

Rozważania o informatyce

Zdzisław Pawlak
profesor doktor habilitowany
nauk technicznych,
Centrum Obliczeniowe PAN,
Warszawa

Informatyka to nie tylko doskonale narzędzie, bez którego trudno sobie wyobrazić dzisiejszy nowy świat, ale również metodologia, która powstała wraz z nowoczesnymi urządzeniami liczącymi — metodologia formułowania problemów i ich rozwiązywania.

Wiadomo, że rozwiązanie jakiegokolwiek problemu za pomocą maszyny liczącej wymaga szczegółowego opisu przebiegu rozwiązania — ułożenia programu, a więc podania algorytmu rozwiązania. Bez takiego algorytmu maszyna jest beużyteczna. Jakkolwiek pojęcie algorytmu jest bardzo stare, to jednakże algorytmy, które powstały w ostatnich dwudziestu latach w związku z stosowaniem maszyn liczących, różnią się zasadniczo od tego, co zrobiono w tej dziedzinie w przeciągu ostatnich dwu tysięcy lat. Algorytmy układane dla rozwiązywania zadań za pomocą maszyn liczących są niezwykle skomplikowane i to nie tylko przez swoją wielkość (liczba czynności, które opisują), ale również — a może przede wszystkim — przez swą niezmiernie złożoną strukturę i własności, których poprzednie spotykane algorytmy nie posiadały. Algorytm jest niewątpliwie centralnym pojęciem informatyki. Informatyka spowodowała odrodzenie zainteresowania tym pojęciem zarówno z praktycznego jak i teoretycznego punktu widzenia.

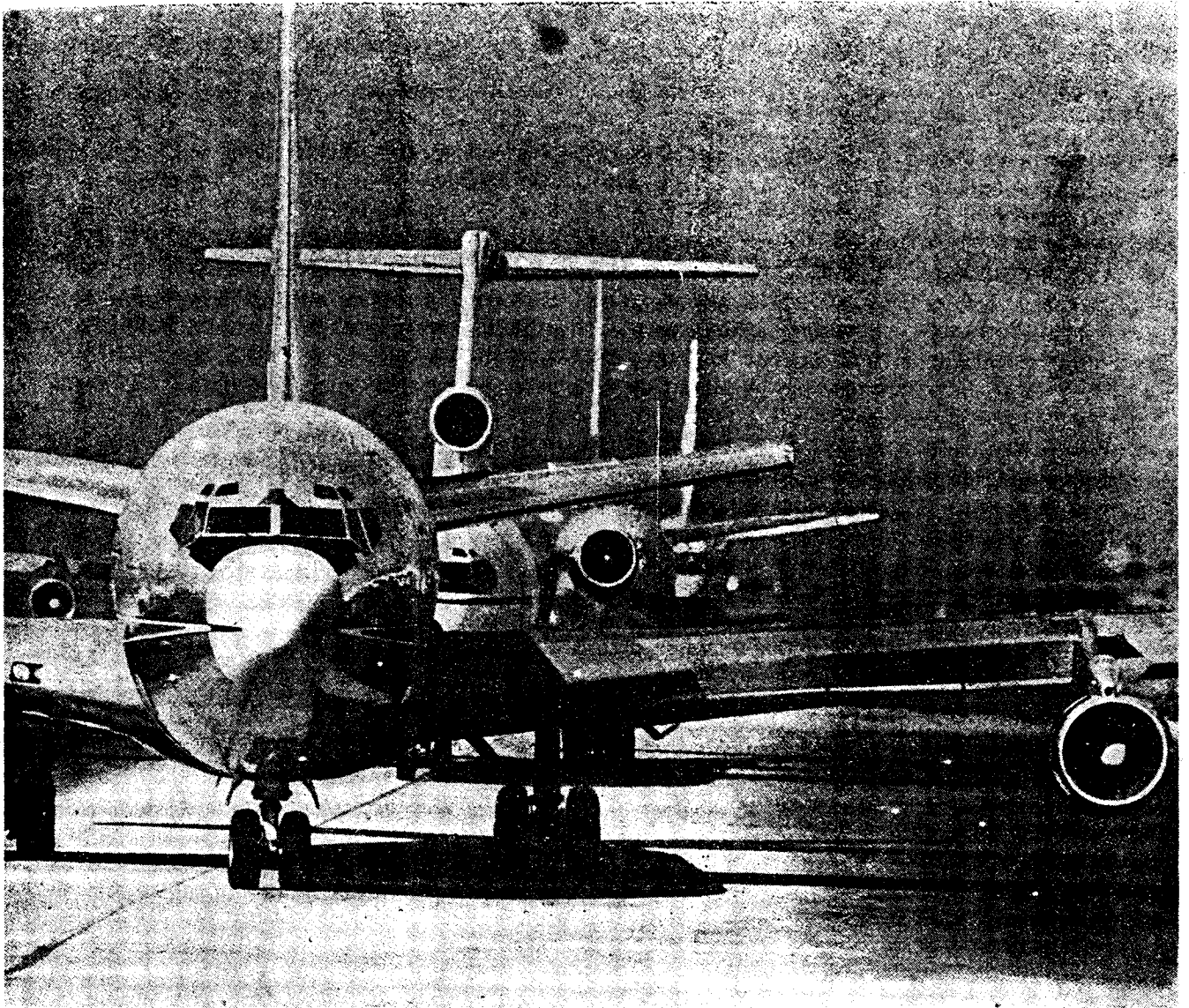
Zauważono np., że algorytmiczny opis może być przydatny nie tylko do opisu rozwiązywania zadania za pomocą maszyny liczącej, ale można tego narzędzia używać również do opisu wielu różnych zjawisk i procesów, uzyskując jasność, jednoznaczność czy zwięzłość opisu, które innymi sposobami są nieosiągalne. Np. bardzo wygodnie jest opisywać algorytmicznie procesy chemiczne czy biochemiczne, strukturę instytucji czy proces technologiczny w fabryce, sterowanie przebiegiem startu samolotu, składnię języka np. angielskiego czy też proces uczenia się (tzw. programowe nauczanie). Stąd wielka waga algorytmu jako metody opisu zjawisk. Zastosowanie opisu algorytmicznego pozwala na dokładne uchwycenie struktury zjawiska, wyróżnienie jego głównych elementów składowych i ich powiązań w przejrzysty i komunikatywny sposób.

Algorytm i maszyna licząca

Algorytm jest to więc uniwersalna metoda opisu dynamiki zjawisk i procesów. Ale nie tylko. W przypadku realizacji na maszynie cyfrowej algorytm musi być dokładnie sprawdzony. Człowiek jest istotą omylną i w praktyce zdarza się nie-

zmiernie rzadko, aby jakiś algorytm był od razu napisany bezbłędnie. Maszyna licząca jest tu bezwzględny egzekutorem poprawnej roboty: żadnych błędów nie toleruje. Jakże są konsekwencje tego stanu rzeczy? Każdy algorytm po napisaniu musi być dokładnie sprawdzony i poprawiony. Sprawdzenie, z uwagi na wielkość i złożoność algorytmów, jest często zadaniem bardziej skomplikowanym niż samo jego opracowanie. Konieczna tu jest specjalna „logika postępowania”, aby można było błędy znaleźć i usunąć. Informatyka spowodowała tu prawdziwą rewolucję. Dawniej błędy popełniane w jakimś postępowaniu były wstydlivym złem koniecznym, które się niechętnie ujawniało — ważną była „koncepcja” opracowania czy rozwiązania jakiegoś zagadnienia. Informatyka wprowadziła odwrotne zupełnie podejście do błędów popełnianych w trakcie rozwiązywania problemów. Ponieważ błędy są składowym elementem każdego procesu twórczego, należy uwzględnić w naszym postępowaniu ten fakt jako jeden z elementów zadania i tak je rozwiązać, aby nasze omyłki nie miały wpływu na końcowy rezultat działania. Tak więc rozwiązanie problemu to nie tylko uzyskanie wyniku, ale również jego sprawdzenie i ewentualne poprawienie. Dopiero wykonanie wszystkich trzech czynności można uważać za zrealizowanie zadania. Jest sprawą oczywistą, że realizacja takiego postulatu jest ważna nie tylko w informatyce. Zresztą hasło to nie jest nowe. Wcześniej jego zalety dostrzegli pedagodzy. W wielu szkołach na świecie próbuje się wprowadzić konsekwentnie zasadę: WYKONAJ — SPRAWDŹ — POPRAW.

Tyle uwag praktycznych o algorytmie. Jest rzeczą oczywistą, że powszechne posługiwanie się algorytmem spowodowało zapotrzebowanie na jakąś wiedzę systematyczną o tym pojęciu, co najmniej wyjaśniającą co to jest algorytm i porządkującą jakoś istniejące algorytmy — czy raczej ich rodzaje. Jak dotąd takiej teorii algorytmów nie ma. Istnieje wprawdzie „stara” teoria algorytmów (przedinformatycznych) jednakże jest ona bezradna wobec problemów, które postawiła informatyka. Próbuje się wprawdzie tu i ówdzie przystosować „Stare metody do nowych zadań”, ale jakoś to chyba nie wychodzi. Również próby stworzenia nowej teorii algorytmów, przystosowanej do po-



Fot. arch.

Bardzo wygodnie jest opisywać algorytmiczne procesy takie, jak sterowanie przebiegiem startu samolotu...

trzeb informatyki, jak dotąd nie przyniosły pożądanego rezultatu. Nie ulega wątpliwości, że powstanie takiej teorii jest rzeczą konieczną dla informatyki, a że sprawa nie jest prosta, świadczą wyniki dotychczasowych badań. Z czasem teoria taka powstanie. Jak dotąd historia informatyki jest bardzo krótka i trudno wymagać, aby tak trudny problem został w tak krótkim okresie rozwiązany.

Język

Algorytmy obliczeń są zapisywane w specjalnie do tego celu stworzonych językach symbolicznych, zwanych językami algorytmicznymi lub językami programowania. Języki te różnią się dalece od wszelkich znanych języków „z ery przedinformatycznej”. Nie przypominają one ani żadnego języka naturalnego, ani też sztucznego. Odbiegają one również dalece od symboliki matematycznej. Główne powody tego stanu rzeczy są chyba dwa.

Języki programowania służą do opisywania ciągów czynności — pewnych akcji, natomiast języki

naturalne jak i języki matematyczne służą do opisywania pewnych stanów przedmiotów i relacji między nimi zachodzących. Natura tych języków jest przystosowana do opisu sytuacji statycznych — w przeciwieństwie do języków programowania, których charakter związany jest z opisem dynamiki zdarzeń.

Na strukturę języków programowania wpłynął ponadto drugi ważny czynnik: sposób ich realizacji w maszynie liczącej. To, w jaki sposób maszyna matematyczna realizuje algorytmy opisywane w jakimś języku programowania, jest odzwierciedlane w jego strukturze.

Są to dwie główne, chociaż nie jedyne, przyczyny kształtujące współczesną postać języków programowania. Aktualnie istnieje w użyciu kilkanaście języków programowania — z nich kilkanaście ma charakter podstawowy, reszta jest używana do specjalnych celów i ma znaczenie lokalne. Wielka liczba języków programowania, ich różnorodność oraz odmiennosc od innego rodzaju języków spowodowały również zapotrzebowanie na teorię takich języków, teorię, która by wprowadzi-

ła jakiś ład w tej współczesnej maszynowej wieży Babel. Prowadzona jest na świecie wielka liczba prac nad strukturą (składnią) semantyką, klasyfikacją takich języków i chociaż wiele w tej dziedzinie już zrobiono, to jednakże głównych problemów związanych z tego rodzaju językami jak dotąd nie rozwiązano. Wynika to również stąd, że są to problemy całkowicie nowe i stosowanie do nich znanych metod nie przynosi na ogół rezultatów — konieczne jest tu zupełnie nowe podejście.

Mimo ogólnych trudności teoretycznych okazało się, że pewne własności języków programowania są interesujące z punktu widzenia języka naturalnego i badania tych związków okazały się przydatne zarówno dla językoznawców jak i informatyków. Wyniki tych badań stanowią niewątpliwie trwałe wkład w ogólną teorię języków. Pewne pokrewieństwo istnieje również między językami programowania a językami formalnymi stosowanymi w matematyce. Wyjaśnienie do końca tych spraw może też mieć znaczenie dla obu dyscyplin. Ale co najdziwniejsze, opis syntezy białka w organizmie ma również związek z językami programowania.

Nic więc dziwnego, że zaczęto zastanawiać się nad teorią języka, która by miała szersze znaczenie i wykraczałaby poza zainteresowania informatyków. Tak więc informatyka odegrała tu rolę in-

spirującą — rzucając nowe światło na pojęcie języka i dostarczając wielką liczbę przykładów nowych, zupełnie przedtem niespotykanych języków, które, jak się okazało, mogą być interesujące nie tylko dla informatyki.

Tak więc informatyka wzbogaciła znacznie nie tylko pojęcie algorytmu, ale i pojęcie języka.

Symulacja

Wiadomo, że aby zaprojektować most, samolot czy budynek należy obliczyć wytrzymałość niektórych jego elementów. Zaprojektowanie turbiny wymaga zbadania przepływu ciepła poprzez jej elementy — zaś projektowanie — samolotu czy łodzi podwodnej wymaga zbadania przepływu powietrza czy wody wokół kadłuba rozważanego obiektu.

Wszystkie te zadania można rozwiązać poprzez ułożenie odpowiednich równań i rozwiązanie ich za pomocą maszyny. Wadą tego typu postępowania jest często fakt, że aby ułożyć odpowiednie równania, musimy przyjąć wiele założeń upraszczających, tak że często otrzymane wyniki zupełnie odbiegają od koniecznej dla praktyki dokładności. Otrzymane tą drogą rezultaty są więc niekiedy zbyt dalekie od rzeczywistości.

„Czy podanie różnych cech zewnętrznych jednoznacznie identyfikuje osobnika? Czy jeżeli liczbę tych cech będziemy zwiększać, to czy ostatecznie otrzymamy definicję obiektu, o który nam chodzi?”

Fot. CAF



Współczesne maszyny matematyczne dostarczyły tu metody nie mającej wymienionych wyżej wad i dającej rezultaty zaskakująco zgodne z rzeczywistością — niestety często bardzo dużym kosztem. Jednakże w przypadku, gdy wszelkie inne metody zawodzą, a problem jest ważny, koszt może nie odgrywać decydującej roli. Jest to tzw. metoda symulacji. Idea tej metody polega na tym, że nie opisujemy interesujących nas zjawisk w postaci równań matematycznych — a bezpośrednio możemy ich mechanizm i przebieg opisać w odpowiednim języku programowania — następnie zaś wykonywać na maszynie eksperymenty obserwując badane zjawisko nie w rzeczywistości, a stworzone sztucznie w maszynie matematycznej¹. Często takie postępowanie jest jednak tańsze niż robienie rzeczywistego eksperymentu, stąd wielka zaleta metod symulacyjnych. Ponadto na maszynie matematycznej eksperyment może przebiegać bardzo szybko — wielokrotnie szybciej niż w rzeczywistości, a ponadto praktycznie dowolną liczbę razy, w najrozmaitszych warunkach. Symulacja oddaje więc niecodzienne usługi tam, gdzie metody matematyczne nie mogą być stosowane ze względu na wymagane zbyt daleko idące uproszczenia, a przeprowadzenie eksperymentu w „na-

turze” jest zbyt kosztowne, pracochłonne lub powolne, bądź nawet niebezpieczne (loty kosmiczne) czy wręcz niemożliwe.

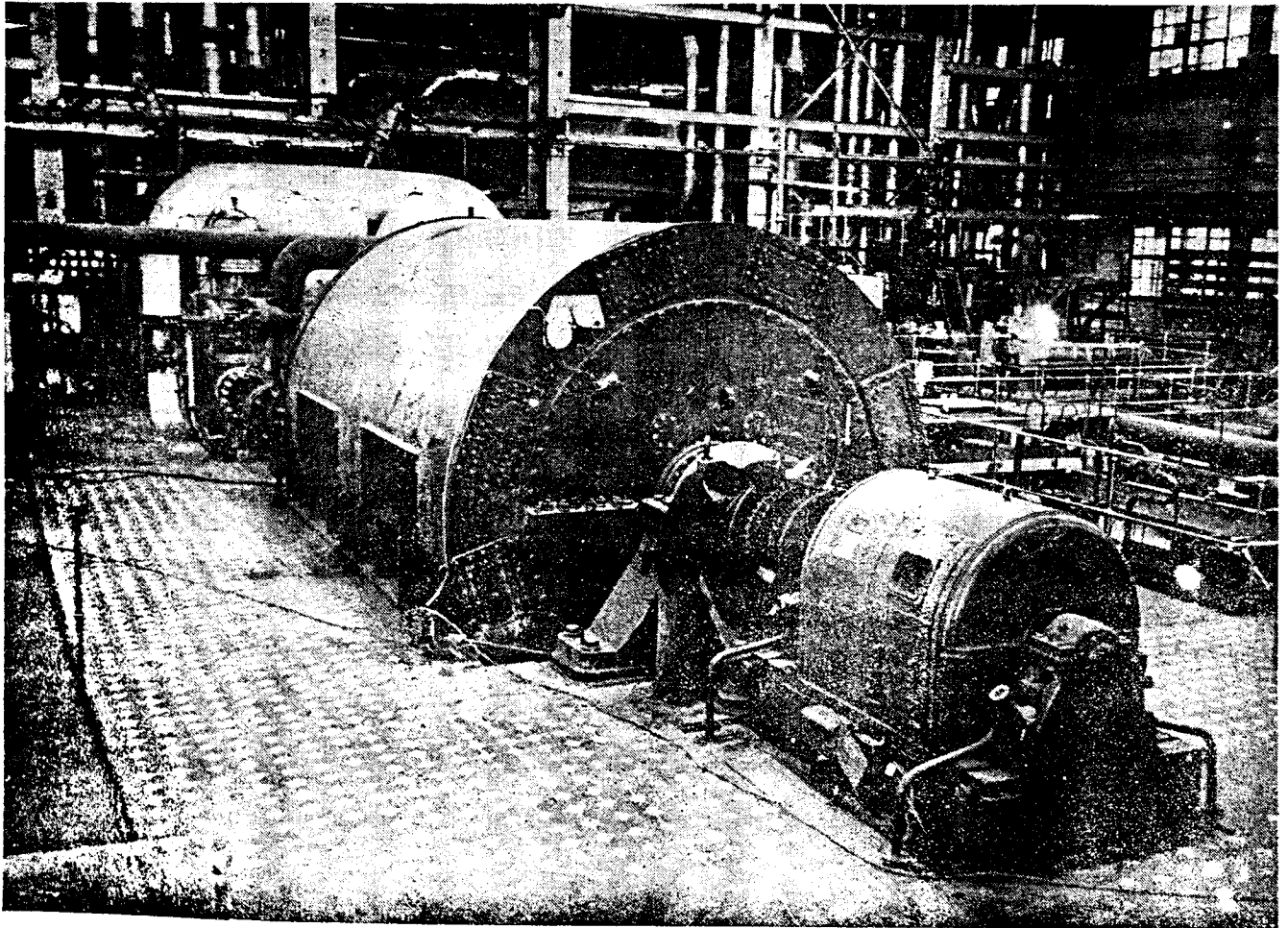
Z symulacją wiąże się pewna problematyka ogólna. Jak dalece wynik symulacji można uważać za wiarygodny? Jak metoda symulacyjna ma się do metody matematycznej? Na czym w istocie polega istota symulacji? Czy każde zjawisko można symulować za pomocą maszyny matematycznej? Jak dalece proces symulowany oraz jego odpowiednik w maszynie są do siebie podobne (problem dokładności symulacji)? — i wiele innych. Jak dotąd niewiele robi się w celu wyjaśnienia istoty symulacji — a pełne zbadanie tego zjawiska jest niezbędne dla świadomego i konsekwentnego stosowania maszyn.

Tak więc informatyka przywróciła, jak dotąd przynajmniej praktycznie, znaczenie badaniu zjawisk za pomocą modeli, dając możliwość budowania modeli o nie spotykanych poprzednio własnościach i to modeli w gruncie rzeczy abstrakcyjnych — a nie fizycznych — gdyż budowany w maszynie model polega w istocie na opisie zjawiska w pewnym języku programowania, a nie na konstruowaniu fizycznego obiektu o pewnych własnościach zbliżonych do oryginału. Jest to więc nowe pojęcie modelu — modelu abstrakcyjnego, czy też modelu językowego. Zbadanie tego fenomenu może mieć daleko idące konsekwencje w

¹ Patrz artykuł Konrada Fiałkowskiego pt.: Eksperyment z maszyną, „Problemy” nr 12/1971.

„Zaprojektowanie turbiny wymaga zbadania przepływu ciepła przez jej elementy... Zadanie to można rozwiązać poprzez ułożenie odpowiednich równań...”

Fot. APN



zrozumieniu istoty naszego rozumowania i metodach poznawania rzeczywistości, o znaczeniu przekraczającym znacznie nie tylko problematykę informatyczną.

Informacja

Czytamy w gazecie komunikat, że poszukuje się obywatela o niebieskich oczach, wroście średnim, włosach czarnych itd. Pytanie, jak dalece tą metodą możemy zidentyfikować interesujący nas obiekt? Czy podanie jego różnych cech zewnętrznych jednoznacznie identyfikuje osobnika? Czy jeżeli liczbę tych cech będziemy zwiększać, to czy ostatecznie otrzymamy definicję obiektu, o który nam chodzi? Wiadomo, że nie, „Znany jest powszechnie przykład definicji człowieka jako istoty dwunogiej i beżpiórej. Opis oskubanej gęsi jest z tym zbieżny. Jaki to wszystko ma związek z informatyką? Współczesne maszyny liczące stosuje się do przechowywania i wyszukiwania informacji na dowolne tematy. Np. za pomocą maszyn możemy prowadzić bieżącą rejestrację wolnych

„Problem jest nierowy — i taka metoda przechowywania i wyszukiwania informacji na dowolne zadane tematy znana jest od dawna...”

Fat. arch.



miejsce we wszystkich samolotach jakiejś linii lotniczej, czy informację gospodarczą o stanie ekonomiki kraju — personalną o osobach itp. Wiadomo, że tego rodzaju zastosowania maszyn liczących dominują dziś na całym świecie i stanowią chyba ponad 70% wszelkich zastosowań maszyn cyfrowych. Są to więc zastosowania bardzo ważne.

Aby jakąś informację przechować i odnaleźć, w razie potrzeby musimy interesujący nas obiekt jakoś zdefiniować, opisać — podać jego własności, które go wyróżniają spośród innych obiektów. Jedną z takich możliwości podaliśmy na początku tego paragrafu — możemy charakteryzować obiekt przez podanie przysługujących im własności. Problem jest nierowy — i taka metoda przechowywania i wyszukiwania informacji na dowolne zadane tematy znana jest od dawna. Przypomnijmy chociażby kartoteki z odpowiednio powycinanymi otworami tak, żeby odnaleźć np. wszystkich osobników o niebieskich oczach, ciemnych włosach, średnim wroście, wystarczy przedziergnąć pręt poprzez odpowiednie otwory i interesujące nas karty znajdą się na tym pręcie. Sprawa jest bardzo prosta w przypadku, gdy kartoteka jest niewielka, cech niezbyt wiele. Gdy jednakże chcemy opisywać miliony przedmiotów za pomocą setek cech, jest rzeczą oczywistą, że tak prymitywne metody nie wchodzi tu w rachubę. Jeżeli dodamy, że kartoteka taka może się w trakcie jej użytkowania zmieniać, pewne jej elementy mogą ubywać bądź przybywać, zespół cech za pomocą których opisujemy interesujące nas obiekty może również ulegać zmianie, to sprawa się bardzo skomplikowała. Informatyka oferuje tu również metody, pozwalające takie złożone zadanie realizować sprawnie i szybko. Powstaje na marginesie tego zadania szereg pytań natury ogólnej. Czy charakterystyka przedmiotów za pomocą ich cech jest tu jedyną możliwością? Jeśli nie, to jakie są inne tego rodzaju sposoby definiowania? Jeżeli zbiory przedmiotów są bardzo duże i zmienne w czasie (a więc znów dynamika), jak sprawnie zorganizować ich gromadzenie i wyszukiwanie? Nasze zainteresowania mogą się ponadto zmieniać: Raz chcielibyśmy taki rodzaj informacji, a innym razem zupełnie odmienny. Są to pytania również wykraczające poza informatykę i pełne ich rozwiązanie może mieć znaczenie nie tylko dla tej dyscypliny wiedzy. Jak dotąd badania w tym kierunku są również słabo zaawansowane, ale należy mieć nadzieję, że tutaj podobnie jak i w innych poprzednio wymienionych dziedzinach sprawy zostaną rozwiązane pomyślnie.

Informatyka dostarczyła problemów, których rozwiązanie ma znaczenie dalece wybiegające poza sprawy informatyczne. Są to problemy o znaczeniu ogólnym. Tak więc informatyka to nie tylko maszyny liczące — ale i metoda. Chociaż jak dotąd metoda ta nie doczekała się pełnego wyjaśnienia teoretycznego.

Zdzisław Pawlak