

# Komputery — jakie są?

**Co potrafi komputer?** Początkowo używano komputerów przede wszystkim do obliczeń numerycznych, czyli po prostu do liczenia. W taki sposób wykorzystuje się je w wielu dziedzinach nauki, jest to jednak tylko pierwszy etap zastosowania komputerów. Nieporozumieniem byłoby twierdzenie, że komputery służą jedynie do obliczeń numerycznych. Podobnie jak nieporozumieniem byłoby utożsamianie komputerów z urządzeniami elektronicznymi, pierwsze bowiem konstrukcje komputerów usiłowano oprzeć na elementach mechanicznych, obecnie zaś nadchodzi czas komputerów optycznych i biologicznych. Drugim etapem zastosowania komputerów jest przetwarzanie informacji. Najczęściej komputer wykorzystywany jest w tym właśnie celu: jako maszyna do składania tekstu do druku czy też przechowywania informacji w bazie danych. Trzecim etapem używania komputerów jest przetwarzanie wiedzy. Zaczyna się wtedy, gdy oprócz informacji chcemy przechowywać wiedzę, a więc sens i powiązania, lub żądamy, by program sam wydobyl informacje, kojarząc ze sobą fakty zapisane w bazie danych. W latach 90. powinno to być najczęstszym zastosowaniem komputerów 5 generacji, nad którą pracują Japończycy w ramach międzynarodowego programu realizowanego od 1982 r. Czwarty etap to stworzenie sztucznej inteligencji, a więc tworzenie nowej wiedzy na podstawie wiedzy zgromadzonej w bazach wiedzy. Oprogramowanie w tej dziedzinie już stopniowo powstaje.

**Do czego komputer się przydaje?** Pojawienie się komputerów stworzyło nową jakość nie pasującą do starego podziału nauk na doświadczalne i teoretyczne. Programy komputerowe pozwalają na zbadanie konsekwencji zakładanych praw, na symulację rozwoju skomplikowanych systemów i określenie ich własności. Pozwalają też na robienie doświadczeń w sytuacjach skomplikowanych, tak by była możliwa uproszczona analiza teoretyczna. Doświadczenia komputerowe nie są przy tym ograniczone przez prawa natury istniejącego świata, lecz

tylko przez fantazję programisty. Obliczenia komputerowe, pozwalające znaleźć odpowiedź na pytanie: „co by było gdyby...” przekraczają też granice nauk teoretycznych. Komputer jest cudownym narzędziem pozwalającym śledzić oddziaływanie cząstek elementarnych, procesy wewnątrz jąder atomów, przebiegi reakcji chemicznych, penetrować problemy biologii molekularnej, modelować procesy w komórkach, procesy ekonomiczne, socjologiczne, ekosystemy czy zjawiska astrofizyczne włącznie z Wielkim Początkiem. Obliczenia na superkomputerach określa się mianem „trzeciej rewolucji technicznej”. Na pewno jest to trzeci sposób poznawania świata, obok opisu teoretycznego i badań doświadczalnych.

**Główne parametry określające możliwości komputerów:** szybkość wykonywania obliczeń i wielkość pamięci. Szybkość mierzy się podając, ile Mipsów, czyli milionów instrukcji, wykonuje komputer w ciągu sekundy, a w zastosowaniach numerycznych, ile Mflopów, czyli milionów operacji matematycznych (np. mnożeń), wykonuje w ciągu sekundy na liczbach 15-cyfrowych. Wielkość pamięci operacyjnej określa się podając, ile znaków, czyli bajtów, przechować może w komórkach pamięci bezpośredniego dostępu; dla mniejszych komputerów podaje się to w tysiącach bajtów, czyli kilobajtach (kB) dla większych w milionach bajtów, czyli megabajtach (MB), a nawet w miliardach bajtów (gigabajtach, GB). Oto przegląd możliwości zastosowania metod komputerowych w nauce.

**Matematyka:** Najstłyniejszym z podstawowych problemów matematycznych znanych laikom, który udało się rozwiązać dzięki komputerom, jest zagadnienie czterech barw (dotyczy kolorowania map w taki sposób, by każde dwa sąsiadujące kraje były pokolorowane innymi barwami; empirycznie stwierdzono, że wystarczą do tego 4 barwy). Przeprowadzenie dowodu wymagało w tym przypadku ponad 1000 godzin obliczeń komputerów dużej mocy. Automatyczne dowodzenie twierdzeń przez programy

komputerowe wchodzi w zakres badań nad sztuczną inteligencją. Komputery przyczyniły się do rozwoju klasycznych gałęzi matematyki, a także pozwoliły na stworzenie całkiem nowych dziedzin, takich jak teoria automatów komórkowych, fraktali czy metod opartych na generacji liczb losowych (metoda typu Monte Carlo, których twórcami byli Stanisław Ulam i John von Neumann).

**Fizyka:** Nie może się obejść bez komputerów fizyka cząstek elementarnych; do obliczania masy protonu (jest to ważny test poprawności teorii) trzeba było zbudować specjalny komputer nazwany GF11, gdyż ma działać z szybkością 11 Gflopów! Powinien on liczyć przez 4 miesiące bez przerwy, wykonując  $10^{17}$  operacji, tj. tyle ile sekund upłynęło od początku Wszechświata! Zagadnienia praktyczne obejmują np. modelowanie atmosfery czy zbiorników ropy naftowej, burzy czy trąby powietrznej, wybuchów wulkanów, modelowanie własności materiałów, wzrostu kryształów, itd. Astrofizyka jest jedną z gałęzi fizyki komputerowej.

**Chemia:** Opis cząsteczek, ich reakcji, sposobów syntezy, wszystko to wymaga ogromnych mocy obliczeniowych, nie tylko do obliczeń numerycznych, ale też i grafiki. „Molekularna grafika” pozwala oglądać modele cząsteczek, obracać nimi i dopasowywać do innych cząsteczek.

**Inżynieria:** Komputerowe wspomaganie projektowania stało się chlebem powszednim inżyniera, a efekty są widoczne na ulicach w kształtach nowych modeli samochodów. Symulacje aerodynamiczne są tańsze niż robienie modeli samolotów czy samochodów i sprawdzanie ich własności w tunelach aerodynamicznych. Modele komputerowe pozwalają również na badanie wytrzymałości budynków czy mostów.

**Ekonomia:** Za modelowanie matematyczne zagadnień ekonomicznych przyznano już kilka Nagród Nobla. Niektóre modele ekonomiczne pozwalają na dość dokładne przewidywanie sytuacji ekonomicznej w wybranych dziedzinach na rok z góry. Obecnie rozwiązuje się ponad 10 tys. sprzężonych równań różniczkowych, a potrzeba modeli opartych o ponad 100 tys. równań.

**Medycyna:** Komputer pozwala tworzyć i analizować obrazy otrzymane za pomocą nowoczesnych technik diagnostycznych, takich jak tomografia, PET (tomografia wyko-

rzystująca emisję pozytonów) czy NMR (jądrowy rezonans magnetyczny).

**Zagadnienia sztucznej inteligencji** są bardzo różnorodne, obejmują np. analizę pisma ręcznego, rozpoznawanie i analizę obrazu, sterowanie robotami, analizę mowy, inteligentne banki danych. Problemy te wymagają mocy obliczeniowych porównywalnych z możliwościami mózgu, a więc przekraczających o wiele rzędów możliwości istniejących komputerów. Na szczęście wiele zagadnień wymaga nie tyle mocy obliczeniowej, co inteligentnego oprogramowania. Wiele już zrobiono: w sprzedaży są programy rozpoznające dźwięki mowy i zapisujące je w pamięci komputera, odróżniające ok. 20 tys. słów angielskich. Programy dla 70 tys. słów działają na minikomputerach, analiza jest jednak kilka razy wolniejsza od wypowiedzianego tekstu, trzeba więc stosować dodatkowe wyposażenie. W sieciach komputerowych dostępne są słowniki języków zachodnioeuropejskich pozwalające, przy współudziale człowieka — dopasowanie różnych znaczeń słów do kontekstu, na bezpośrednie tłumaczenie tekstu.

**Nauki humanistyczne:** Programy do adiacji, sprawdzania pisowni czy analizy stylu nie wymagają wielkich komputerów. Analiza dzieł literackich, dokumentów historycznych czy dzienników ustaw wymaga natomiast dostępu do dużych baz danych rzędu tysięcy Mbajtów. Technologia do tego dojrzała — łatwo jest wpisać teksty do pamięci używając skanera.

**Grafika komputerowa:** Filmy wykorzystujące tworzoną przez komputery grafikę coraz częściej pojawiają się na ekranach. Wytwórnice Disneya i Luksa zakupiły w tym celu superkomputery Cray XMP i pracują nad odpowiednim oprogramowaniem. Na razie taniej jest jeszcze zatrudnić rysowników niż programistów, ale to tylko kwestia czasu. Tworzenie animowanej grafiki wysokiej jakości, z uwzględnieniem cieni, oświetlenia, odbić od powierzchni, wymaga mocy obliczeniowej superkomputerów.

**Sprzęt — stan obecny i perspektywy:** Wyróżnia się 6 generacji komputerów. Pierwsza — na lampach, druga — na tranzystorach, trzecia — na obwodach scalonych, czwarta — na obwodach wysokiego stopnia scalenia, piąta odnosi się do inteligentnego oprogramowania, a nie do konstrukcji komputera, szósta — to superkomputery. Klocki,

do budowy komputerów, tj. obwody scalone, mają coraz większą gęstość elementów półprzewodnikowych — od kilku (1961), przez kilkadziesiąt (1968) do kilkudziesięciu tysięcy (1978) i kilkaset tysięcy (1985), a do końca wieku powinna osiągnąć miliard elementów na jeden obwód. Dla porównania — w mózgu jest około 100 000 mlid neuronów, a połączeń między nimi dużo więcej. Najnowsze maszyny japońskie i amerykańskie systemy komputerowe osiągają szybkość 10 Gflopów — 100 tys. razy większą niż PC. Małe komputery mają pamięci rzędu kilkuset tys. bajtów, tj. setek kB, superkomputery do 2000 MB. Dyskowe pamięci magnetyczne — do 120 MB dla PC, kilkaset MB dla większych komputerów, aż do 100 GB w dużych instalacjach komputerowych. Na dyskach optycznych, wyglądających tak, jak zwykła płyta kompaktowa, można umieścić całe encyklopedie.

**Superkomputery:** Do czasu budowy superkomputerów wszystkie komputery opierały się na pomysły von Neumanna i wykonywały działania na pojedynczych liczbach — maszyny 6 generacji wykonują operacje na całych wektorach jednocześnie, stąd nazwa „maszyny wektorowe”. Pierwszy superkomputer zbudował Seymour Cray w 1976 r. Odpowiednio napisany program wykonuje się na tym komputerze z szybkością ponad 100 Mflopów. Kłopot polega właśnie na napisaniu wektoryzowanego programu, dzięki któremu komputer może wykonywać wiele rzeczy jednocześnie — jak mózg. W 1988 r. pracowało na świecie ok. 300 superkomputerów, każdy po 10 mln dolarów.

Wizja cyfrowego modelowania rzeczywistości, w zabawny sposób opisana przez Lema w „Cyberiady”, wydaje się być nie do uniknięcia. Tak jak dźwięk odtwarza się cyfrowo z płyt kompaktowych, stwarzając doskonałą iluzję rzeczywistości słuchowej, tak i wrażenie wzrokowe i wszystkie inne da się rozbić na liczby i stworzyć pełną iluzję rzeczywistości. Dzięki czujnikom stanowiącym przedłużenie zmysłów będziemy obecni na Marsie i wszędzie tam, gdzie zapagniemy, a nasze zatopione w płynie mózgi przeżywać będą, co im się zamarzy. Trudno ocenić, kiedy się to zdarzy, ale kto może przewidzieć, co stanie się w tej dziedzinie za 20 lub 30 lat? (Skrót i oprac. „MP”)

„Problemy”

dr hab. Włodzimierz Duch