

Romuald MARCZYŃSKI
Centrum Obliczeniowe PAN

INFORMATYKA, CZYLI MASZYNY MATEMATYCZNE
I PRZETWARZANIE INFORMACJI

Historia maszyn matematycznych jest przykładem, jak niewyodrębnienie się jakiejś nauki jako samodzielnej dyscypliny może hamować jej rozwój.

Za początek burzliwego rozwoju maszyn matematycznych można uważać rok 1946. Oddana została w tym roku do użytku pierwsza elektroniczna maszyna cyfrowa ENIAC. Towarzyszący temu olbrzymi rozgłos zwrócił uwagę wielu ludzi i m.in. spowodował w Polsce powstanie grupki ludzi, którzy chcieli się zająć maszynami matematycznymi¹.

Prace w tej dziedzinie zarówno za granicą jak i w Polsce skupiały się przy matematyce, elektronice lub automatyce. Inne dziedziny wiedzy jak np. mechanika nie brały udziału w jej rozwoju, mimo że w poprzednim okresie takie urządzenia jak arytmetry elektromechaniczne były domeną mechaniki precyzyjnej.

Rozwój maszyn matematycznych był tak dynamiczny, że po kilku latach pion "maszynowy" zazwyczaj przerastał instytucję macierzystą i oddzielał się w postaci niezależnej instytucji. Powstawanie nowych instytucji w taki sposób odbywało się w wielu krajach, również i w Polsce.

Jednak wiele lat upłynęło od powstania tej dziedziny, zanim zaczęła ona się przeradzać w samodzielną naukę. Wraz z upływem czasu i rozrastaniem się prac coraz to inne nazwy tej dziedziny zarówno w Polsce, jak i na świecie były używane dla opisanego zjawiska. W Polsce początkowo używano nazwy: pomoce obliczeniowe, następnie: aparaty matematyczne, mózgi elektronowe, maszyny matematyczne, elektronowa technika obliczeniowa, przetwarzanie informacji i szereg innych nazw. Do tej pory używa się u nas kilku z nich, różnie rozumianych przez różne środowiska. Na przykład przetwarzanie informacji przez niektórych ludzi jest rozumiane tylko jako zastosowanie maszyn matematycznych do zagadnień administracyjnych (= przetwarzanie danych), a więc bardzo wąsko, natomiast przez innych rozumiane jest znacznie szerzej - jako wszelkie przekształcanie informacji dokonywane nie tylko przez maszyny cyfrowe.

Podobne zjawiska można było obserwować na całym świecie. Jednak w krajach anglosaskich stopniowo skryształizowała się i uformowała nauka pod nazwą "computer science", która stopiła w jednorod-

¹ Dzień 23 grudnia 1948 r. można uważać za datę narodzin zespołu ludzi, którzy poświęcili się temu zagadnieniu. Data ta jest datą pierwszego posiedzenia seminaryjnego w lokalu na Hożej, gdzie wtedy mieściło się "Seminarium Matematyczne" Uniwersytetu Warszawskiego. W zebraniu tym brali udział pierwsi protektorzy tej dziedziny: prof. K. Kuratowski i prof. A. Mostowski.

ną całość problematykę wyrosłą na gruncie powstania maszyn matematycznych. W innych krajach proces ten trwa nadal i jeszcze się nie zakończył.

Profesor G. E. Forsythe z Uniwersytetu Stanford, wygłaszając inauguracyjny wykład na Kongresie IFIP w Edynburgu w tym roku, wyraził opinię, że najbardziej konserwatywne poglądy dotyczące "computer science" pokutują w środkowej i wschodniej Europie, gdzie uważa się, że nie ma przedmiotu "computer science", który byłby różny od matematyki. Na poparcie tej tezy powiedział on dalej, że nie istnieje w językach niemieckim i rosyjskim osobna nazwa na określenie tej dziedziny. "Wycisłlitielnaja matiematika" wydaje się oznaczać coś więcej niż analizę matematyczną, metody numeryczne.

Na Zachodzie istnieje wiele różnych prób definicji nauki zwanej po angielsku "computer science". Prof. Forsythe określa ją jako "sztukę i naukę przedstawiania i przekształcania informacji". Newell, Perlis i Simon [1] uważają, że podobnie jak chemia zajmuje się badaniem związków chemicznych (naturalnych lub sztucznych), a biologia - badaniem żywych organizmów, tak "computer science" zajmuje się badaniem maszyn liczących (istniejących lub hipotetycznych).

W krajach anglosaskich oprócz nazwy "computer science", która jest najbardziej rozpowszechniona, istnieją liczne grupy zwolenników takich nazw jak "information science", "computing and information sciences", "information and computer science". Również w niektórych innych krajach istnieją terminy na określenie tej nauki, np. we Francji termin "informatique", a w Danii "datalogi".

Znaczenie maszyn matematycznych i przetwarzania informacji w nowoczesnym społeczeństwie jest bezsporne. Oczywiście ktoś mógłby powiedzieć, że nie stać nas na rozwijanie maszyn matematycznych i że nie warto się nimi zajmować. Jednak według mnie takie postawienie sprawy może mieć znacznie gorsze skutki niż niedocenienie motoryzacji, która łamie wszelkie plany i przewidywania, a fakt, że wtargnęła ona w nasze życie codzienne, jest oczywisty. Znaczenie maszyn matematycznych jest o wiele większe. Rewolucja technologiczna, którą niosą ze sobą te urządzenia, jest nieuchronna. Dziedzina ta atakuje prawie każdy objaw naszego intelektualnego i technologicznego życia. Sądzę, że na tej sali nie potrzeba nikogo o tym przekonywać.

Niewyodrębnienie omawianej dziedziny w samodzielną naukę powoduje: rozproszenie kadry, niewykorzystanie posiadanego sprzętu, niedocenianie badań podstawowych, fałszywe prognozy planowania i niewłaściwe programy szkoleniowe. Sytuacja panująca u nas może o tym najlepiej świadczyć. Nie można chyba podać lepszego przykładu na potwierdzenie tych słów niż fakt, że obecne Sympozjum jest pierwszym Sympozjum poświęconym w całości tej dziedzinie, co można interpretować tylko w ten sposób, że nikt w Polsce nie uważał tej nauki za odrębną dziedzinę i nie rozumiał jej potrzeb. Innym dobrym przykładem konsekwencji tego stanu rzeczy są opory, na które napotykają inicjatywy wykorzystania wycofywanego sprzętu dla podstawowych prac naukowych. Można tu podać na marginesie, że najciekawsze prace rozwojowe w USA były prowadzone w pierwszym etapie właśnie na przestarzałym sprzęcie: Projekt MAC na maszynach IBM 709 (maszyna klasy URAŁa 2), pióro świetlne i grafika maszynowa na maszynie TX2, maszynowe nauczanie na maszynie ILLIAC 1.

W świetle tego, co było powiedziane poprzednio, uświadomienie sobie istnienia odrębnej nauki obejmującej maszynę matematyczną, maszynową technikę obliczeniową i przetwarzanie informacji, okreś-

lenie jej obszaru i powiązań z innymi naukami, a także potrzeba krótkiej i jasnej nazwy - jest dzisiaj w Polsce nakazem społecznym.

Wydaje mi się, że najodpowiedniejszą nazwą dla tej dziedziny w języku polskim jest słowo: INFORMATYKA.

Mimo że wcześniej cytowane określenia i definicje informatyki mogą służyć jako podstawa do dalszych rozważań, to jednak uważam, że w charakterze roboczej definicji tej nauki można przyjąć propozycję zawartą w specjalnym artykule pt. "Curriculum 68 - Recommendations for Academic Programs in Computer Science" zamieszczonym w miesięczniku "Communications of the ACM". W opracowaniu tego dokumentu brało udział 76 wybitnych specjalistów amerykańskich. Oczywiście można mieć różne zdania na temat tego opracowania. Wiele dyskutowałem nad tym dokumentem z moimi kolegami. Jedni przyjmowali określenia zawarte w nim bez zastrzeżeń, inni widzieli pewne braki, które chcieli uzupełnić. Z niektórymi uzupełnieniami mógłbym się zgodzić, jednak uważam, że na dziś można jako definicję informatyki i jako szczegółowe jej rozwinięcie przyjąć stanowisko podane w tym raporcie. Pełne tłumaczenie podające klasyfikację tego przedmiotu jest załączone w dostarczonych Państwu materiałach. Według tego raportu informatyka składa się z trzech dużych działów:

1. Struktury informacji i przekształcanie informacji - obejmuje przedstawienia i przekształcanie struktur informacji wraz z teoretycznymi modelami tych przedstawień i przekształceń.

2. Systemy przekształcania informacji - obejmuje systemy mogące przekształcać informację. Systemy te zawierają zwykle wzajemne powiązania sprzętu i oprogramowania.

3. Metodologia wykorzystania maszyn - obejmuje metodologie, wywodzące się z szerokiego obszaru zastosowań techniki obliczeniowej o wspólnych, strukturach, procesach i technologii.

Chciałbym teraz zwrócić uwagę na filozofię tego podziału. Podział przeprowadzony jest ze względu na hasła: "co, "na czym" i "w jaki sposób", mając na myśli narzędzie używane przez człowieka. "Co" oznacza to medium, które jest używane w informatyce. "Na czym" - oznacza narzędzia zarówno sprzętowe, jak i programowe, służące do przetwarzania i przechowywania medium. "W jaki sposób" - oznacza metodologię używania tego narzędzia.

Trzeci z tych działów zajmuje się metodologią wykorzystania maszyn, a nie wykorzystywaniem maszyn, co już należy do poszczególnych użytkowników. Informatyka zajmuje się badaniem narzędzia przetwarzania, a nie jego produkcją, którą powinien zajmować się przemysł. Maszyna informacyjna jest tak skomplikowanym urządzeniem, że większość ludzi nie dostrzega różnic jakościowych między metodologią a zastosowaniami, i klasyfikuje zastosowania w zależności od poszczególnych dziedzin zastosowań (co było słuszne tylko w początkowym okresie rozwoju maszyn), zamiast opracowywać ogólną technologię wykorzystywania. Dla znacznie prostszych narzędzi, takich jak np. maszyna do pisania, taka klasyfikacja wydawałaby się wprost śmieszna - nie dzieli się zastosowań maszyny do pisania na zastosowania w biurach, w fabrykach czy gospodarstwach rolnych. Przyjęło się mówić przy wielu okazjach o zastosowaniu maszyn matematycznych w ekonomii, planowaniu, technice itd. jak o czymś różnym, gdy tymczasem rozwiązywanie np. układu równań liniowych na maszynie cyfrowej nie zależy od natury zjawisk opisywanych przez ten układ.

Metodologia stosowania maszyn jest dziedziną jeszcze mało opracowaną i wymaga dalszego rozwoju, który przyczyni się zarówno do

lepszego zrozumienia procesów zachodzących w maszynach, jak i lepszego ich wykorzystania, nie mówiąc już o samym wpływie na doskonalenie struktur systemów maszynowych.

Szczególne sytuacja dziedziny, o której mowa, powstała na skutek tego, że głównym przedmiotem zainteresowania były przez wiele lat prace praktyczne, a mianowicie opracowywanie i produkowanie coraz to nowych i doskonalszych typów maszyn matematycznych. Zupełnie odwrotnie wyglądają początki niektórych innych nauk, np. atomistyki czy astronautyki, w których pierwsze osiągnięcia praktyczne pojawiły się znacznie później niż odkrycia naukowe umożliwiające ich dokonanie i w których bez tych prac teoretycznych osiągnięcia praktyczne byłyby nie do pomyślenia.

Ta długo trwająca szczególna sytuacja w dziedzinie maszyn matematycznych przyczyniła się do ukształtowania określonego sposobu myślenia, który jest wyraźnie widoczny np. w szeroko rozpowszechnionym podziale istniejących maszyn cyfrowych na tzw. generacje, ze względu na rodzaj elementów użytych do ich budowy. Według tego podziału maszyny mechaniczne i elektromechaniczne zbudowane przed rokiem 1946 należy zaliczyć do generacji zerowej. Pierwsza generacja maszyn cyfrowych to maszyny lampowe, druga generacja - maszyny tranzystorowe, trzecia - maszyny zbudowane z elementów scalonych i wreszcie czwarta, obecnie opracowywana, generacja wielkiej integracji (LSI). Powyższy podział odzwierciedla sposób myślenia typowy dla początkowego okresu rozwoju maszyn cyfrowych.

Obecnie staje się jasne, że istotnym kryterium podziału jest struktura maszyny cyfrowej - jej wewnętrzna architektura i struktura wykorzystania. Granicami podziału są tu pewne istotne cechy, które zmieniają właściwości użytkowe i tworzą jakościowo nowe narzędzie.

Pierwsze maszyny były zbudowane w ten sposób, że cały algorytm pracy był zabudowany w urządzenie, a użytkownik mógł tylko zmieniać parametry tego urządzenia, i rozwiązywać tylko te problemy, dla których urządzenie to było zbudowane.

Zasadniczą rewolucję w strukturze maszyny spowodowała koncepcja maszyn z pamiętanym programem - przechowywanie w jednym magazynie razem danych i rozkazów. Maszyny oparte na tej koncepcji tworzą pierwszą generację strukturalną. Maszyny te pozwoliły na rozwiązywanie szeregu skomplikowanych problemów, lecz wymagały bardzo szczegółowego pisania programów dla realizacji postawionych zadań. Mimo że tego typu maszyna umożliwia rozwiązywanie prawie wszystkich zadań, jednak jest ona bardzo niedopasowana do człowieka.

Wprowadzenie języków algorytmicznych i specjalistycznych języków programowania stworzyło drugą generację strukturalną. Wprowadzenie języków specjalistycznych przybliżyło maszynę do użytkownika, umożliwiło specjalistom z wielu dziedzin wykorzystywanie maszyny bez żmudnego i uciążliwego programowania. Ważny skok jakościowy stanowią graficzne urządzenia dla komunikacji człowieka z maszyną. Rodzi się trzecia, nowa generacja strukturalna. Maszyna zmienia się, staje się narzędziem, które może użytkować inżynier i biolog, kupiec czy humanista.

Prowadząc dalej nasze rozważania warto się teraz zastanowić, co jest niezbędne dla prawidłowego rozwoju tej dziedziny. Uważam, że podstawowym warunkiem jest posiadanie kadry. Winna to być kadra różnego rodzaju i na różnych poziomach właściwie przeszkolona, ale sprawą kluczową jest posiadanie kadry kierowniczej, posiadającej gruntowną i rozległą wiedzę w tej dziedzinie. Warunkiem drugim jest właściwe wykorzystanie takiej kadry. Jak ważne i skomplikowane jest

to zagadnienie, niech dla ilustracji przytoczę zdanie już cytowanego Profesora Forsythe'a, który uważa że w USA "jest tylko kilka osób najwyższej klasy i jest poważnym problemem wagi państwowej, jakie stanowiska winny te osoby zajmować". Tak samo ważnym zagadnieniem, jak posiadanie dobrej i wysoko wykwalifikowanej kadry, jest ogólne zrozumienie przez społeczeństwo specyfiki i potrzeb tej nauki.

Obeonie w Polsce prawie nie posiadamy wysoko kwalifikowanej kadry informatyków. Wielu naszych fachowców to samoucy, którzy są nawet znakomici w wąskich wyspecjalizowanych dziedzinach, ale którym brak ogólnych podstaw informatyki. Stwierdzenie to dotyczy nie tylko pracowników różnych instytutów, ale również wykładowców w szkołach wyższych i na różnych kursach. Ilość wiedzy, którą musi opanować prawidłowo wyszkolony informatyk, wymaga 3-4 lat studiów. Rzadko kto może poświęcić wolny czas na dodatkowe doszkalanie się w tej dziedzinie w takim wymiarze, przy czym należy zwrócić uwagę, że szybkość rozwoju tej dziedziny jest tak wielka, że samodzielne, indywidualne śledzenie i przyswajanie sobie nowych faktów z całej dziedziny jest niemożliwe.

Ze sprawą szkolenia kadry organicznie łączą się badania podstawowe. Osobliwością jest, że w Polsce nie istnieje ośrodek poświęcony pracom podstawowym w tej dziedzinie. Powołana w 1950 r. placówka, przekształcona później w Instytut Maszyn Matematycznych, odbiegła właściwie od pracy podstawowej i przestawiła się głównie na prace projektowe, co byłoby właściwe, gdyby istniała inna placówka prowadząca badania podstawowe w odpowiednio szerokim zakresie. Niestety, takiej placówki nie było i nie ma, gdyż Centrum Obliczeniowe PAN było skierowane głównie na numeryczną działalność usługową. Najbardziej szkodliwym efektem tej polityki jest rozproszenie kadry naukowej. Prawie zupełny brak prac podstawowych w dziedzinie informatyki powoduje niedostatek wykładowców na wyższych uczelniach i zupełny brak rozeznania w tej dziedzinie wśród naszych ludzi nauki. Liczni, nawet spośród wybitnych polskich naukowców, w sposób niesłuszny utożsamiają zastosowania maszyn z rachunkami numerycznymi, mimo że dzisiaj ta dziedzina zastosowań jest już bardzo mała w porównaniu z innymi. Następną konsekwencją dezinformacji naukowców z innych dziedzin jest utożsamianie informatyki z matematyką, elektroniką czy też automatyką. Tak więc w obecnej chwili opracowanie i zrealizowanie planu stworzenia i szkolenia kadry informatyków jest sprawą palącą.

Obecnie na naszych uczelniach szkoli się nie informatyków, a matematyków z encyklopedyczną wiedzą z dziedziny maszyn matematycznych, inżynierów elektroników wyspecjalizowanych w wybranych elementarnych gałęziach informatyki. Brak nam absolwentów wszechstronnie i głęboko wyszkolonych, i zrozumienia potrzeby takiego szkolenia. Mam nadzieję, że na dyskusji panelowej, poświęconej sprawie kształcenia w przetwarzaniu informacji, zagadnienie to będzie szeroko przedyskutowane.

Nawiązując do tego, co uprzednio powiedziałem, musimy zdać sobie sprawę, że wyodrębnienie informatyki jako samodzielnej nauki będzie czynnikiem organizującym i początkującym naszą działalność zarówno w zakresie kształcenia, prac podstawowych, jak i całej działalności państwowej i gospodarczej.

- [1] NEWELL A., PERLIS A.J. i SIMON H.A.: What Is Computer Science, vol. 157 (1967), ss. 1373-1974.
- [2] FORSYTHE G.A.: Computer Science and Education, IFIP Congress 68, Edinburgh.
- [3] Curriculum 68 Recommendations for Academic Programs in Computer Science. Communications of the ACM, vol. 11, No. 3, 1968, ss. 151-197.
- [4] TURSKI W.: Nie opublikowany esej nt. "Computer Science".

I. STRUKTURA I PRZEKSZTAŁCANIE INFORMACJI

1. STRUKTURY DANYCH

Opis, reprezentacja i operowanie liczbami, układami liczbowymi, listami, drzewami, plikami, itp.
 Organizacja, rozmieszczenie i dostęp do pamięci.
 Numeracja, poszukiwanie i sortowanie.
 Technika generowania, modyfikacji, transformacji, usuwania.
 Statyczne i dynamiczne właściwości struktur.
 Algorytmy operowania zbiorami, grafami i innymi strukturami kombinatorycznymi.

2. JĘZYKI PROGRAMOWANIA

Przedstawianie algorytmów, syntaktyczne i semantyczne określenie języków.
 Analiza wyrażeń, zdań, deklaracji, struktur sterujących i innych cech języków programowania.
 Struktury dynamiczne, powstające w czasie wykonywania programów.
 Projektowanie, rozwijanie i ocena języków.
 Efektywność i upraszczanie programów.
 Sekwencyjne przekształcanie struktur programowych.
 Języki do specjalnych zastosowań.
 Relacje między językami programowania a językami formalnymi i lingwistyką.

3. MODELE OBLICZEŃ

Analiza behawioralna i strukturalna obwodów przełączających i maszyn sekwencyjnych.
 Własności i klasyfikacja automatów.
 Algebraiczna teoria automatów i teoria modeli.
 Języki formalne i gramatyki formalne.
 Klasyfikacja języków na podstawie urządzeń rozpoznających.
 Analiza syntaktyczna, formalny opis semantyki.
 Przetwarzanie sterowania składnią.
 Problemy rozstrzygalności dla gramatyk, podejście do języków programowania jako do automatów.
 Inne formalne teorie języków programowania i obliczeń.

II. SYSTEMY PRZETWARZANIA INFORMACJI

1. ORGANIZACJA I PROJEKTOWANIE MASZYN

Rodzaje struktur maszyn cyfrowych - maszyna von Neumana, układy maszyn, maszyny z wyprzedzeniem.
 Hierarchie pamięci, rejestry przerzutnikowe, rdzenie, dyski, bębny, taśmy i techniki dostępu do nich.
 Mikroprogramowanie i realizacja funkcji sterowania, obwody arytmetyczne, kody rozkazowe.
 Techniki wejścia i wyjścia.
 Struktury wieloczynnościowe i wieloprogramowe.

2. TRANSLATORY I INTERPRETATORY

Teoria i technika budowy programów zestawiających, kompilujących, ładujących i wydawniczych oraz programy konwersji (nośniki, formaty, itp.).

3. MASZYNY I SYSTEMY OPERACYJNE

Monitowanie programów i gospodarka danymi.
 Programy bilansujące i użytkowe.
 Programy i dane biblioteczne.
 Organizacje modularne systemów programowania.
 Łączniki i komunikacje między modułami.
 Wymagania dla zewnętrznego systemu wielodostępnego, wieloprogramowego i wielomaszynowego.
 Opisy i dokumentacja wielkich systemów.
 Technika uruchamiania i diagnostyki.
 Pomiar wydajności.

4. SYSTEMY SPECJALNEGO ZASTOSOWANIA

Maszyny hybrydowe i analogowe.
 Specjalne urządzenia dla przesyłania i wyświetlania danych.
 Urządzenia peryferyjne i łącza dla specjalnych zastosowań.
 Specjalne oprogramowanie wspomagające.

III. METODOLOGIA WYKORZYSTANIA MASZYN

1. METODY NUMERYCZNE

Algorytmy numeryczne i ich własności teoretyczne i obliczeniowe.
 Analiza błędów obliczeniowych (zaokrąglenie i obcięcie).
 Automatyczne szacowanie błędów i zagadnienia zbieżności.

2. PRZETWARZANIE DANYCH I GOSPODARKA PLIKAMI

Technika stosowana w bibliotekach, biomedycynie, systemach gospodarki informacjami.

Języki do przetwarzania plików.

3. MANIPULACJA SYMBOLAMI

Formuły operacji tego typu jak skracanie i formalne różniczkowanie.

Języki manipulacji symbolami.

4. PRZETWARZANIE TEKSTÓW

Wydawanie, poprawianie, adjustowanie tekstów.

Projektowanie skorowidzów.

Stosowana analiza lingwistyczna.

Języki przetwarzające teksty.

5. GRAFIKA MASZYNOWA

Dyskretyzacja i przechowywanie cyfrowe.

Urządzenia generujące i wyświetlające, kondensacja i uwydatnianie obrazów.

Geometria i topologia obrazów.

Perspektywa i obroty, analiza obrazów i języki graficzne.

6. SYMULACJA

Modele operacyjne i naturalne.

Dyskretne modele symulacyjne.

Modele o ciągłej zmianie.

Języki symulacyjne.

7. WYSZUKIWANIE INFORMACJI

Indeksowanie i klasyfikacja, techniki statystyczne.

Automatyczna klasyfikacja.

Strategie sprawdzania i poszukiwania.

Wyjścia dodatkowe, takie jak abstrakty i indeksy.

Systemy selektywnego rozprowadzania.

Automatyczne systemy pytań i odpowiedzi.

8. SZTUCZNA INTELIGENCJA

Heurystyka.

Modele mózgu.

Rozpoznawanie postaci.

Udowodnianie twierdzeń, rozwiązywanie problemów.

Gry.

Systemy adaptacyjne i rozpoznające.

Systemy człowiek-maszyna.

