

*JAKUB BUCZEK, TEODOR MICHALSKI, BEATA VOGT*

## **Rozwój programów komputerowych wspomagających naukę studentów architektury i pracę architekta**

W obecnych czasach nikt już chyba nie jest w stanie wyobrazić sobie pracowni architektonicznej bez komputera. Podobnie jak kiedyś deska kreślarska zajmowała główne miejsce w biurze, była narzędziem w znacznej mierze ułatwiającym pracę inżynierską, tak dzisiaj rolę tę przejęła maszyna. Nie tylko zresztą w sferze projektowej, ale również konstruktorskiej, kosztorysowej, czy coraz popularniejszych wizualizacjach. Nie dzieje się tak bez przyczyny, gdyż dzięki tym narzędziom projekty i realizacje stają się doskonalsze, dokładniejsze, bardziej przemyślane i lepiej skonstruowane. Pewny jest również ich dalszy rozwój i ich wkraczanie coraz bardziej w proces powstawania obiektów budowlanych - od etapu idei, poprzez analizę terenu, projekt koncepcyjny, budowlany i wykonawczy, obliczenia konstrukcji i kosztów budowy, a skończywszy na koordynacji logistycznej na placu budowy.

W naszym referacie pragniemy poruszyć takie zagadnienia, jak historia pierwszych przypadków używania narzędzi elektrycznych w projektowaniu, założenia teoretyczne programów, historia najpopularniejszych z nich, ich podział pod względem ich funkcjonalności, możliwości jakie one otworzyły przed wizjonerskimi umysłami architektów, jak i ich przyszłość i kierunki rozwoju.

### **1. Historia programów typu CAD/CAM**

Podobnie jak kalka po raz pierwszy użyta w XIX wieku była przełomem, który poza znacznym ułatwieniem pracy inżynierów pozwolił im dokładniej projektować, komputer nie od początku był używany przez wszystkich. Śledząc historię rozwoju komputerów, wiemy iż u zarania swych dziejów służyły one tylko wiodącym i bogatym instytutom naukowym. Ekspansja komputerów osobistych na początku jednak była skierowana nie do prywatnych właścicieli, a do biur i korporacji, gdzie miała ułatwiać głównie pracę z dużą ilością danych. Największą przeszkodą była oczywiście cena tych urządzeń i ich początkowa stosunkowo mała moc obliczeniowa, możliwości graficzne i skomplikowana obsługa wymagająca szkoleń.

Pierwsze tego typu programy powstały w latach 60. Opracowany przez Ivana Sutherlanda program SKETCHPAD uważany jest za pierwszą aplikację CAD. Pracowała ona na komputerze TX-2, który zajmował ok. 92m<sup>3</sup> powierzchni. Co wyróżniało go wśród innych systemów z tamtego okresu, że stał się przełomowym interfejsem użytkownika? - świecący długopis był używany do rysowania bezpośrednio na monitorze komputera i umożliwiał zastosowanie technik graficznych interfejsu użytkownika (takie jak linie pomocnicze i powiększanie), linie pomocnicze mogły być ustawione w ten sposób, by zawsze przecinały się pod konkretnym kątem, a nowoczesna architektura pamięci została opracowana w ten sposób, aby można było tworzyć obiekty modułowe (z możliwością zmiany niektórych parametrów dla każdego obiektu – takich jak usytuowanie, obrót itp.), które bardzo wydajnie wykorzystywały pamięć. Kolejne programy przynosiły

rozwój technologii, jednak nie były wykorzystywane często przez biura architektoniczne (tym bardziej przez studentów), a jedynie przez wielkie firmy projektujące samoloty bądź okręty. Dopiero w 1969 roku firma Computervision rozpoczęła sprzedaż pierwszej komercyjnej aplikacji CAD - Xerox.

Głównymi zaletami wczesnych programów było możliwość wielokrotnego użycia opracowanych projektów, jak również mniejsza ilość błędów.

Aby zrozumieć sposób działania tych programów trzeba poznać ich model teoretyczny. O ile w przypadku projektów sporządzanych odręcznie akceptowalny jest pewien margines błędu wynikający z niedoskonałości ludzkiego oka, czy wreszcie niedokładności stosowanych narzędzi, natomiast komputery operują na precyzyjnych danych. W tym przypadku problem stanowiło przetłumaczenie, czy dostosowanie teoretycznej przestrzeni i wszystkich odległości w niej występujących na jednoznaczny model cyfrowy. W tym celu posłużono się kartezjańskim układem współrzędnych - pozwalał on na utworzenie zależności pomiędzy wprowadzanymi danymi i identyczne, każdorazowe odtworzenie powstałego układu (niestety pierwsze wprowadzanie danych o obiekcie było bardzo pracochłonne).

W latach 70 XX wieku zaczęły powstawać pierwsze programy umożliwiające obróbkę danych w technologii trójwymiarowej. W 1972 firma MAGI (Mathematic Application Group, Inc.) opublikowała SyntaVision. Początkowo był to program nie do projektowania technicznego, ale do przeprowadzania obliczeń rozprzestrzeniania się promieniowania nuklearnego. Jednak potrafił stworzyć bryły geometryczne, które opierały się na tych samych założeniach, które później wykorzystano do stworzenia programów CAD/CAM. Spowodowało to wysyp programów typu CAD, jak Auto-Draft, Calma, CADDs, CADAM (przeżywał do dziś, choć raczej tylko z nazwy), IGDS (Interactive Graphics Design Software) and Unigraphics i inne.

Lata 80 XX wieku przyniosły opracowany przez firmę DEC komputer MicroVAX, który stał się pierwszym domowym komputerem (nie wymagającym specjalnego chłodzenia, ani dodatkowego zasilania) umożliwiającym obsługę programów CAD. Dzięki niemu nastąpił „wysyp” oprogramowania obsługiwane go przez ten mikroprocesor. Wtedy pojawiła się pierwsza wersja CATIA firmy IBM jako nakładka na CADAM i rozpoczęła się migracja oprogramowania do firm architektonicznych. Stosunkowo niskie ceny sprzętu umożliwiły niektórym biurom ich zakup, zaś firmy producenckie zaczęły zauważać potencjał finansowy w rozwoju tego typu programów.

Jednocześnie dużym krokiem naprzód było wprowadzenie systemów Unixowych. Ich niezawodność, niskie koszty utrzymania i otwarta struktura czyniła z nich idealny komputer do celów naukowych, inżynierskich i CAD. Apollo Computers zapoczątkował ten trend w 1980 roku, później dołączył Sun i inni. Mogli się oni skupić na rozwoju urządzeń, podczas gdy inni giganci musieli przede wszystkim dbać o kompatybilność systemów operacyjnych z nowym, ale i starym sprzętem. Dopiero w latach 90 XX wieku nastąpił odwrót tego trendu, głównie za sprawą nagłego rozwoju sprzętu dla PC, spowodowane otwarciem jego specyfikacji. Jednak to w latach osiemdziesiątych miały premiery pierwsze wersje programów, które dzisiaj są najczęściej sprzedawanymi i najpopularniejszymi – AutoCAD pojawił się w roku 1982, Bentley Microstation dwa lata później, zaś w kolejnym roku MicroCAD na komputery firmy Apple. Lata 90 XX wieku i początkowa dekada XXI wieku przyniosła pewnego rodzaju stabilizację na rynku. Olbrzymia popularność oprogramowania w biurach architektonicznych sprawiła, że stały się

one niejako standardem i obecnie wymaga się od projektantów przedstawienia rysunków w formie elektronicznej. Ta tendencja pociągnęła za sobą konieczność wprowadzenia na uczelniach przedmiotów obsługi najbardziej popularnych na rynku programów CAD (tyczy się to nie tylko studentów architektury, ale również innych wydziałów studiów technicznych), a w zasadzie każdy student studiów technicznych posiada swój własny komputer.

Obecnie dominującymi firmami w branży są Autodesk, producent AutoCADa wraz z jego pochodnymi przeznaczonymi dla różnych branżystów, Bentley – twórca Microstation, często wykorzystywanego w USA, głównie przez projektantów dróg, ale również i w branży budowlanej, Dassault Systemes, który obecnie projektuje różne wersje programu CATIA, wykorzystywanego głównie przez przemysł samolotowy i stoczniowy, ale posiadający również tryb pracy dla architektów, często można też spotkać IntelliCAD tworzony przez firmy zrzeszone w IntelliCAD Technology Consortium, który jest dość ekonomicznym rozwiązaniem, posiada też wiele dodatków tworzonych przez różne firmy.

## **2. Oprogramowanie typu BIM.**

Oprogramowanie typu CAD/CAM zaczęto wykorzystywać w biurach architektonicznych w latach osiemdziesiątych. Jednakże programy te nie były stworzone z myślą o pracy architekta, dlatego też wymagały pewnych przekształceń, jak i dodatkowych rozwiązań, jak programy do kosztorysowania, wizualizacji itd. Jednak już w początkowym okresie wykorzystywania komputera w pracowniach zaczęto opracowywać programy kompleksowe, dostosowane specjalnie do pracy inżynierskiej i projektowej.

W 1982 roku firma Graphisoft opracowała pierwszą wersję ArchiCADa przeznaczoną wówczas tylko na komputery Apple Macintosh. Dopiero od 1993 roku (wersja 4.16) może on również działać na komputerach typu PC pod systemem Windows firmy Microsoft. Program ten od początku tworzony był pod kątem pracy w trzech wymiarach, przez co częściowo porzucona została idea tworzenia dwuwymiarowych rysunków na rzecz bryły.

Konkurencją w tej dziedzinie jest: Revit (w 1997 roku powstał jako produkt Revit Corporation, a od 2002 roku jest produkowany przez Autodesk). Program bazuje na tych samych założeniach, co ArchiCAD, jednak posiada wiele cech szczególnych. Przede wszystkim jest programem bardziej spójnym, ilość wtyczek i dodatków jest mniejsza. Z jednej strony utrudnia to modelowanie bardziej zaawansowanych obiektów, z drugiej ułatwia odczytywanie plików powstałych we wcześniejszych wersjach. Dodatkowo istnieją trzy wersje programu - przeznaczone dla architektów, konstruktorów (od 2005r.) i instalatorów (od 2006r.) Interfejs jest podobny, poszczególne wersje różnią się narzędziami i funkcjami właściwymi dla danej branży. Posiadają również ten sam format zapisu plików, dzięki czemu koordynacja pomiędzy nimi jest bezproblemowa.

## **3. Programy wykorzystywane do tworzenia wizualizacji.**

Oryginalnie nie były to programy przeznaczone z myślą o wykorzystywaniu ich przez architektów, jednak ze względu na ich popularność w biurach, jak i zapotrzebowanie na dokładne i szybko wykonywane wizualizacje, zdecydowano się na ich produkcję. Najczęściej są to inne wersje produktów przeznaczonych dla profesjonalnych grafików, posiadające identyczny interfejs. Zmiany

w porównaniu do tych wersji, to ograniczenie narzędzi służących do animacji, mniejsza kontrola nad symulacją praw fizyki, zaś najczęściej dodawane są pokazanych rozmiarów biblioteki materiałów budowlanych, systemy analizy nasłonecznienia, wprowadzane są także ułatwienia w mapowaniu obiektów.

#### **4. Projektowanie komutacyjne**

Projektowanie komputacyjne to prawdopodobnie kolejny, po BIM-ach, krok wchodzenia oprogramowania w dziedzinę projektowania architektonicznego. Podobnie jak pierwsze programy CAD, komputacyjne metody projektowania zostały wprowadzone najpierw w obszarach wymagających najbardziej dokładnego opracowywania detali jak choćby w inżynierii lotniczej, gdzie jego zalety – możliwość optymalizacji zarówno konstrukcji jak i procesu projektowego – były najbardziej pożądane. Mówiąc o "projektowaniu komputacyjnym" mamy na myśli nie tyle konkretne programy, ile szerokie spektrum metod projektowych, w których oprogramowanie stanowi istotny, a często niezbędny element procesu tworzenia końcowej formy, a nie tylko sprawnego przedstawiania jej w postaci rysunków, wizualizacji czy dokumentacji. Wśród tych metod rozróżnia się dwie podstawowe grupy: projektowanie parametryczne i projektowanie generatywne. Jednakże z uwagi na fakt, iż dziedzina jest wciąż jeszcze młoda i znajduje się na etapie bujnego rozwoju, należy pamiętać, że terminologia pozostaje tutaj dość płynna, a wspomniany podział nie jest całkowicie ścisły, często też oba te podejścia używane są jednocześnie.

##### **Projektowanie parametryczne**

Podstawowa idea projektowania parametrycznego jest prosta: do opisu geometrii projektowanych obiektów, zamiast sztywno ustalonych wymiarów używane są parametry – zmienne zależne w zdefiniowany sposób bądź to od innych parametrów, bądź od pewnych określonych stałych, bądź od wartości zadawanych przez projektanta. Dzięki temu możliwe jest tworzenie tzw. rodzin – zbiorów podobnych do siebie elementów, różniących się możliwymi wartościami parametrów przy zachowaniu pewnych stałych cech. Ponadto, przy parametrycznym opisywaniu złożonych problemów projektowych, tworzona jest wysoce rozwinięta hierarchia współzależnych zmiennych, dynamicznie reagujących na zmiany danych wejściowych. Końcowa forma powstaje jako wynik pojedynczego przebiegu informacji przez tak stworzony program.

Niektórzy twierdzą, że projektowanie parametryczne idealnie realizuje modernistyczny postulat *form follows function*, wydaje się jednak, że częściej wykorzystywane jest w celu dokładnie przeciwnym – do realizacji skomplikowanych formalnie projektów (Foster+Partners, Zahy Hadid, Franka Ghery'ego czy Future Systems). Tak czy inaczej, do pełnego wykorzystania możliwości jakie dają metody parametryczne, potrzebny jest wykwalifikowany zespół, w całości podporządkowany odmiennemu od tradycyjnego podejściu do projektowania.

##### **Projektowanie generatywne**

Druga wspomniana grupa metod komputacyjnych to tzw. projektowanie generatywne, w którym do tworzenia i optymalizacji pożądanej struktury wykorzystywane są rozmaite algorytmy, przeważnie naśladujące naturalne procesy. Mogą to być algorytmy genetyczne, sieci neuronowe, systemy samo – organizujące się, automaty komórkowe etc. Wszystkie je łączy to, że podczas wielokrotnej iteracji programu (co jest zasadniczą różnicą między projektowaniem parametrycznym i generatywnym) z prostych, zazwyczaj powtarzalnych elementów,

w wyniku określonych przekształceń powstają skomplikowane, uorganizowane formy. Działanie programu zapewnia stopniowe dopasowanie się całości struktury – zwanej emergentną, która posiada właściwości znacząco inne niż składające się na nią części – do zadanych warunków. Co więcej, powstająca w ten sposób forma jest trudna do przewidzenia i często posiada intrygujące walory estetyczne.

### **5. Wpływ komputerów na projektowanie architektoniczne.**

Należy zwrócić uwagę, że początkowo komputery były bardzo drogimi narzędziami wykorzystywanymi głównie, jeżeli nie wyłącznie przez laboratoria naukowe do skomplikowanych obliczeń. Nikt wówczas nie przypuszczał, że zdobędą one taką popularność, jaką cieszą się obecnie. Dopiero w latach 80. XX wieku zaczęto popularyzować tzw. komputery osobiste – mniej wydajne, lecz mniejsze i tańsze odpowiedniki potężnych maszyn obliczeniowych.

Trudno określić pierwszy obiekt stworzony przy pomocy komputera, gdyż nie tylko architekci zaczęli wykorzystywać go do swojej pracy, ale także konstruktorzy, czy instalatorzy. W roku 1982 RIBA (Royal Institute of British Architects) zorganizowała konferencję zatytułowaną *Buildings designed with computers* (*Budynki zaprojektowane z pomocą komputera.*) Większość uczestników konferencji przyznawało otwarcie, że wciąż dopiero uczy się nowych narzędzi im dostępnych, aczkolwiek niektórzy twierdzili, że systemy te stworzyły nowe możliwości projektowe.

Narzędzia w postaci krzywych Beziera i powierzchni NURBS (Non-uniform rational basis spline) otworzyły przed architektami możliwość precyzyjnego projektowania elementów budynków w geometrii nieeuklidesowej. To, co ze swojej istoty nie może zostać przedstawione na dwuwymiarowym rysunku, stało się dostępne dzięki modelowaniu 3d. Dziś praktycznie wszystkie programy oferowane architektom zawierają takie narzędzia. Dzisiejsza powszechna obecność obłych form w architekturze jest prawdopodobnie najłatwiej obserwowanym rezultatem wpływu oprogramowania na projektowanie.

### **6. Przyszłość**

Już od paru lat w programach architektonicznych zauważane są pewne trendy. Przede wszystkim chodzi o rozszerzenie projektowania 3d na 4d (z uwzględnieniem czasu), a nawet i 5d (kosztów). Skoro możliwe jest dokładne i precyzyjne projektowanie, obliczenie pojemności i dokładnej ilości zastosowanych materiałów, dlaczego by nie umożliwić modelowania i, co za tym idzie, określania poszczególnych etapów wznoszenia obiektu, albo i nawet jego późniejszej rozbiórki. Umożliwiłoby to lepszą koordynację prac budowlanych i zminimalizowało prawdopodobieństwo popełnienia błędów. W aplikacjach BIM najnowszej generacji już daje się zaobserwować trend umożliwienia określania ceny każdego elementu i tworzenia późniejszych kosztorysów, choć funkcje te nie mogą się równać z tymi dostępnymi w programach przeznaczonych specjalnie do kosztorysowania.

Postępująca standaryzacja używanych formatów plików, a także coraz ściślejsze powiązanie oprogramowania projektowego z cyfrowo sterowaną fabrykacją elementów otwiera możliwość tzw. masowej indywidualizacji – prefabrykacji unikalnych elementów specjalnie na potrzeby konkretnego projektu. Metoda ta, wykorzystywana już dziś przy budowie skomplikowanych konstrukcji inżyn-

nierskich, staje się coraz szerzej dostępna, nie tylko w architekturze, lecz także w produkcji mebli i przedmiotów użytkowych.

Warto zwrócić uwagę na ewolucję jaką programy dla architektów przeszły przez ostatnie pół wieku. Początkowo używane głównie do ułatwiania kreślenia, z czasem wkraczały coraz głębiej w proces projektowania. Teraz, wraz z technologią cyfrowej fabrykacji, są o krok od całkowitego wyeliminowania dwuwymiarowego rysunku technicznego jako środka przekazywania informacji. Choć robią w istocie tylko to, co potrafi człowiek – J. Frazer porównywał je do armii bezmyślnych urzędników – robią to o wiele szybciej i sprawniej, eliminując możliwość prostych błędów. Dzięki temu stanowią potężną siłę, która kiedy jest dobrze zarządzana – co jest właśnie zadaniem oprogramowania – otwiera horyzonty niedostępne dla "analogowego" architekta.

Można zadać sobie pytanie, czy rozwój oprogramowania, szczególnie tego, które służy do generowania ostatecznej formy projektu, nie marginalizuje roli projektanta. Wydaje się jedna, że dotychczas pozycja architekta pozostaje niezachwiana – wciąż jest on inicjatorem całego procesu i musi posiadać kontrolę nad jego rezultatem, aby to było możliwe proces edukacyjny studentów musi ciągle ewaluować i nadążać za zmianami jakie występują w oprogramowaniu. Komputery, choć ich możliwości generowania rozwiązań są imponujące, pozostają pozbawione ludzkiej wyobraźni. Jeszcze.

#### Literatura:

- [1.] P. Jaworski, M. Piasecki *Projektowanie komutacyjne w architekturze*, opublikowany na <http://www.projektowanieparametryczne.pl>
- [2.] J. Frazer 1995, *An Evolutionary Architecture*, Londyn
- [3.] H. Penttila 2006, *Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression*, <http://itcon.org/2006/29/>,
- [4.] A. Moum 2006, *A framework for exploring the ICT impact on the architectural design process*, <http://itcon.org/2006/30/>,
- [5.] R. Howard 2006, *CAD, Curved surfaces and building quality*, <http://itcon.org/2006/31/>,
- [6.] <http://www.cadazz.com/cad-software-history.htm>
- [7.] <http://mbinfo.mbdesign.net/CAD-History.htm>
- [8.] Ponadto wykorzystano materiały promocyjne producentów oprogramowania: Abvent, Autodesk, Nemetschek, Graphisoft, cadline, Maxon.