce architektury. W latach 70. Szymski badał proces projektowania w aspekcie przyczynowo-skutkowym mając na uwadze wiedzę z zakresu psychologii i socjologii odnośnie działań twórczych i towarzyszącym im nawykom. Z inwencji Szymskiego powstał także pierwszy w Europie program do wykreślania widoków perspektywicznych WIDOK, który jak dotąd pozostaje jedynym tego typu programem, który można stosować z wykorzystaniem kalkulatorów programowych. Chociaż nastąpił rozwój technologii Szymski i Wrona wciąż przyczyniają się do roszczenia wiedzy i umiejętności w posługiwaniu się komputerem w projektowaniu architektonicznym, a ich wkład naukowy i dydaktyczny jest niewspółmierny.

### Abstract

Historical overview of the joint efforts of generations and civilizations in the search for devices to facilitate calculations - from the abacus to Babbage's analytical engine and UNIVAC I by von Neumann. The first computer applications in architectural design - system design seen as "the process of inventing things which display new physical order, organization, form, in response to function" (Alexander, 1964).

In Poland, Adam M. Szymski and Stefan Wrona (currently, university professors) are pioneers of using the computer in architectural design. They used the computer in the late 60's of the previous century, contributing to the propagation of a new tool in the teaching and practice of architecture. In the 70's, Szymski studied the design process in the cause-effect aspect, taking into account the knowledge of psychology and sociology regarding creative activities and accompanying habits. Szymski's invention resulted in the development of the Europe's first program to plot perspective views called WIDOK (THE VIEW), which still remains the only program of that type which can be applied using program calculators. Although there has been a development in technology, Wrona and Szymski are still contributing to the expanding of knowledge and skills in using computers in architectural design, and their scientific and didactic contribution is incommensurable.

Zanim powstały dzisiejsze komputery i ich oprogramowania, ludzkość przez wiele stuleci borykała się z problemem wykonywania prostych obliczeń arytmetycznych, nieustannie myśląc o ułatwieniach. Współczesny komputer to uwieńczenie wspólnych wysiłków cywilizacji i pokoleń, rozwijających w ciągu wieków wiele dziedzin nauki i techniki, kształtujących sposoby rachowania i konstrukcje urządzeń wspomagających złożone i masowe obliczenia. Rewolucja informatyczna sprawiła, że żyjemy dziś w epoce komputeryzacji, rzeczywistości wirtualnej, cyberprzestrzeni i teleobecności. Dziś komputer, z mnogością oprogramowań, staje się narzędziem pracy niezbędnym w każdej niemal profesji.

### Zaczął się od liczenia i tabliczki mnożenia

Aby ułatwić sobie życie, na przestrzeni dziejów podejmowano różnorakie próby automatyzowania liczenia. Już 4000 lat p.n.e. ludy sumeryjskie wykorzystywały do obliczeń arytmetycznych gliniane tabliczki z wyłobionymi rowkami, do których wkładano kamyki (pierwovzór liczydła). Sumerowie stosowali zarówno system dziesiętny, jak i sześćdziesiątkowy.

Chińczycy zaś w 2600 p.n.e. skonstruowali używany do dziś abakus (liczydło), czyli drewnianą tabliczkę podzieloną na kolumny, gdzie najniższy rząd pokazuje liczbę jednostek, kolejny dziesiątek, następny setek itd. Abakus szybko rozprzestrzenił się w kręgu świata starożytnego. Rzymianie wykonywali go z brązu. Liczydła różnego typu są wciąż używane do liczenia w niektórych krajach, a ich użytkownicy potrafią na nich zadziwiająco sprawnie i szybko liczyć.

Niezwykle pomocne w rachunkach okazało się wprowadzenie symbolu „0”. Pierwsze jego użycie „zera” zarejestrowano w Indiach w 876 n.e. Powstał system dziesiętny, który rozwinął matematyk żyjący w XI w. w Bagdadzie, Muhammad ibn Musa al-Chorezmi. W swoich dziełach matematycznych opisał reguły: dodawania, odejmowania, mnożenia i dzielenia liczb dziesiętnych. Jako pierwszy ułożył tablice funkcji sinus i tangens oraz wprowadził elementy algebry. I tak termin algebra pochodzi od tytułu jego dzieła *Kita-b al-jabr wa'l-muqa-bala* (Zasady redukcji i przenoszenia)<sup>1</sup>. Dzięki tym pracom matematyka z Bagdadu zaczęto w Europie stosować dziesiętny system liczenia i pozycyjny system zapisu liczb. Tak też cyfry arabskie wyparły cyfry rzymskie. Prace te pozwoliły też wprowadzić i wyjaśnić pojęcia: zera, ułamków oraz funkcje trygonometryczne sinus i tangens. Jednakże wykonywanie obliczeń „ręcznie” nadal było kłopotliwe i czasochłonne.

Nad zautomatyzowaniem liczenia pracował Leonardo da Vinci i w roku 1500 przedstawił pomysł, jak mógłby działać mechaniczny kalkulator wykonujący podstawowe operacje w systemie dziesiętnym. Jednak pomysł ten, podobnie jak inne wybiegające w przyszłość jego koncepcje inżynierskie, nie doczekał się realizacji. Dopiero gdy szkocki matematyk John Napier (1550–1617) odkrył w 1614 logarytmy, można było już skomplikowane mnożenie zastąpić prostym dodawaniem. Powstały wtedy tzw. tabliczki Napiera, które były łatwe w użytkowaniu. W oparciu o te dokonania William Oughtred (1574–1660) stworzył w 1622 suwak logarytmiczny, który jeszcze bardziej ułatwił wykonywanie obliczeń już na poziomie inżynierskim. Suwak logarytmiczny okazał się urządzeniem ponadczasowym, wyparły go dopiero kalkulatory i komputery w drugiej połowie XX w.

Przez niemal sto lat furorę także robiło niewielkie urządzenie mechaniczne, które umożliwiała tylko dodawanie i odejmowanie liczb. Było ono ulubionym sprzętem francuskich kupców i poborców podatkowych. Nazwano je pascaline, gdyż skonstruował je w 1642 francuz Blaise Pascal (1623-1662), znany matematyk, fizyk i filozof. W istocie pascaline było już mechanicznym symulatorem wspomagającym proces obliczeń. Każdy szanujący się architekt, zwłaszcza w XVIII i XIX w., też posiadał pascaline, ale w wersji luksusowej, czyli w postaci zgrabnego pudełka z mosiężną obudową, a nawet wykonywanej z bardziej szlachetnych kruszców i przechowywanej w eleganckiej czarnej kasetce. Posiadanie tego rodzaju męskiej biżuterii podnosiło prestiż w oczach klientów i świadczyło o wysokim profesjonalizmie jej właściciela – tak jak dziś demonstrowanie wyrafinowanego w kształcie kalkulatora czy laptopa.

Ekspansja kolonialna, rozwój rynków finansowych i akumulacja kapitałów w XVII w. skłaniały warstwy posiadające do inwestowania w nowe gałęzie wytwórczości. Potrzebne były zatem także urządzenia do szybkiego liczenia zysków i strat. Wtedy z tych czy innych, może bardziej osobistych powodów, udoskonaleniem maszyny Pascala zajął się Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716), niemiecki filozof i matematyk. Skonstruował on w 1671 maszynę arytmetyczną o niezwykłych jak dotąd możliwościach. Był to kalkulator mechaniczny, który mógł wykonywać oprócz operacji dodawania, odejmowania, mnożenia, dzielenia także pierwiastkowanie. Leibniz zastosował tu po raz pierwszy zamiast systemu dziesiętnego system binarny. W tym okresie było to zaawansowane mechanicznie urządzenie, w którym koła zębate i cylindry współpracowały ze sobą wprawiane w ruch za pomocą niewielkiej korby. Chociaż maszyna ta zdobyła sobie znaczny rozgłos, nie znalazła wytwórcy, aby wejść na rynek komercyjny. Niemniej zaprojektowane tam rozwiązania stosowano przez 300 lat w budowie maszyn liczących.

Widoczny postęp w automatyzowaniu liczenia przynosi wiek oświecenia wraz z rewolucją przemysłową zapoczątkowaną w drugiej połowie wieku XVIII w Anglii, najlepiej rozwiniętym i najbogatszym wówczas kraju świata. Tam właśnie w 1733 John Kay wynalazł maszynę tkacką, tzw. latające czółenka mechaniczne, a w 1763 James Watt zbudował od nowa silnik parowy nadając tłokom ruch obrotowy. Rozwijała się także metalurgia. Zainteresowanie wynalazczością ogarnęło ludzi ze wszystkich klas społecznych. Wynalazczość – cel zainteresowania przedstawicieli wielu narodów i różnych profesji – prowadziła do uprzemysłowienia niemal wszystkich dziedzin ludzkiej działalności. Jednak nie łatwo było wynaleźć urządzenie, które mogłoby samodzielnie dokonywać obliczeń. Ówczesna wiedza i technologia pozostawała bowiem na etapie układów mechanicznych mogących dokonywać

tylko prostych operacji arytmetycznych. Niemniej na tym polu poczynione zostały pewne postępy. W Niemczech Philipp M. Hahn (1739–1790), syn pastora z Esslingen w Badenii-Wirtembergii, nie dość że wymyślił i zbudował astronomiczny zegarek, to także udoskonalił pomysł Leibniza i w 1778 skonstruował ze stali i mosiądzu wielozadaniowy kalkulator mieszczący się w niewielkiej okrągłej puszcze.

Pomysł ten podchwycił Johann Helfrich von Müller (1746–1830), inżynier budowlany z Hesji i w 1783 przedstawił podobne urządzenie do obliczeń, z tą różnicą, że potrafiło wydawać dźwięki dzięki umieszczonym w nim miniaturowym dzwonom. W Polsce w owym czasie Abraham Stern (1769–1842) od 1810 skonstruował serię maszyn liczących, które wykonywały cztery podstawowe działania arytmetyczne i radziły sobie z pierwiastkami kwadratowymi. Jednak urządzenia te wciąż działały jak kalkulatory. Jednakże dzisiejsze, bardziej zaawansowane kalkulatory umożliwiają pisanie programów, wykonywanie operacji algebraicznych na funkcjach matematycznych oraz graficzną prezentację wykresów funkcji – a tym samym coraz bardziej upodobniają się do komputerów.

### **Komputer na korbę czy komputer z silnikiem parowym?**

W pierwszej połowie XIX w. na Wyspach Brytyjskich powstają pierwsze tzw. maszyny różnicowe, które można by już nazwać komputerem we współczesnym znaczeniu tego słowa. W owym czasie tablice matematyczne, takie jak tablice logarytmów i funkcji trygonometrycznych były tworzone przez zespoły matematyków, pracujących dzień i noc przy pomocy ówczesnych kalkulatorów. Jako że wykonywali oni obliczenia, nazywano ich computers (ang. to compute – liczyć, computer – ktoś liczący). Określenie to przetrwało do lat 40. XX w. i było używane do określenia rodzaju wykonywanej pracy (a nie jako nazwa odnosząca się do samych maszyn). Z upływem czasu termin ten został powiązany z maszynami, które mogły już samodzielnie wykonywać obliczenia.

Według Słownika Webstera komputer to dające się programować urządzenie elektroniczne, które potrafi gromadzić, wyszukiwać i przetwarzać dane. Podstawowy zamysł tego urządzenia sięga IX w., kiedy to wspomniany już matematyk z Bagdadu zaproponował rozwiązywanie problemów przez serie zapisanych procedur. Początki informatyki teoretycznej sięgają zatem powstania pierwszych algorytmów (czyli procedur przetwarzania informacji), zaś informatyki praktycznej powstania pierwszych urządzeń wspomagających obliczenia. Można tu przypomnieć, że pierwszy znany algorytm wymyślił grecki matematyk i filozof Euklides. Chodzi o algorytm znajdowania największego wspólnego dzielnika dwóch liczb naturalnych, znany nam doskonale z lekcji matematyki. Słowo algorytm zaś pochodzi od łacińskiego brzmienia nazwiska, wspomnianego już, arabskiego matematyka z IX w. Muhammada ibn Musa al-Chorezmi. Najpierw słowem algorism nazywano czynności konieczne do wykonywania obliczeń z użyciem dziesiętnego systemu liczbowego. Obecne słowo algorytm oznacza zestaw ścisłych reguł czy poleceń.

Przełom w poszukiwaniu urządzeń wspomagających obliczenia byłby wtedy, gdyby wynaleziono zbiory zasad pomocnych w obliczaniu parametrów potrzebnych w projektowaniu różnorodnych maszyn dla przemysłu. A także, co ważne, zbudowanie takiej maszyny, która mogłaby realizować proste algorytmy.

W 1805 powstało pierwsze urządzenie sterowane programem. Wymyślił je Joseph-Marie Jacquard (1752–1834) i skonstruował automatyczną maszynę tkacką sterowaną kartami perforowanymi, co pozwalało wykonywać tkaniny o wielobarwnym wzorze. Do dziś mówi się o pięknych tkaninach żakardowych, z których stroje podkreślały urodę dam ówczesnej socjety.

Jednak istotnego postępu dokonał Charles Babbage (1791–1871), który wykładał nauki ścisłe na uniwersytecie w Cambridge, a w wolnym czasie zajmował się astronomią, mechaniką, a także organizacją pracy w fabrykach. Babbage był przekonany, że zastosowanie nauk ścisłych do procesów pracy zwiększyłyby wydajność, obniżając koszty. Uważał, że każda praca przemysłowa powinna być analizowana pod względem wyodrębnienia potrzebnych w niej umiejętności. Można by wtedy wyszkolić robotnika w określonej czynności i powierzyć mu odpowiedzialność tylko za tę czynność, a nie za całość zadania. Zmniejszyłoby to koszty szkolenia, a powtarzanie czynności zwiększałoby wprawę i wydajność robotników. Owładnięty pasją gromadzenia i opracowywania liczb i faktów, poświęcił 35 lat życia na konstruowanie maszyn liczących. Jego pomysły zawarte w dwóch głównych projektach będą miały później wpływ na informatykę i rozwój maszyn cyfrowych.

Pierwsze z tych urządzeń zaprojektował Babbage w 1822. Miała to być maszyna różnicowa, która ułatwiałaby ciężką pracę *computers*, wyliczając automatycznie sporządzane przez nich tablice ma-

tematyczne. Był to wówczas rodzaj ulepszego „kalkulatora”, ale na korbę, w którym zasada działania oparta była o matematyczną metodę różnicową. Maszyna ta została tylko częściowo ukończona, gdyż Babbage wpadł na pomysł innej, bardziej zaawansowanej maszyny, którą nazwał maszyną analityczną.

W 1837 na podstawie doświadczeń z maszyną różnicową sformułował on ideę maszyny zdolnej do realizacji złożonych algorytmów matematycznych<sup>2</sup>. Miała to być konstrukcja mechaniczna, napędzana silnikiem parowym, takim jakie miały ówczesne parowozy pomysłu Stephensona z 1814. Parowa maszyna analityczna miała być programowana za pomocą kart perforowanych, wynalezionych przez Jacquarda. Czyli program oraz dane miały być wprowadzane za pośrednictwem kart perforowanych. Natomiast dane wyjściowe miały być drukowane na drukarce, rysowane przy pomocy urządzenia kreślarskiego (prekursora ploterów) lub zapisywane na kartach perforowanych. Innowacją było podzielenie pamięci na magazyn (ang. store) oraz jednostkę obliczeniową, czyli tzw. młyn (ang. mill) – niemal tak samo jak we współczesnych komputerach.

Prace Babbage’a wspierała matematyczka Ada Augusta King, księżna Lovelace, córka Lorda Byrona. Z potrzeby serca i umysłu przetłumaczyła dla niego prace włoskiego matematyka dotyczące algorytmu obliczania liczb Bernoulliego. Prace Lovelace dotyczyły także implementacji tego algorytmu i zawierały opis swoistego języka programowania. Obecnie Ada Lovelace uważana jest za pierwszego programistę – tworzyła bowiem programy dla maszyny parowej Babbage’a, która jednakże nie została zbudowana za życia konstruktora. Dopiero w 1910 syn wynalazcy, Henry Babbage, obwieścił światu skonstruowanie „młyna” wraz z drukarką. Jednak musiało minąć więcej niż 150 lat, aby te dwie maszyny skonstruowano. Dokonał tego zespół naukowców z Londyńskiego Muzeum Nauki i zbudował według oryginalnych rysunków jedną z pierwszych maszyn różnicowych Babbage’a, a także zredlizował jego projekt parowej maszyny analitycznej. Maszyny starano się zbudować ówczesnymi metodami, używając brązu i stali. Tylko dla maszyny różnicowej wykonano 4000 elementów. Waży ona 3 tony. Jej długość wynosi około 3,5 m (10 stóp), a wysokość ponad 1,8 m (6 stóp). Urządzenie to wykonało pierwszą serię obliczeń na początku lat 90. XX w. i dało wyniki z dokładnością do 31 cyfr, co daleko wykracza poza dokładność zwykłego, kieszonkowego kalkulatora. Przetestowano także programy napisane przez Lovelace i okazały się poprawne. Dziś maszynę różnicową na korbę i maszynę analityczną z silnikiem parowym można oglądać w Londyńskim Muzeum Nauki.

W tym samym czasie, gdy Babbage zmagał się ze swoimi maszynami, George Bool (1815–1864) wykazał, że symbole w równaniach algebraicznych mogą stanowić zestaw obiektów albo wypowiedzi logicznych. Tak powstał rachunek logiczny, który stał się później podstawą systemów komputerowych. Jednak musi upłynąć jeszcze ponad 100 lat, zanim sformułowany zostanie matematyczny model maszyny ogólnego przeznaczenia, która byłaby w stanie wykonywać zaprogramowaną operację matematyczną, czyli algorytm. Model taki stworzył Alan Turing (1912–1954), angielski matematyk i kryptolog. W 1936 opisał w *On Computable Numbers, czyli O liczbach obliczalnych* tok myślenia prowadzący od obliczeń wykonywanych ręcznie do obliczeń wykonywanych przez prostą abstrakcyjną maszynę<sup>3</sup>. Jednak maszyna ta mogłaby wykonać tylko jeden, określony algorytm. Mimo to tzw. maszyna Turinga jest dziś uniwersalnym modelem wszelkich obliczeń. Stanowi bowiem najprostszy, wyidealizowany matematyczny model komputera, złożonego z taśmy, na której zapisuje się dane, poruszającej się wzdłuż niej „głowicy”, wykonującej proste operacje na zapisanych na taśmie wartościach. Jeśli uda się zdefiniować rozwiązanie problemu przez maszynę Turinga, to rozwiąże go każdy komputer.

W odniesieniu do modelu Turinga zaprojektowana przez Babbage’a maszyna analityczna mieściła się w takiej definicji komputera, gdyż była zdolną do wykonywania dowolnych ciągów instrukcji oraz operowania na danych. Jednak czy komputer napędzany silnikiem parowym byłby zdolny do sprawnej i bezawaryjnej pracy?

W epoce zaawansowanej już elektryczności projekt Babbage’a i koncepcję Turinga skonkretyzował John von Neumann (1903–1957), węgierski matematyk, inżynier chemik oraz fizyk jądrowy. Na tej podstawie opracował on w 1945 conceptualną architekturę komputera, tak że dane przechowywane są wspólnie z instrukcjami, co sprawia, że są kodowane w ten sam sposób. Wprowadził on jednostkę arytmetyczno-logiczną odpowiedzialną za wykonywanie podstawowych operacji arytmetycznych, a także urządzenia wejścia/wyjścia służące do interakcji z operatorem<sup>4</sup>.

Powstały w latach 1945–1952 komputer EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer), zgodnie z koncepcją von Neumanna posiadał pamięć mogącą przechowywać zarówno dane, jak i pro-

gram obliczeń, a kluczowym elementem architektury komputera von Neumanna była centralna jednostka przetwarzająca CPU (Central Processing Unit). UNIVAC I (Universal Automatic Computer) powstały w latach 1948–1951 był pierwszym dostępnym w sprzedaży komputerem. Jednym z pierwszych osiągnięć UNIVAC-a było przewidzenie zwycięstwa Dwighta D. Eisenhowera w wyborach prezydenckich w 1952.

### **Pierwsze zastosowania komputera w architekturze projektowanie systemowe**

W połowie XX w. uwidoczniły się jasno skutki przemian społeczno-politycznych i gospodarczych, jakie pociągała za sobą rewolucja przemysłowa, a zwłaszcza jej ekspansja w końcu XIX w. Były to zarówno korzyści, jak i ograniczenia dla życia i pracy. Przeskok technologiczny i uprzemysłowienie łączyły się ze wzrostem złożoności zagadnień społecznych i gospodarczych. Dyscypliny takie jak architektura, planowanie przestrzenne, inżynieria stanęły wobec nowego rodzaju problemów, których rozwiązywanie wymagało nowego podejścia do projektowania i spójnej nowej metodologii.

Zorganizowana przez Johna Chrisa Jonesa w 1962 międzynarodowa konferencja pt. The Conference on Systematic and Intuitive Methods in Engineering, Industrial Design, Architecture and Communications dała początek projektowaniu systemowemu w architekturze<sup>5</sup>. Była to pierwsza próba ukonstytuowania myślenia systemem w projektowaniu architektonicznym. Projektowanie systemowe szybko zostało sprzęgnięte z technikami komputerowymi. Nie bez znaczenia był tu wpływ prac naukowych i badawczych Christophera Alexandra, który zajmując się architekturą, matematyką i informatyką w IMT i Uniwersytecie Harvarda, nadał kierunek nowemu myśleniu o projektowaniu, które de facto jest procesem, a jego procedury dotyczą przetwarzania informacji. Zdefiniował on projektowanie jako „proces wynajdywania rzeczy, które ukazują nowy porządek fizyczny, organizację i formę w odpowiedzi na funkcję”<sup>6</sup>. Proces ten odnoszony był tak samo do projektowania pojedynczych budowli, jak i miasta, osiedla czy wioski. Istotne w tym procesie było zdefiniowanie problemu i celu, a koniecznością dopasowanie do siebie formy i kontekstu ludzkich potrzeb i żądań. Najlepiej zostało to wyłożone w jego kanonicznej już książce Notes on the Synthesis of Form wydanej w 1964. W tym czasie była to jedna z ważniejszych pozycji dotyczących projektowania, a przedstawione przez Alexandra podejście znalazło zastosowanie także na innych polach. Książka ta wywarła też znaczący wpływ na czołowych twórców oprogramowań takich jak Larry Constantine, który rozwinął metody komputacyjne w projektowaniu inżynierskim i opracował logikę oprogramowań łatwo przyswajalną przez człowieka w relacji z maszyną, np. Modular Programming Concepts (1968).

W latach 60. XX w. zastosowanie komputera w architekturze stało się faktem. Na światowej wystawie EXPO'67 w Montrealu można było już podziwiać modułowy Habitat pomysłu Moshe Saffiego, który w swoim układzie przestrzennym został zaprojektowany przy pomocy komputera. Zestawione z sobą 354 jednostki mieszkaniowe uznano wtedy za prototyp domów masowej produkcji dla post-industrialnego społeczeństwa.

Prekursorem projektowania systemowego był Buckminster Fuller (1895–1983), amerykański architekt, wizjoner environmentalista, inżynier i wynalazca, filozof i poeta. Wprowadził on do architektury myślenie systemowe (holistyczne), tworząc podwaliny projektowania systemowego wspomaganego komputerem, którego gorącymi orędownikami w Polsce końca lat 60. XX w. stali się podówczas jeszcze studenci architektury (m.in.): Adam Szymiski (w Gdańsku) i Stefan Wrona (w Warszawie).

Lekki, sferyczny Pawilon USA pokryty przez 1900 akrylowych minikopuł, jakby jakaś nowa planeta, dominował nad wystawą światową EXPO'67. Jest najbardziej znanym dziełem Buckminstera Fullera. Jest to pierwsza w historii architektury budowla pokazana światu, w projektowaniu której zastosowana została topologia, bez której nie byłoby dziś możliwe w ogóle modelowanie w przestrzeniach cyfrowych. Na wystawie zwracał również uwagę Pawilon Niemiec, a zwłaszcza jego namiotowe przekrycie osłaniające około 8 000 m<sup>2</sup> powierzchni, na której znajdowały się modułowe platformy zaaranżowane na różnych poziomach tak, aby tworzyć namiastkę krajobrazu naturalnego. Przekrycie to stanowiło kulminację wieloletnich eksperymentów Freia Otto ze strukturami napinanymi. W swoich badaniach Frei posługiwał się modelami fizycznymi. Zgromadzone przez niego dane i procedury pozwoliły niebawem opracować analityczną metodę cyfrową form-finding dla membran. Metoda ta przy pomocy komputera pozwala określać kształty i zachowania membran architektonicznych. Tak też badania Freia Otto przyczyniły się do pokazania na EXPO'70 pionierskiej architektury neumatycznej. Było to zadanie Pawilonu USA po raz pierwszy zaprojektowane przez komputer. David Geiger Associates oraz Michael McCormick posłużyli się wtedy jako pierwsi wspomnianą metodą cyfrową.

Stworzona przez Freia Otto baza danych okazała się niezwykle użyteczna, zwłaszcza w projektowaniu przekryć nadmuchiwanym o niskich profilach niesferycznych. W latach 80. struktury takie najczęściej występowały jako przekrycia obiektów wieloprzestrzennych. Można tu wspomnieć: Metrodome w Minneapolis (1982), Vancouver Amphitheater (1983), Arena Big-Egg (1988) w Vancouver oraz Akita Sky Metrodome (1990) w Tokio, gdzie powierzchnia przekrycia przekracza często 40 000 m<sup>2</sup>. Widoczny wówczas niedostatek struktur pneumatycznych oznaczał poważne ich ograniczenia, zwłaszcza w zakresie przenoszenia obciążeń. Jednak w XXI w. dzięki możliwościom technologii cyfrowych ten stan rzeczy ulegnie zmianie.

Wraz z postępem techniki komputerowej powstają także inżynierskie analityczne metody obliczeniowe oparte o MES (Metoda Elementów Skończonych). Służą one do nieliniowych obliczeń obiektów o złożonej geometrii. Pierwszych takich cyfrowych narzędzi obliczeniowych dostarczył, opracowany w Holandii na początku lat 70. ubiegłego wieku, program COLOS, który przeznaczony był najpierw do liniowych analiz struktur ortogonalnych. W projektowaniu architektonicznym zaś rozwijane i propagowane jest projektowanie systemowe wspomagane komputerem.

W Polsce w latach 70. XX w. na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej oraz na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Szczecińskiej pracowały już samodzielne zespoły naukowe, które podejmowały próby badania i praktycznego wprowadzenia tzw. metodyki projektowania systemowego z wykorzystaniem komputera jako aktywnego narzędzia wspomaganie projektowania. W tamtym okresie Zakłady Elektroniczne ELWRO<sup>7</sup> istniejące we Wrocławiu od 1959 produkowały już na polski rynek urządzenia elektroniczne takie jak: kalkulator Elwro 105IN oraz komputery mainframe serii Odra i RIAD, które z powodzeniem wspierały nowe metody projektowania i warsztat architekta.

Pierwszy zespół naukowo-badawczy powstał już na początku lat 60. ubiegłego wieku w Warszawie. To był Zakład Metod Projektowania i Programowania Centrum Obliczeniowego PAN kierowany w latach 1966–1968 przez Czesława Bąbińskiego, byłego już Ministra Budownictwa i Przemysłu. Tam właśnie najzdolniejsi studenci Wydziału Architektury podejmowali prace dyplomowe, a potem poświęcali się rozwijaniu metod i tworzeniu nowych narzędzi cyfrowych przydatnych w projektowaniu architektonicznym. Pochłonięci pasją programowania i projektowania młodzi naukowcy, jak Stefan Wrona, publikowali liczne opracowania dydaktyczne dla wyższych uczelni oraz raporty z prowadzonych badań i biuletyny mające na celu zachęcanie biur projektowych do zmiany metod projektowania. Ogromny wkład w edukację i przełamywanie barier świadomości i przyzwyczajzeń wniósł w Warszawie wraz z innymi właśnie Stefan Wrona. Jako jeden z pierwszych w Polsce dydaktyków podjął on później zagadnienia technik 3D modelowania w projektowaniu koncepcyjnym lekkich struktur napiętych w zakresie przydatnym studentom architektury<sup>8</sup>.

Konsekwencją prób rozpowszechnienia metodyki projektowania systemowego i wspomaganie komputerowego w projektowaniu architektonicznym było (pierwsze w Polsce) wprowadzenie przez Adama Szymskiego od 1976 na kierunku studiów architektura i urbanistyka na ówczesnej Politechnice Szczecińskiej przedmiotu „projektowanie systemowe” zamiast realizowanego dotychczas programu nauczania podstaw posługiwania się komputerem w realizacji prostych obliczeń matematycznych i wykorzystania go jako „maszyny do pisania”. Zakładano także nauczanie języka programowania BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code). Był to język wysokiego poziomu opracowany w 1964 w Dartmouth College (USA). John G. Kemeny oraz Thomas E. Kurtz w oparciu o FORTRAN II i ALGOL-60 zaprojektowali język programowania, który miał służyć studentom college'u do nauki pisania programów pod kierunkiem jego twórców. Wówczas bowiem, aby użyć komputera, należało wcześniej napisać program dla podjętego zadania, a to było domeną informatyków i matematyków. BASIC ułatwiał to, gdyż składał się z kolejno wykonywanych instrukcji, zebranych w wiersze, oraz zapewniał dobrą komunikację z użytkownikiem poprzez jasne komunikaty błędów, język ten nie wymagał zatem od użytkownika komputera wysoce specjalistycznego przygotowania. Rozprzestrzenił się więc szybko w różnych dialektach i w latach 70. i 80. XX w. był standardowym wyposażeniem mikrokomputerów i maszyn typu mainframe, jak ODRA czy RIAD. Język programowania BASIC znalazł też zastosowanie w architekturze. Staraniem Szymskiego i innych BASIC został rozpropagowany na uczelniach technicznych w Polsce, a dla architektów stał się istotnym narzędziem wspomagającym projektowanie systemowe. Najbardziej znane były dialekty BASIC-a napisane dla popularnych wówczas komputerów ośmiobitowych jak Commodore, Amstrada CPC, ATARI oraz Sinclair ZX Spectrum. Jednym z tych dialektów był BASIC ZX-Spectrum skierowany specjalnie do architektów

zainteresowanych projektowaniem systemowym, oraz studentów architektury, dla których Adam Szymski i Janusz Leśniak opracowali specjalny podręcznik, który miał usprawnić programowanie<sup>9</sup>.

Metodyka projektowania systemowego najlepiej została wyłożona przez Stanisława Latoura i Adama Szymskiego w książce *Projektowanie systemowe w architekturze* wydanej przez PWN (1982). Pozostaje ona do chwili obecnej pionierskim w Polsce opracowaniem podstawowych zagadnień dotyczących teorii projektowania architektonicznego i urbanistycznego wspomaganego komputerem. Stanowi też pierwsze w języku polskim kompendium wiedzy odnośnie ówczesnych zasad i granic stosowania technik komputerowych jako narzędzia wspomagającego projektanta w projektowaniu architektury i urbanistyki. Szczegółowo odnosi się także do zakresu problemów dotyczących teorii architektury w konfrontacji z językiem cybernetyki i „inżynierii projektowania”. Jej uzupełnieniem jest wydany przez PWN w 1984 podręcznik akademicki autorstwa Szymskiego *Wprowadzenie do projektowania systemowego w architekturze i urbanistyce*. Przypomnieć wszakże należy, że pierwszą krajową monografią poświęconą tej nowej metodologii była publikacja również Szymskiego *Elementy projektowania systemowego – Elements of The Theory of System Design* wydana przez Politechnikę Szczecińską (1978). Autor rozpatruje tu głównie relacje systemowe człowiek–maszyna w procesie kreatywnym. Przywołuje wypowiedzi autorytetów w nauce, inżynierii i architekturze (Christopher Alexander, Leonard Bruce Archer, Louis Kahn, Petr Cook, Yona Friedman i innych), których poglądy i badania inspirowane były propagowanym wówczas myśleniem systemowym. Projektowanie systemowe było niezmiernie pomocne w rozwiązywaniu złożonych problemów funkcjonalnych i denotacji przestrzennej. Metodyka zaś wyznaczała podstawowe zasady projektowania w oparciu o definicję problemu, opisu celu i zadania projektowego w specyficznym obszarze twórczości architektonicznej.

Dla potrzeb „zautomatyzowania” podejmowanych w trakcie formowania koncepcji projektowych alternatywnych decyzji stosowano różne modele logiczne, opracowywano algorytmy oraz tworzone modele matematyczne, wykorzystując dostępne wówczas techniki komputerowego wspomaganie projektowania inżynierskiego z zastosowaniem symulacji, optymalizacji i wielowariantowości rozwiązań projektowych. Była to konsekwencja stosowania aparatu matematyczno-logicznego w zakresie możliwej wtedy przydatności (ale też i dostępności) komputera we wspomaganie projektowania.

Wykorzystywanie tych metod wymagało od architekta innego niż dotąd podejścia do procesu twórczego. Jest to istotna zmiana, gdyż w historii teoria i praktyka architektury koncentrowały się przede wszystkim na formie, a nie na funkcji i jej denotacji przestrzennej. Te nowe aspekty kreacji formy badał w Polsce Adam Szymski. Opierając się na wiedzy z zakresu nauk o człowieku, przeprowadził analizy porównawcze procesu twórczego i procesów projektowania systemowego. Wykazał on topologiczny charakter geometrii powiązań systemowych niemożliwy do obrazowania na ówczesnym poziomie rozwoju technologii cyfrowych<sup>10</sup>.

W latach 70. komputery wyręczały już sprawnie projektantów w sporządzaniu rysunków technicznych (względem osi x i y). Wykorzystując ówczesne możliwości technologii cyfrowej, powstawały programy graficzne dla projektowania systemowego symulujące rozwiązania układów przestrzennobryłowych. Przykładowo taki program został opracowany w latach 1970–1971 przez Henrego Hettchego i Jima Luthera, gdzie komputer dokonywał zapisu tzw. koncepcji wyjściowej, zapamiętując jej dane jako ograniczenia. Następnie w ramach tej koncepcji tworzył wariacje rozwiązań do momentu wyczerpania wszystkich możliwości. W Polsce za sprawą Szymskiego powstaje zaś pierwszy w Europie program na automatyczne kreślenie widoków perspektywicznych: WIDOK. Jego praktyczne wdrożenie nastąpiło w 1978 w BPBBO Miastoprojekt-Szczecin oraz CBBO-Bystyp w Warszawie<sup>11</sup>.

Koncepcja programu WIDOK oparta była na geometrycznej zasadzie rzutu środkowego, co pozwalało na uzyskanie rysunków perspektywicznych przez określenie położenia obserwatora względem danego obiektu przy dowolności jego ruchu. Uzyskiwany w efekcie ciąg rysunków przedstawiał rzeczywisty ogląd projektowanego obiektu widzianego przez obserwatora w obszarze tzw. „ostrego widzenia”. Program ten można było wykorzystywać zarówno na etapie projektu koncepcyjnego w celu sprawdzenia przyjmowanych rozwiązań, jak i na etapie końcowym. Program ten w swojej ostatecznej wersji eksploatacyjnej został opracowany w języku wewnętrznym Hawlett-Packard HP9820A i w tej wersji nagrany na taśmie magnetycznej. WIDOK był programem umożliwiającym graficzne przetwarzanie danych dla potrzeb projektowania architektonicznego i jak dotąd pozostaje jedynym tego typu programem, który można stosować z wykorzystaniem kalkulatorów programowych.

Gwałtowny rozwój technologii cyfrowych w latach 80. i 90. XX w. wraz z udoskonalaniem się grafiki komputerowej przyczynia się do rozszerzenia podejścia systemowego w projektowaniu architektonicz-

nym. Nowe cyfrowe narzędzia projektowania umożliwią nie tylko modelowanie obiektów na ekranie monitora, ale także dadzą architektom nowe narzędzia optymalizujące i testujące wpływ różnych czynników na projektowaną formę architektoniczną.

O tym co będzie dalej z komputerami i architekturą, Archivolta przedstawi w następnym numerze.

## Polscy pionierzy projektowania wspomaganego komputerem

**Stefan Wrona** – absolwent Wydziału Architektury Politechniki Warszawskiej – architekt, dziś profesor zwyczajny, nauczyciel akademicki. Już jako student w końcu lat 60. XX w. zaangażowany w prace naukowo-badawcze prowadzone przez pierwszy w Polsce Zakład Metod Projektowania i Programowania Centrum Obliczeniowego PAN w Warszawie. Autor i współautor licznych publikacji naukowych i popularyzujących stosowanie komputera w projektowaniu architektonicznym. Od lat reprezentuje Polskę na forum międzynarodowym, biorąc udział w licznych konferencjach poświęconych roli cyfrowych narzędzi CAD/CAM i informacji w projektowaniu architektonicznym. Pierwszy w Polsce podjął zagadnienia technik modelowania 3D w projektowaniu koncepcyjnym lekkich struktur napinanych w zakresie przydatnym studentom architektury. Aktualnie naucza technik komputerowych, kładąc nacisk na modelowanie cyfrowe i procesy informacyjne oraz ich rolę w powstawaniu nowych form w architekturze. Kieruje Pracownią Projektowania Architektonicznego Wspomaganego Komputerem na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej, którego jest dziekanem.

**Adam Maria Szymski** – absolwent Wydziału Architektury Politechniki Gdańskiej – architekt, dziś profesor zwyczajny, nauczyciel akademicki. Komputery w projektowaniu architektonicznym zaczął stosować jeszcze jako student w końcu lat 60. XX w. Już w 1970 z jego inicjatywy powstała w Szczecinie pierwsza placówka naukowo-badawcza, a w 1976 na kierunku studiów architektura i urbanistyka rozpoczęła się nauka projektowania systemowego wspomaganego komputerem. Przeprowadził pierwsze i jedyne w Polsce badania relacji człowiek–maszyna w procesie kreatywnym. Inspirator i współtwórca pierwszego w Europie programu do rysowania widoków perspektywicznych (1978). Autor i współautor książek, które dziś są jedynym kompendium wiedzy z zakresu projektowania systemowego i praktycznego stosowania komputera zanim rozwinęła się i rozpowszechniła grafika i modelowanie cyfrowe. Obecnie nadal zajmuje się teorią projektowania z wykorzystaniem technik CAD/CAM w architekturze i urbanistyce oraz w architekturze krajobrazu. Kierownik Katedry Architektury Współczesnej, Teorii i Metodologii Projektowania w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie.

## Przypisy

<sup>1</sup> Por. D.E. Knuth, *Sztuka programowania*. t. 1. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002, s. 7.

<sup>2</sup> Więcej o maszynach Babbage'a patrz: Doron Swade, *The Difference Engine: Charles Babbage and the Quest to Build the First Computer*, Penguin 2000.

<sup>3</sup> Por. A. Hodges, *Enigma: życie i śmierć Alana Turinga*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2002, s. 48.

<sup>4</sup> Koncepcja von Neumana została opisana w: *First Draft of a Report on the EDVAC* w 1945; patrz: oryginalny maszynopis udostępniony <http://www.virtualtravelog.net/wp/wp-content/media/2003-08-TheFirstDraft.pdf> (z dnia 7.07.2011).

<sup>5</sup> Por. J.Ch. Jones and Denis Thornley (red.), *The Conference on Design Methods: papers presented at the conference on systematic and intuitive methods in engineering, industrial design, architecture and communications*, September 1962, London, Pergamon Press 1962.

<sup>6</sup> Ch. Alexander, *Notes on the Synthesis of Form*, Harvard University Press 1964.

<sup>7</sup> W roku 1993 Zakłady ELWRO zostały sprywatyzowane i sprzedane niemieckiemu koncernowi Siemens, który uznał produkcję za nieopłacalną i zlikwidował fabrykę, wyburzając większość hal produkcyjnych.

<sup>8</sup> Patrz: S. Wrona, *3D Computer Modelling Techniques as a Tool for Students of Architecture in Conceptual Design of Lightweight Structures* w: *Proceedings of the International Conference on Lightweight Structures in Civil Engineering*, Warsaw 1995.

<sup>9</sup> J. Leśniak, A. Szymski, *Informatyka w projektowaniu architektonicznym – materiały pomocnicze do ćwiczeń z przedmiotu: Projektowanie systemowe*, cz. I: Podstawy programowania w Języku BASIC ZX-Spectrum, IAiPP Politechnika Szczecińska, Szczecin 1988.

<sup>10</sup> Patrz: A. Szymski, *Twórczość architektoniczna. Wstęp do teorii projektowania systemowego (elements of system designing theory)*, Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, nr. 101, Instytut Architektury i Planowania Przestrzennego, Szczecin 1997.



<sup>11</sup> Patrz: A. Szymski, A. Szmidt, J. Cyring, *Badania nad współzależnością funkcji i formy w architekturze*, Politechnika Szczecińska, Seria prac naukowych nr 99/1979.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Ch. Alexander, *Notes on the Synthesis of Form*, Harvard University Press 1964.
- [2] A. Hodges, *Enigma: życie i śmierć Alana Turinga*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2002, s. 48.
- [3] J. Ch. Jones, D. Thornley (red.), *The Conference on Design Methods: papers presented at the conference on systematic and intuitive methods in engineering, industrial design, architecture and communications*, September 1962, London, Pergamon Press 1962.
- [4] D. E. Knuth, *Sztuka programowania*. t. 1. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
- [5] J. Leśniak, A. Szymski, *Informatyka w projektowaniu architektonicznym – materiały pomocnicze do ćwiczeń z przedmiotu: Projektowanie systemowe*, cz. I: Podstawy programowania w Języku BASIC ZX-Spectrum, IAI PP Politechnika Szczecińska, Szczecin 1988.
- [6] J. von Neuman, *First Draft of a Report on the EDVAC w 1945*; <http://www.virtualtravelog.net/wp/wp-content/media/2003-08-TheFirstDraft.pdf> (z dnia 7.07.2011).
- [7] D. Swade, *The Difference Engine: Charles Babbage and the Quest to Build the First Computer*, Penguin 2000.
- [8] A. Szymski, *Twórczość architektoniczna. Wstęp do teorii projektowania systemowego (elements of system designing theory)*, Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, nr. 101, Instytut Architektury i Planowania Przestrzennego, Szczecin 1997.
- [9] A. Szymski, A. Szmidt, J. Cyring, *Badania nad współzależnością funkcji i formy w architekturze*, Politechnika Szczecińska, Seria prac naukowych nr 99/1979.
- [10] S. Wrona, *3D Computer Modelling Techniques as a Tool for Students of Architecture in Conceptual Design of Lightweight Structures* w: *Proceedings of the International Conference on Lightweight Structures in Civil Engineering*, Warsaw 1995.