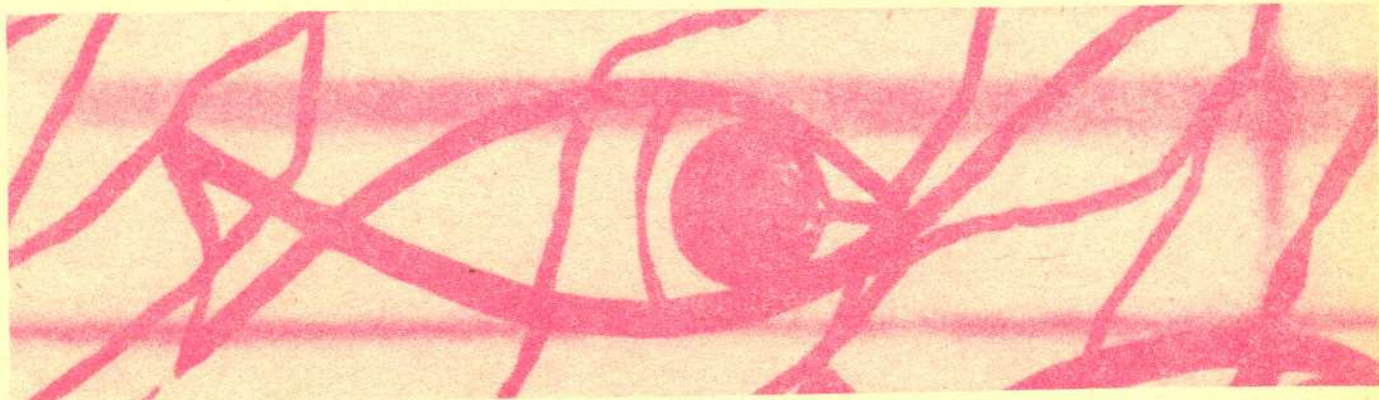


Wojny światowe do tego stopnia różniły się od innych wojen, że skłonni jesteśmy okres ostatnich czterdziestu lat zwać okresem pokoju, choć nie było przecież dnia, by nie toczyła się gdzieś przynajmniej jedna wojna.

Pytanie, co z tym pokojem zrobiliśmy, jest niesłychanie szerokie. Jeśli zawęzić je tylko do pytania, jak zostało powojenne czterdziestolecie wykorzystane przez naukę światową, odpowiedzi nasuwają się od razu. Biologowie odkryli spiralę DNA (Watson, Crick, Wilkins — Nobel 1962). Lekarze skonstruowali sztuczną nerkę (Kolff — 1945) i sztuczne płuco-serce (pierwsza operacja z jego użyciem: Gibbon — 1955), przeprowadzili transplantację serca (Barnard — 1967). A czego dokonano w najbliższych *Delcie* jej macierzystych naukach? Ten numer stara się przedstawić to, co naszym zdaniem było najistotniejsze.



## Skutki wynalezienia komputerów

Wynalazek programowanych urządzeń przetwarzania informacji — popularnie zwanych komputerami — należy do niewielu, którym przyszli dziejopisarze zapewne jedynomyślnie będą nadawać miano epokowego. Prawie wszystkie inne wynalazki tej rangi są bezimienne i dokonane zostały bardzo dawno. Ujarzmienie ognia, maszyny proste, uprawa roli, pismo, wytop metali, motor zasilany energią, której dopływ człowiek potrafi dozować — to przykłady innych wynalazków tej samej klasy. (Nie wiem, czy potrafiłbym wyliczyć wiele więcej!) Każdy wynalazek tej rangi ulegał w toku dziejów licznym ulepszeniom, czasem bardzo istotnym, powstawały ich różne warianty i pochodne. Konkretnie urządzenia techniczne i powołane do ich eksploatacji urządzenia społeczne, oparte na takich epokowych wynalazkach, kształtowały się przez wieki, a przynajmniej — przez dziesięciolecia. Rzadko kiedy między skonstruowaniem urządzenia a jego pełną społeczną akceptacją i przysposobieniem upływało mniej niż dwa-trzy pokolenia. Nawet stosunkowo nowe wynalazki techniczne: radio, telewizja, samolot rozpowszechniły się dopiero po 20—30 latach od skonstruowania udanych prototypów.

Tymczasem komputery w ciągu 40 lat swego istnienia nie tylko przebyły drogę od udanych prototypów do masowego rozpowszechnienia (mniej więcej co drugie brytyjskie dziecko w wieku 12—15 lat ma w domu komputer, wielokrotnie wydajniejszy od eksperymentalnych maszyn cyfrowych z lat czterdziestych i pięćdziesiątych), lecz także przekroczyły wszelkie granice zastosowań, jakie im zakreślali twórcy prototypów, wielokrotnie przy tym zmieniając dziedzinę swej użyteczności (tym właśnie komputer różni się bardzo np. od samolotu, który mimo wielu ważnych udoskonaleń ciągle służy do tego samego). Na dobrą sprawę, komputery już dawno wymknęły się ludzkiej kontroli, w tym sensie, że nie ma dziś nikogo, kto by ośmielił się określić granice ich zastosowań.

Nie miejsce tu na przedstawianie jałowego zresztą — moim zdaniem — sporu o to, czy komputery mogą myśleć (jałowość tego sporu wynika z braku ostrej definicji „myślenia”, która byłaby niezależna od istoty kwestii: argumentacja zazwyczaj sprowadza się do dłuższego czy krótszego cyklu *idem per idem*). W każdym razie sam fakt, że oto dysponujemy urządzeniami do przetwarzania informacji, prowokuje człowieka do przedstawiania coraz to nowych obszarów działalności uważanej uprzednio za „umysłową” w postaci nadającej się do stosowania komputerów. Uznać, że proces ten napotka nieprzekraczalną bariery, to nie to samo, co stwierdzić, że „komputery nie potrafią myśleć”. Przeciwnie, to raczej stwierdzić, że zdolności intelektualne człowieka są ograniczone. Z drugiej strony, uznając, że zakres wprowadzania komputerów do działalności uprzednio uznawanej za umysłową jest nieograniczony, wcale nie czuję się zmuszony przyznać, że „komputery myślą”, bo — przynajmniej

dotychczas — każde udane zastosowanie komputerów poprzedzone jest bardzo wyteżoną pracą twórczą człowieka przygotowującego to zastosowanie.

Istota rewolucji komputerowej polega na tym, że człowiek zyskał możliwość uwolnienia się od dobrze opanowanych — zrutynizowanych — czynności przetwarzania informacji, a tym samym powstała silna motywacja dogłębnego poznawania (a niekiedy — tworzenia) zasad rządzących przetwarzaniem informacji. Proces myślenia, uprzednio będący przedmiotem dociekań filozofów, traktujących go zresztą w nader ogólnych kategoriach, psychologów, poszukujących jego ogólnych „mechanizmów” i neurofizjologów, próbujących utożsamić „myślenie” z tymi czy innymi zjawiskami fizyko-chemicznymi zachodzącymi w mózgu i jego składowych, ten więc najbardziej ludzki proces stał się przedmiotem badań praktycznych, przynoszących bezpośrednio, realne korzyści.

Ściśle powiedziawszy, rzetelny informatyk nie będzie twierdził, że bada procesy myślowe jako takie. Informatyk konstruuje zasady rachunku, który może być wykonywany automatycznie, dając wyniki zgodne z tym, czego w danych okolicznościach można by się spodziewać po pracy umysłowej. To zaś, czy i w jakim stopniu sam rachunek przebiega podobnie do postępu procesu myślowego, jest pytaniem spoza zakresu kompetencji informatyka.

Pytanie o to, co komputery potrafią robić dziś, jest więc *de facto* pytaniem o to, dla jakich klas problemów przetwarzania informacji dysponujemy już skutecznymi procedurami rachunkowymi. Odpowiedź na to pytanie jest dość zaskakująca, gdyż za pomocą komputerów rozwiązuje się wiele problemów, które bez użycia maszyn cyfrowych byłyby nie do rozwiązania. Oto garść przykładów: sterowanie raketami w czasie lotu, bieżąca analiza i rekonstrukcja obrazu tomograficznego, bieżąca rejestracja i ewidencja rezerwacji miejsc w samolotach pasażerskich na całym świecie, empiryczne badanie hipotez dotyczących ewolucji gwiazd i galaktyk, sterowanie łącznością telefoniczną i wystawianie rachunków za telefon, bieżąca — w czasie pisania — kontrola ortograficzna i układanie graficzne setek tysięcy listów i opracowań dziennie, nadzór i sterowanie przepływem energii elektrycznej w sieciach państwowych i kontynentalnych, codzienne saldowanie setek milionów kont bankowych na całym świecie. Gdyby nagle wszystkie komputery na Ziemi zepsuły się, cywilizacja nie przetrwałaby już tego ciosu, nawet jeśli pominiemy konsekwencje chaosu, jaki nieuchronnie zapanowałby w systemach obronnych wielkich mocarstw.

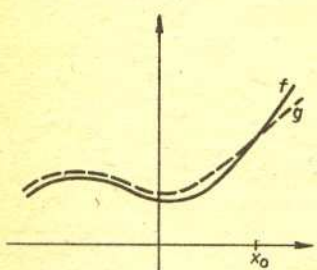
Nigdy jeszcze ludzkość nie zetknęła się z takim zjawiskiem: uzależnienie cywilizacji od urządzeń zupełnie nie znanych jeszcze przed dwoma pokoleniami. A przy tym, będąc uzależnieni od komputerów nie „czujemy” ich dobrze, gdyż pełna akceptacja emocjonalna wymaga znacznie dłuższego czasu niż rozwiązania techniczne.



Naturalnie, podobne uwagi można było zrobić już u zarania epoki komputerowej, powiedzmy, w latach pięćdziesiątych. Filozoficzno-społeczna istota zagadnienia nie uległa pozornie jakościowej zmianie. Zmieniła się natomiast technologia. Dzięki wynalazieniu najpierw tranzystorów, a potem układów scalonych komputery potaniały tak bardzo, że wcale poważne maszyny są kupowane na użytek domowy, a drogie, jednostkowe superkomputery mają niewyobrażalną wprost moc obliczeniową. To zmiany technologiczne właśnie spowodowały zmianę skali problemu: Komputer przestał być li tylko narzędziem specjalisty, stał się sprzętem domowym. „Człowiek” — jako podmiot działań wspomaganych przez komputer — nie oznacza już tylko uczonego czy dyrektora dużej firmy, „człowiek” oznacza w tym kontekście ucznia, sklepikarza, maszynistkę i właściwie każdego obywatela cywilizowanego świata.

Co więcej, już dziś wiemy na pewno, że ekspansja komputerów nie kończy się z ich wejściem do naszych mieszkań. Mikroprocesory pojawiają się w roli elementów sterujących i pomiarowych niezliczonych innych urządzeń: aparatów fotograficznych, obrabiarek, samochodów, aparatów radiowych, żelazek, aparatury medycznej, maszyn budowlanych, sprzętu laboratoryjnego, robotów przemysłowych, ba, nawet suwmiarek i kociolków do gotowania jajek na miękko!

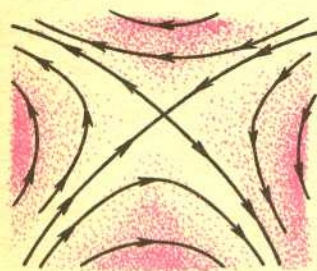
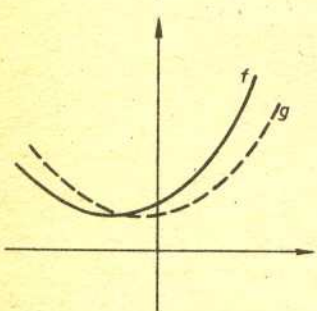
Wszystko wskazuje na to, że na oczach dwu-trzech pokoleń od wynalazienia komputerów nastąpiła radykalna zmiana cywilizacyjna. Proces zmian cywilizacyjnych, dostrzegany dotychczas tylko w perspektywie historycznej, uległ gwałtownemu przyspieszeniu, świat dzieci przestaje być podobny do świata rodziców. Wcale nie jestem przekonany, czy ludzkość potrafi sobie z tym poradzić lepiej niż na przykład z energią jądrową.



## Teoria katastrof

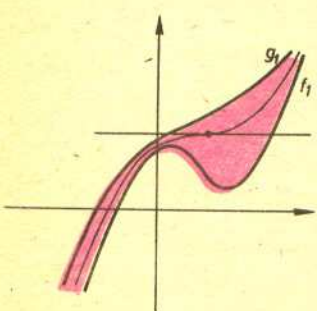
U podstaw matematycznej koncepcji teorii katastrof (stworzonej przez R. Thoma) leży analiza wzajemnej zależności między odpowiednio określonymi relacjami „bliskości” i „podobieństwa” obiektów ustalonego typu.

Rozpatrując jako przykład funkcje rzeczywiste na prostej możemy mówić, że funkcje  $f$  i  $g$  są „bliskie”, gdy zarówno  $|f-g|$ , jak i  $|f'-g'|$  oraz  $|f''-g''|$  są ograniczone z góry przez małą liczbę  $\epsilon$ . Z kolei o „podobieństwie”  $f$  i  $g$  w okolicy punktu  $x_0$  możemy mówić, gdy  $g$  można otrzymać z  $f$  odwracalnymi i mało różniącymi się od tożsamości zamianami zmiennych: niezależnej  $x \rightarrow \bar{x}$  i zależnej  $y \rightarrow \bar{y}$ , tzn. gdy  $g(\bar{x}) = f(x)$ . Myśląc o różnicy  $g-f$  jako o „zaburzeniu” funkcji  $f$  możemy zauważyć, że w ważnych przypadkach monotoniczności  $f$  w otoczeniu  $x_0$  oraz w przypadku zwykłego minimum lub maksimum w  $x_0$  ( $f'(x_0) = 0$ ,  $f''(x_0) \neq 0$ ) małe zaburzenie  $f$  prowadzi do funkcji podobnej do pierwowzoru — mówimy, że punkt monotoniczności  $f$  oraz minimum i maksimum są strukturalnie stabilne. Łatwo o dalsze przykłady: strukturalnie stabilne będzie np. przecięcie dwóch krzywych płaskich pod niezerowym kątem lub „siodło” pola wektorowego na płaszczyźnie. Wspaniała trafność powyższego określenia stabilności strukturalnej zaproponowanego przez René Thoma wynika z dwóch prostych faktów. Z jednej strony obiekty strukturalnie niestabilne („wrażliwe na zakłócenia”) tworzą zwykle zbiór bardzo „cienki” — taki, jak krzywa czy powierzchnia w przestrzeni: obiekt wybrany „na chybił-trafił” będzie niemal na pewno stabilny. Z drugiej strony, podobnie jak w przedstawionym wyżej przykładzie, relacja podobieństwa dzieli continuum obiektów strukturalnie stabilnych na dyskretną rodzinę „typów strukturalnych” — u nas będą to: „punkt malenia funkcji”, „punkt rośnięcia”, „maksimum” i „minimum” lokalne.



Wynika stąd, że wprawdzie nie potrafimy opisać w sposób pełny konkretnego obiektu: opis dowolnej funkcji wymagałby dostarczenia nieskończonej ilości informacji, jednak możemy przekazując informację „skończoną” scharakteryzować jego typ podobieństwa.

Teoria katastrof idzie jeszcze o krok dalej: można bowiem badać nie tylko izolowane obiekty danego typu, lecz całe ich rodziny sparametryzowane jednym czy kilkoma parametrami; o ile funkcja, której dwie pierwsze pochodne znikają w pewnym punkcie, jest czymś wyjątkowym, to w rodzinie funkcji sparametryzowanej, np. współczynnikiem rzeczywistym, funkcje takie mogą już się znajdować w sposób stabilny, jak na przykład w przypadku rodziny funkcji zawierającej  $f_1$  i  $g_1$ .



Elementarna teoria katastrof to właśnie teoria opisująca kilku — (jedno- do cztero-) parametrowe rodziny funkcji klasyfikowane ze względu na ich strukturalnie stabilny typ. Funkcje z tych rodzin interpretuje się zwykle jako funkcje energii potencjalnych jakiegoś układu, a „rodzenie się” lub „znikanie” minimów potencjału opisuje gwałtowne, „katastrofalne” zmiany stanu układu przy nieznacznych, gładkich zmianach parametrów.

A modele? Entuzjaści teorii znajdują je wszędzie — od prostych układów mechanicznych przez systemy termodynamiczne, fizjologiczne, aż do językowych i społecznych. Ale to już zupełnie inna historia.