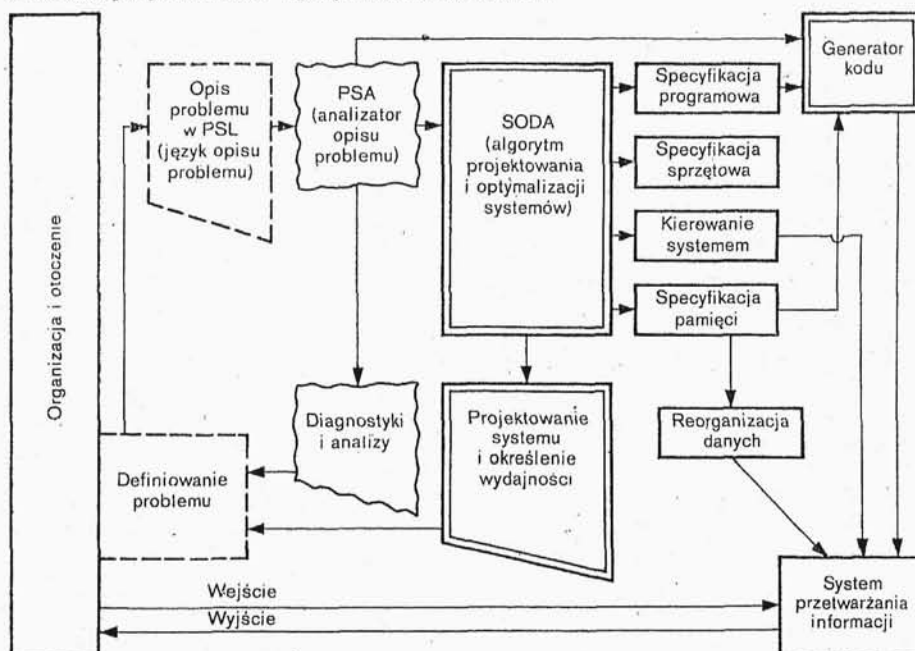


Optymalizowanie wewnętrznych rozwiązań systemu informacyjnego zapewnia technika ISDOS (*Information System Design and Optimization System*), którą łączy się z techniką PSL/PSA, techniką SODA (*System Optimization and Design Algorithm*). Technika SODA wytwarza się programy, które zostają dopasowane do aktualnych warunków pamięciowych. Dzięki temu powstaje program wynikowy (*object*) zdolny do konwersji WE na WY. Na rysunku 4.73. podano schemat działania ISDOS.

Rysunek 4.73.
Technika projektowania i programowania ISDOS



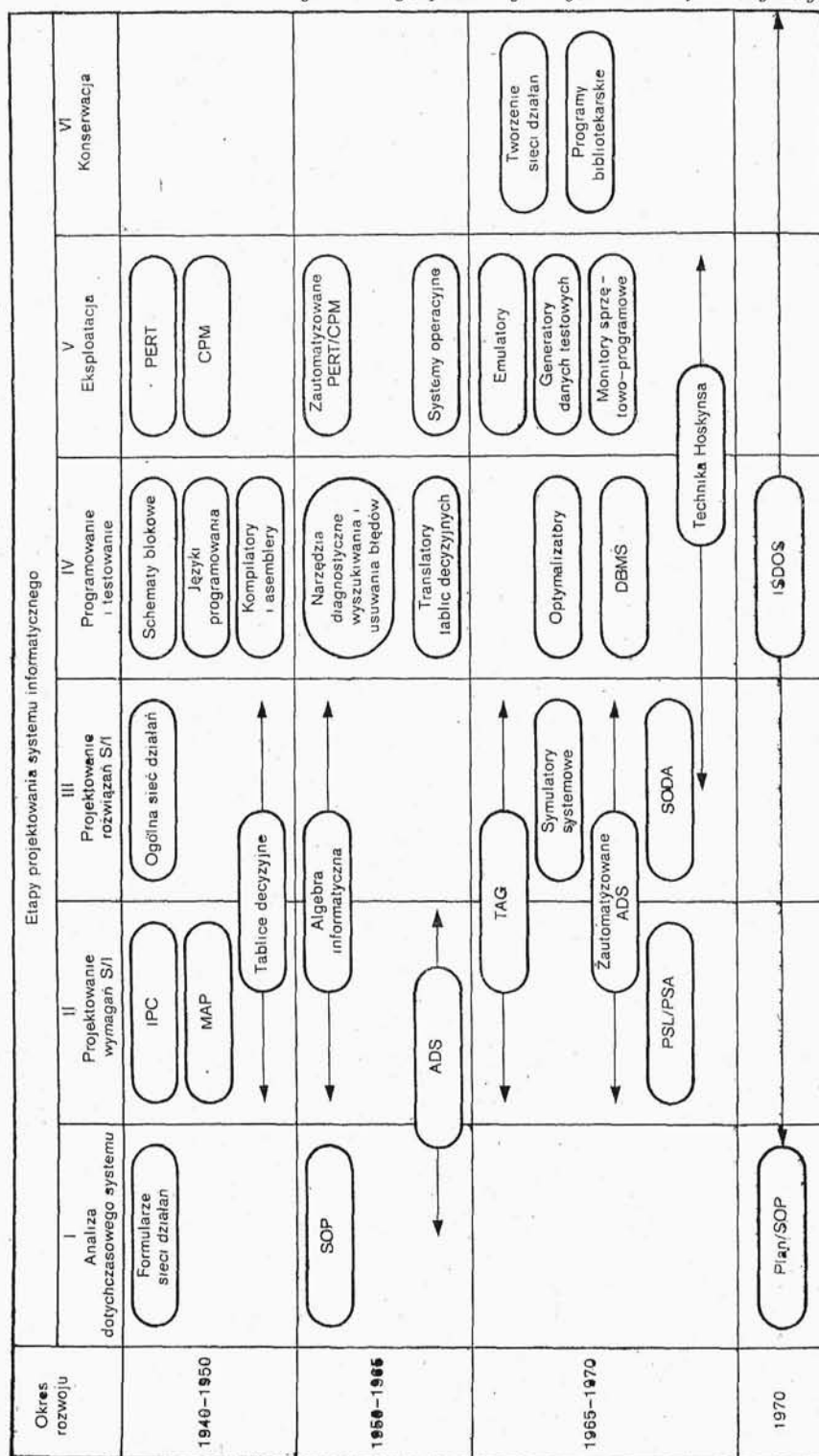
Wykorzystanie różnych technik projektowania S/I podano na rysunku 4.74., z którego wynika, że dotąd aktualne w informatyce powiedzenie, że „dzieci szewca chodzą bez butów” — powoli zaczyna nie odpowiadać stanowi faktycznemu.

4.5.3.

Zarys techniki projektowania stykowego
„PRO-RES” modeli systemów informatycznych
dla potrzeb kierowania systemami gospodarczymi

Z dotychczasowego dorobku praktycznego i teoretycznego metod i technik projektowania S/I wynikają następujące spostrzeżenia:

Rysunek 4.74.
Ewolucja technik projektowania systemu informatycznego



1. W rozwoju metod i technik projektowania dąży się do autonomicznego traktowania systemu informacyjnego w stosunku do nadrzędnego systemu kierowania. Wyrazem tego jest pomijanie specyficznych cech procesów, zasobów i samego systemu kierowania.

2. Największy nacisk na rozwój narzędzi projektowych kładzie się na organizację torów, kanałów, sieci informacyjnych oraz programów przetwarzania na komputerach, przy pomijaniu logiki podsystemów, systemu i nadsystemów.

3. Prace projektowe są tak prowadzone, że często nie wiadomo, ile zostało już wykonane, a ile jeszcze pozostało do wykonania.

4. Projektowanie S/I polega na ciągłym podejmowaniu decyzji kompromisowych, które podważają zasadność posługiwania się tzw. idealnym modelem S/I. Model idealny wytwarza nawet błędne przeświadczenie, że tylko jedno rozwiązanie jest możliwe. Szczególnie niebezpieczne są uproszczenia, jakie taki model zawiera i późniejsze konsekwencje stąd płynące, gdyż na podstawie poglądowego modelu podejmuje się szczegółowe, wiążące rozstrzygnięcie projektowe.

Spostrzeżenia te można uznać za pewnego rodzaju prawidłowości, które wynikają i będą wynikać, gdy stosuje się metody projektowania wycinkowego i kompleksowego. Warto dodać, że projektowanie całościowe przeciwdziała mankamentom wymienionym w pkt. 1), 2) i 3). Natomiast mankamentu wymienionego w pkt. 4) można uniknąć dzięki ograniczonemu stosowaniu techniki modelu idealnego; oprócz tej techniki staje się konieczne posługiwanie się techniką projektowania stykowego. W technice tej zajmujemy się relacjami między podsystemami: gospodarczymi (np. według: procesów, zasobów, komórek), informacyjnymi (między funkcjami informacyjnymi) i informatycznymi (między funkcjami informatycznymi), dla wszystkich obiektów totalnego (nadrzędnego) systemu. Na połączeniach wymienionych podsystemów powstają węzły projektowe, których rozwiązania mają wpływ na sąsiadujące podsystemy. W wielkich S/I takim węzłem jest m.in. system transmisji danych, system kierowania gospodarczego, system liczący itp.

Po zbudowaniu logiki S/I metodą projektowania całościowego i techniką stykową — do wyłonionych w ten sposób podsystemów można zastosować omówione dotychczas techniki projektowe, szczególnie przydatne do rozwiązań szczegółowych.

Dzięki projektowaniu całościowo-stykowemu zapewnia się utrzymanie makroproporcji S/I oraz nie przesądza się kształtu rozwiązania docelowego.

Dochodzenie do niego zapewnia projektowanie styków. W ten sposób projektowanie całościowo-stykowe ma charakter projektowania permanentnego. Uwzględnia się w nim etap eksploatacji i konserwacji S/I. Mylny

jest pogląd jakoby można było zaprojektować cały jeden gospodarczy S/I, w ramach jednorazowego przedsięwzięcia, np. na wzór budowy mostu czy hotelu.

Szczegółowe kroki postępowania w projektowaniu stykowym wynikają z koncepcji metodycznej syntezy gospodarczego systemu informacyjnego. Przypomnijmy, że ową kolejność można widzieć następująco:

1) wyodrębnienie procesów gospodarczych w rozpatrywanym obiekcie,

2) wyodrębnienie zasobów gospodarczych w rozpatrywanym obiekcie,

3) dla każdego procesu analizuje i projektuje się informacje wynikowe w tablicy: zasoby (główka), funkcje informacyjne (boczek),

4) w miejscach tablicy, gdzie informacja wynikowa jest liczna, przeprowadza się analizę metodą redukcji i odwrotnie tam, gdzie występują braki informacji wynikowej — projektuje się ją,

5) ustalone WY informacyjne projektuje się w ramach jednolitych struktur, odmiennych dla każdej fazy informacyjnej,

6) pod ustalone WY projektuje się WE informacyjne,

7) w dalszych etapach projektowych można wykorzystać jedną z wymienionych technik.

Ponieważ w technice projektowania stykowego wszelkie rozwiązania biorą początek od analizy procesów i zasobów, stąd technikę tę możemy nazwać techniką projektowania stykowego procesowo-zasobową: PRO-RES.

5

Modele rozwoju środków informatyki

5.1.

Zagadnienia modelowania rozwoju środków informatyki

Celem przewidywania rozwoju środków informatyki jest informowanie decydujących o tym, co może być osiągnięte lub czego należy oczekiwać w tej dziedzinie. Bez tego celu każde prognozowanie techniki, niezależnie od opracowanych szczegółów, staje się bezużyteczne.

Szybkie i różnorakie zmiany w informatyce niejako przyzwyczaiły nas do wyczekiwania i fascynowania się nowymi osiągnięciami w tym zakresie, powodując ciągłe zmiany w strategiach rozwojowych informatyki, zbyt kosztowne i nie stabilizujące działalności branży informatyki. Przykładem może być niedostrzeganie w Polsce roli minikomputerów do 1971 r. i nastawienie się na produkcję „maszyn średnich”. Drugim przykładem jest niedocenienie roli krajowej, powszechnej sieci transmisji danych i przerwanie w 1974 r. prac nad INFOSTRADĄ (Katowice—Warszawa—Gdańsk); w tym czasie Polska, będąca pionierem tej koncepcji, schodzi na pozycję obserwatora tego typu poczynąń w najbardziej rozwiniętych krajach Europy, w tym ZSRR. Konsekwencje braku wyobraźni lub krytykowanie jej przez oponentów metodami dalekimi od posługiwania się racjami państwowymi powodują poważne straty gospodarcze i społeczne.

Modelowanie rozwoju środków informatyki jest warunkiem podejmowania trafnych decyzji w polityce informatycznej, dających możliwość wyszukiwania luk rozwojowych, pokrywania ich własnym dorobkiem i podciągania tych odcinków, dla których dorobek światowy określił ramy rozwojowe.

Rola strategiczna informatyki wobec innych dziedzin nauki, techniki i gospodarki jest wiodąca, gdyż buduje informacyjną infrastrukturę tych

dziejzin. Stąd trzeba prowadzić badania nad modelami rozwoju informatyki, tym bardziej że manipulowalność informatyką, czyli ludzkie oddziaływanie na nią, jest szczególnie łatwe.¹

W pełnej prognozie rozwoju techniki (mamy na myśli środki informatyki) należy uwzględniać wymagania użytkowe, obecny stan informatyki oraz przewidywane skutki społeczne. W pracy tej starano się spełnić te warunki. Wymagania użytkowe zostały podane w punktach 5.1. i 5.4. Stan rozwoju informatyki omówiono w rozdziałach 2 i 3; natomiast w rozdziale 5 zostaną podane przewidywania (ujęte w modele) rozwoju ważniejszych grup środków informatyki. W rozdziale 6 nakreślono niektóre skutki społeczne informatyki, dotąd mało poruszane w literaturze. Do głównych obiektów prognozy środków informatyki zaliczono: technikę i architekturę systemów liczących, oprogramowanie, transmisję danych, instalacje zestawów liczących, kwalifikowane kadry informatyki.

W zależności od obiektu prognozy przyjęto odpowiednią metodę prognozowania.

Dla prognozy techniki i architektury systemów liczących przyjęto metodę uwzględniania „niespodzianek” (*surprise-free*) opartą na mieszanym podejściu, w którym uwzględniono: ekstrapolację trendów² i intuicję. Przy formułowaniu wniosków opartych na intuicji posłużono się tzw. metodą prognozy wiodącej, wypracowanej techniką delficką (wypośrodkowanie opinii ekspertów). Podejście mieszane zastosowano dlatego, że ekstrapolacja pewnej, znanej tendencji rozwojowej w technice zakłada, iż rozwój dokonuje się w zasadzie bez gwałtownych zmian, a wiadomo, że rozwój techniki w informatyce polegał właśnie na odkryciach (lampa, tranzystor, układ scalony) wywołujących owe zmiany.

Prognozę rozwoju oprogramowania oparto na tzw. metodzie ruchu, która zakłada, że gdy znana jest przyczyna, to można wówczas określić i skutek. Rozwój dużych komputerów musiał spowodować koncentrację zbiorów danych, a więc i podrożenie kosztów ich dostarczania i udostępniania przez transmisję danych. Spowodowało to skutek tego typu, że najpierw rozbito wielkie komputery na mniejsze, a potem sięgnięto po możliwość rozbicia wielkich zbiorów na mniejsze. Jest oczywiste, że modna w latach 1975—1977 koncepcja zbiorów rozproszonych czeka na zorganizowanie, które (w tej pracy) przewidziano w formie zbiorów rozdzielonych.

W prognozowaniu rozwoju środków transmisji danych wybrano metodę normatywną, systemową, która polega na określeniu docelowych potrzeb. Posługując się rachunkiem kosztów i niezawodności określono różne pośrednie warianty.

¹ Na rolę manipulowalności określoną dziedziną wskazuje A. Siciński. Por. A. Siciński, *Programy a nauka*, Warszawa 1969.

² Przegląd metod tego typu podaje m.in. Z. Hellwig. Por. Z. Hellwig, *Zarys ekonometrii*, Warszawa 1970.

W celu prognozowania rozwoju instalacji komputerowych posłużono się metodą ekstrapolacji, opartą na modelu rozmnażania się. Wykorzystując zdolności wielkich systemów (chodzi o kraje) do multistateczności, czyli zdolności do samoregulacji w miarę uzyskiwania określonych stopni nasycenia. Podobną metodę zastosowano do zagadnienia budowy modelu potrzeb kadrowych.

W związku z tym przyjęto tezę, że poszczególne problemy rozwojowe wymagają zastosowania odmiennych metod ich określania. W ten sposób starano się uniknąć schematyzmu w podejściu do modelowania rozwoju środków informatyki.

5.2.

Rozwój techniki i sprzętu komputerowego

Na technikę komputerową składają się: elementy, urządzenia i procesy technologiczne występujące w budowie i użytkowaniu sprzętu komputerowego. Do podstawowych elementów zalicza się: elektroniczne, magnetyczne, optyczne, mechaniczne, akustyczne i chemiczne. W ich wytwarzaniu i łączeniu wykorzystuje się prawa: elektromagnetyzmu, termodynamiki, elektroakustyki, mechaniki kwantowej, promieniowania radioaktywnego, łączności, teorii informacji, logiki i matematyki.

W ujęciu konwencjonalnym, gdy mówi się o technice komputerowej, rozpatruje się ją z punktu widzenia użytkownika lub projektanta systemów informatycznych. Wówczas rozpatrywane są takie parametry jak m.in.: prędkość liczenia (w liczbie rozkazów na sekundę, często dobranych według typowych mieszanek), pojemność pamięci (w liczbie znaków lub słów), czas dostępu (mierzony w stosunku do podstawowej jednostki danego komputera, np. słowa), niezawodność (liczona średnią liczbą złych działań w przyjętym okresie lub liczbą godzin pracy bez awarii), architektura zestawu komputerowego (charakteryzowana m.in. wieloprogramowością, podziałem czasu, czasem odpowiedzi w przetwarzaniu na bieżąco, dostępnością końcówek).

Można również rozpatrywać technikę komputerową w ujęciu bardziej szczegółowym, jak np. badać: czasy wykonania rozkazów, czas propagacji elektronicznych obwodów logicznych, zapotrzebowanie mocy zasilania, gęstość upakowania, opóźnienia uzwojenia, poziom szumów, itp. Jeszcze bardziej szczegółowe rozważania wystąpią, gdy weźmie się pod uwagę poziom obwodów: rozpatruje się wówczas m.in.: poziomy prądów i napięć, poziom szumów, grubość warstw dielektrycznych, częstotliwościowo-odpowiedziowe charakterystyki itp.

Każdy z wymienionych poziomów techniki komputerowej może być brany pod uwagę przy prognozowaniu rozwoju techniki komputerowej. Zwykle rozważania tego typu prowadzą od spraw szczegółowych do spraw na poziomie architektury systemu liczącego.

Prognozowanie rozwoju techniki i sprzętu komputerowego może polegać na równoczesnym rozpatrywaniu wszystkich czynników lub też może być ograniczone do ekstrapolowania prędkości liczenia. W prezentowanym podejściu weźmiemy pod uwagę punkt widzenia użytkownika i projektanta systemu informatycznego.

Doskonalenie funkcjonowania sprzętu komputerowego odbywa się w cyklach. Każdy z takiego cyklu określa się generacją komputerową. Cykl życia (*life cycle*) generacji przebiega w następujący sposób: najpierw pojawiają się ulepszone elementy, które są wykorzystywane jeszcze w poprzedniej generacji. Zmieniają się procesy technologiczne wytwarzania, ale nie ma to jeszcze większego wpływu na obniżkę kosztu wytwarzania³ i niezawodność zestawu komputerowego. Dopiero zmiany w technice układowej wpływają na zmiany w architekturze, chociaż nie zawsze. Na przykład architektura komputera ODRA 1305 nie zmieniła się w stosunku do komputera ODRA 1304 mimo przejścia z układów tranzystorowych na scalone. Podobnych przykładów jest wiele i wśród maszyn zagranicznych. Charakterystyczne jest, że koncepcja nowej architektury powstaje w okresie poprzedzającej generacji układowej. Nie można jej jeszcze wykorzystać ze względu na zbyt wysokie koszty wytwarzania lub na nieprzygotowanie rynku. W 1972 r. komputer COGAR SINGER 1500 był na świecie pierwszym, sprzedawanym komputerem z pamięcią wewnętrzną na obwodach scalonych. Jednakże oddzielna sprzedaż tych pamięci napotkała trudności w wyniku jeszcze nie przystosowanego rynku. Dopiero gdy firma IBM wprowadziła podobne pamięci, producenci dostrzegli nowy wyrób⁴.

Pojęcie „generacji” wylansowała firma IBM w 1964 r., kiedy zaczęła reklamować maszyny „360” jako komputery III generacji. Za powód podano zastosowanie układów scalonych małej skali. Wielu producentów zostało zaskoczonych nową klasyfikacją. Ponieważ nikt wówczas nie wprowadził układów SSI do handlowych komputerów, firma IBM odniosła pełny sukces. Niektóre firmy zaczęły nawiązywać do reklamy IBM, jak np. firma GE nazwała swój komputer GE 400, 2,5 generacji. Powodem była technika *hi-pack* polegająca na odsunięciu elementów elektronicznych (oporników, diod itp.) od płytki pakietowej, przez co uzyskano lepsze chłodzenie. Natomiast firma NCR reklamowała swoje maszyny CENTURY 200 za 2,5 generacji z powodu bardzo dobrych parametrów przetwarzaniowych

³ Najlepiej widać to na cenie komputerów ODRA 1305 i ODRA 1304.

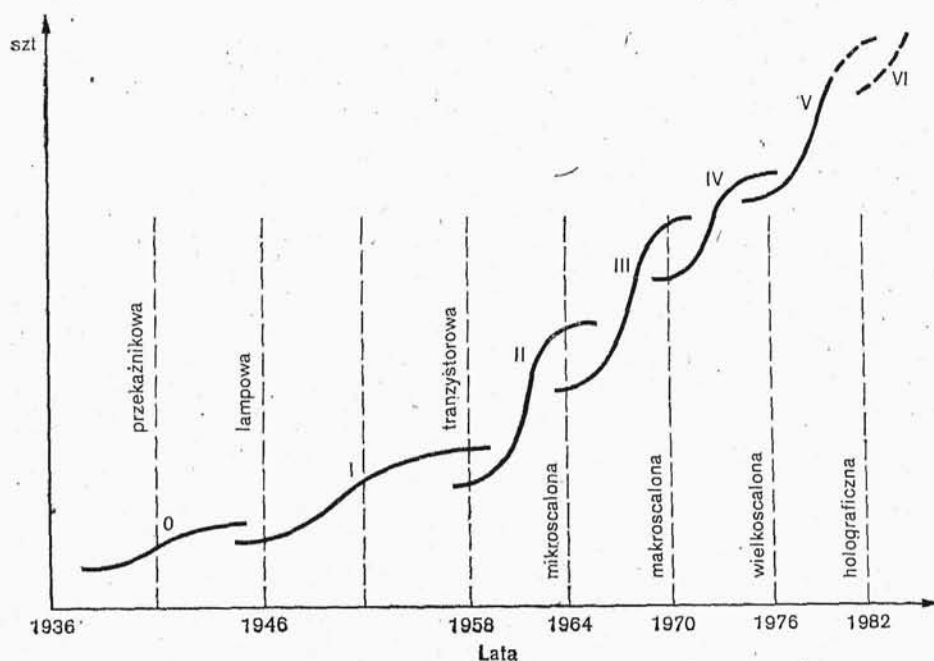
⁴ G. Cogar wygrał proces z IBM, która go niesłusznie oskarżyła o plagiat pamięci, a jako przeproszenie dostał od IBM złote okulary z powiększającymi szklami.

uzyskanych za 1 dolara w stosunku do NCR 315⁵. W tej sytuacji można wykazać i paradoks, polegający na tym, że gdy powszechnie już panowała technika scalona — firma CDC wypuściła superkomputer 7600, najszybszy w owym czasie na świecie, pomimo zbudowania go z obwodów niescalonych.

Wkrótce okazało się, że stosowany podział na generacje nie odzwierciedla faktycznych właściwości komputerów. Wyróżnimy dwa podziały: na generację układową i generację komputerową.

Rysunek 5.1.

Okresy rozwojowe techniki komputerowej według generacji układów



Wyróżnia się następujące generacje układowe (por. rys. 5.1.):

Generacja układowa 0: — przekąźnikowa (początek w 1936 r.), komputery: ZUSE, MARK, Harvard-IBM itp.

Generacja układowa 1: — lampowa (1946 r.), komputery: ENIAC, UNIVAC I, LEO, IBM-701-709, XYZ (1958), EMC (1959) itp.

Generacja układowa 2: — tranzystorowa (1958), komputery PHILCO 2000, IBM 7090, CDC 6600, ZAM 21, 41 (1967), MINSK 32, ODRA 1304 (1970) itp.

⁵ Warto dodać, że maszyna NCR 315 miała jedną z najgorszych pozycji na liście klasyfikacyjnej Knighta.

Generacja układowa 3: — mikroskalona (1964), komputery: IBM 360, UNIVAC 1108, BURROUGHS 6500; ODRA 1305 (1971), R-30 (1970 — ERYWAN 1976) — Wrocław

Generacja układowa 4: — makroskalona (1969), komputery: ENGLISH ELECTRIC SYSTEM 4, ILLIAC IV, AADC (wojskowy ALL APPLICATION DIGITAL COMPUTER)

Generacja układowa 5: — wielkoskalona, stosująca układy GSI (Grand Scale Integration) i LSI (Large Scale Integration)

Generacja układowa 6: — holograficzna, w której stosuje się hybrydowe układy monolityczne scalone i optyczne.

Podział na generacje komputerowe umożliwia rozróżnienie komputerów zbudowanych z układów tej samej generacji, a różniących się właściwościami eksploatacyjnymi. Na przykład komputery PHILCO 2000 i CDC 6600 zbudowane są z układów tranzystorowych, ale różnią się dziesięciokrotnie w wydajności liczenia.

Wyróżnia się następujące generacje komputerowe:

Generacja komputerowa 0: komputery specjalizowane w określonych zadaniach obliczeniowych, będące bardziej przelicznikami niż komputerami we współczesnym sensie (1936—1950).

Generacja komputerowa I: komputery specjalizowane w obliczeniach lub przetwarzaniu danych, lista rozkazów zawiera kilkadziesiąt instrukcji, niewiele rejestrów, programowanie w języku symbolicznym, technika podprogramów włączanych przez samego użytkownika do programu głównego (1951).

Generacja komputerowa II: komputery uniwersalne, przetwarzaniowe, lista rozkazów bogatsza o makrorozkazy, współbieżne wykonywanie operacji WE/WY, szybka pamięć wewnętrzna, masowa pamięć zewnętrzna, partiowe przetwarzanie, języki problemowe, programowe monitorowanie, program koordynacyjny (1958).

Generacja komputerowa III: rodziny (systemy) zestawów komputerowych, obliczeniowo-przetwarzaniowe, wieloprogramowe, abonenckie, zdalne przetwarzanie z końcówek, konwersacyjne i partiowe (*Remote Job Entry*), wieloprosesorowe, działające na bieżąco, programowanie modułowe, automatyczne włączanie podprogramów, program sterujący jako system operacyjny (1964).

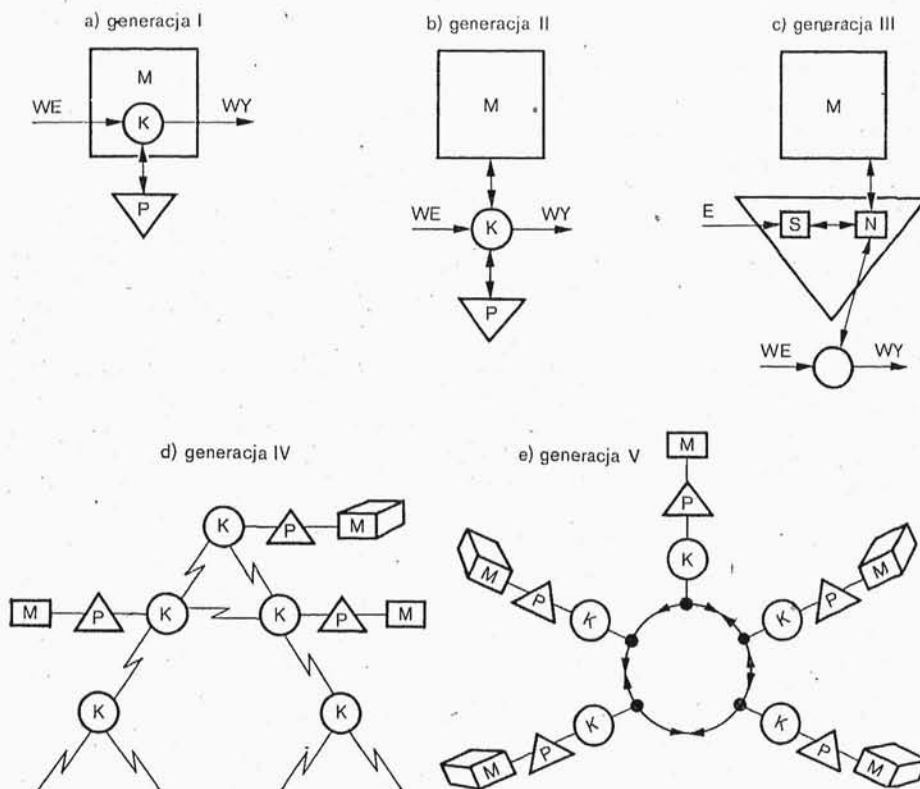
Generacja komputerowa IV: sieci komputerowe: mini- i mikrokomputerowe, podprogramy wbudowane w sprzęt, oprogramowanie ułatwiające użytkowanie sprzętu, szerokie stosowanie baz danych, dekoncentrowanie-rozpraszanie elementów liczących i pamiętających (*distributed intelligence*) i użytkowanie ich w miejscach powstawania i wykorzystywania informacji, wysoka pewność użytkowania (na wzór usług energetycznych, łączności).

Generacja komputerowa V: systemy rozdzielone.

Na rysunku 5.2. podano schematy komputerów różnych generacji. Na podstawie analizy rozwoju sprzętu informatycznego (por. rozdz. 2 i 3) można dodać, że nowe generacje układów pojawiały się co 6 do 7 lat i przynosiły: 10-krotny wzrost prędkości liczenia, 20-krotny wzrost pojemności pamięci, 10-krotny wzrost niezawodności, 10-krotnie potanie elementów.

Rysunek 5.2.

Schematy ideowe charakteryzujące generacje komputerowe



(M — pamięć główna, P — procesor, K — kanał, S — pamięć stała (ROS), N — pamięć notatnikowa, *scratch pad memory*, E — emulator)

tów, 2—5-krotne potanie zestawu komputerowego⁶. Na przestrzeni lat 1956—1970 gęstość zapisu informacji w pamięciach dyskowych IBM wzrosła 400-krotnie. Natomiast w okresie 1952—1974 IBM potaniła wykonanie 100 tys. mnożeń z 1,26 dol. do 5 centów, czyli 25-krotnie.

W późnych latach czterdziestych przypisano amerykańskiemu infor-

⁶ Por. E. C. Joseph, *Future Computer Architectures Polosystems*, Compcom-71, Digest of Papers, IEEE Computer Society, 1972.

matykowi H. Groschowi sformułowanie tzw. prawa Groscha⁷. Prawo to wiąże moc obliczeniową komputera z jego ceną. Zgodnie z tym prawem moc obliczeniowa jest proporcjonalna do kwadratu jego ceny⁸.

Przyjmując za:

C_1, C_2 — ceny dwóch porównywalnych komputerów,

V_1, V_2 — moce obliczeniowe porównywalnych komputerów

prawo Groscha można zapisać w następującej postaci:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_1}{C_2}.$$

W latach sześćdziesiątych Ch. W. Adams udowodnił, że dla drugiej generacji układów moc obliczeniowa jest proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego z krotności cen dwóch porównywalnych komputerów, tzn.

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}.$$

W tablicy 5.1. zestawiono porównywalne rodzaje komputerów, ich średnie szybkości liczenia oraz aktualne ceny (są to ceny samych jednostek centralnych tych komputerów dostarczanych przez wytwórcę wraz z pamięcią operacyjną, której wielkość podano w nawiasach). W celu możliwości porównania przedstawionych komputerów przyjęto jako jednostkę odniesienia komputer EC 1032 (R 32) o wielkości pamięci operacyjnej 256 Kb, szybkości liczenia 250 000 oper./sek. i cenie jednostki centralnej 19,2 mln zł. Następnie założono, że cena jednostki centralnej komputera jest wprost proporcjonalna do wielkości pamięci operacyjnej oraz w cenie jednostki centralnej komputera cena pamięci operacyjnej jest wielkością dominującą.

Tablica 5.1.

Dane komputerów porównywanych według praw: Groscha i Adamsa

Model komputera (wielkość pamięci operacyjnej)	Średnia szybkość liczenia	Aktualna cena sprzedaży
	(oper./s.)	(mln zł)
EC 1020 (128 Kb)	20 000	13,6
EC 1031 (256 Kb)	250 000	19,2
EC 1040 (1024 Kb)	320 000	80,8
EC 1050 (512 Kb)	1 500 000	60,2
ODRA 1305 (64 Kb)	150 000	7,2
ODRA 1325 (64 Kb)	200 000	4,4

⁷ H. Grosch w rozmowie z Autorem nie potwierdził autorstwa.

⁸ Moc obliczeniowa komputera jest wprost proporcjonalna do jej prędkości liczenia. Założenie, że moc obliczeniowa jest równa szybkości liczenia komputera zawęża rozważania do tzw. maszyn do obliczeń. Zmienia w niewielkim stopniu rzeczywisty obraz sytuacji.

W tablicy 5.2. zestawiono porównywane rodzaje komputerów o znormalizowanej wielkości pamięci operacyjnej 256 Kb, aktualne ceny ich jednostek centralnych odniesione do znormalizowanej wielkości pamięci operacyjnej oraz ceny wynikające z ich szybkości liczenia, obliczone zgodnie z zależnością Groscha i zależnością Adamsa.

Tablica 5.2.

Wyniki porównania komputerów według praw: Groscha i Adamsa

Model komputera (znormalizowana wielkość PAO = 256 Kb)	Aktualna, znormalizowa- na cena sprzedaży	Cena obliczona według zależności Groscha	Cena obliczona według zależności Adamsa
	(mln zł)	(mln zł)	(mln zł)
EC 1020	27,2	5,4	0,12
EC 1032	19,2	19,2	19,2
EC 1040	20,2	21,7	31,5
EC 1050	30,1	47,0	690,0
ODRA 1305	28,8	14,9	6,9
ODRA 1325	17,6	17,2	12,0

Na podstawie tego porównania można dojść do następujących wniosków:

1) otrzymane wartości zależą od wartości komputera odniesienia, dlatego należy traktować je z odpowiednim komentarzem,

2) jest faktem oczywistym, że jednostka centralna komputera EC 1020 jest 5-krotnie droższa (według Groscha) niż by na to wskazywała jej moc obliczeniowa, porównanie (według Adamsa) jest jeszcze bardziej niekorzystne; natomiast jednostka centralna EC 1050 jest zbyt tania (według Adamsa) w stosunku do jej mocy obliczeniowej; z obu praw wynika, że cena procesora komputera ODRA 1305 jest 2—3-krotnie za wysoka w stosunku do parametrów liczenia,

3) ceny jednostek centralnych porównywanych komputerów nie są adekwatne do ich mocy obliczeniowych.

Wobec tego nasuwa się pytanie: co jest podstawą ustalania cen jednostek centralnych komputerów? lub co uzyskuje nabywca płacąc określoną cenę za jednostkę centralną danego komputera?

Niewątpliwym powodem przeobrażeń w architekturze zestawów komputerowych są minikomputery⁹. W 1970 r. w specjalnym raporcie firmy Auerbacha na temat minikomputerów stwierdzono, że „mini” określa: rozmiar fizyczny, możliwości obliczeniowe, konfigurację, pomoc w oprogramowaniu, cenę, długość słowa, cykl itp. Zastosowane kryterium polegało na tym, że jeśli czegoś z wymienionych elementów było mało, wówczas

⁹ Fenomen ich wpływu na rozwój sprzętu informatycznego można określić mianem „cichej rewolucji minikomputerów”.

miało się do czynienia z minikomputerem. Nietrudno dodać, że w ten sposób szereg komputerów uznanych za większe, były mini.

Raport Datapro¹⁰ wprowadza kryteria ilościowe. Typowy minikomputer powinno charakteryzować 16-bitowe słowo (choć możliwe są 8, 12, 18 i 24), waga do 25 kg, pobór mocy 500 W (przy 115 V), brak wymagań klimatyzacyjnych, pamięć operacyjna 4 do 16 K, jej cykl 0,8—1,5 μ s, 1 adresowy rozkaz z pośrednim wielopoziomowym adresowaniem, 2 akumulatory, 1 rejestr indeksowy, kontrola parzystości, zabezpieczenie adresów pamięci, układowe mnożenie i dzielenie, zegar, bezpośrednie kanały do pamięci, system przerywań, assembler, BASIC lub FORTRAN lub RPG, prosty system operacyjny i programy usługowe oraz różnego rodzaju urządzenia zewnętrzne.

W tej sytuacji proponujemy określać minikomputerem taką maszynę, której cena wynosi poniżej 100 tys. dolarów. Cena minikomputerów ulega ciąglemu obniżaniu. Najbardziej spektakularne było ogłoszenie firmy Computers Automation, która w 1973 r. zaczęła dostarczać „nagie” mini (4 K i 1,5 μ s cykl PAO) po 990 dolarów za sztukę w partiach po 200 sztuk. Inna firma INTEL zbudowała mini MCS-4 z czterech czipsów: procesor, rejestr pamięci, pamięć czytająco-pisząca, programowana pamięć stała (ROM). Cena jednego czipsa wynosiła w 1971 r. od 3 do 30 dolarów, w partiach po 100 sztuk. Z tych elementów komputer 4K kosztował w granicach 900 dolarów.

Fakt taniości minikomputerów podważył egzystencję wielkich instalacji komputerowych. Wynika to z tego, że użytkowanie wielkich komputerów CDC 6600, CDC 7600 spowodowało powstanie koncepcji rozdzielania centralnej mocy obliczeniowej między rozproszonych użytkowników z końcówkami (*distributing processing*). W miarę jak owa koncepcja stała się coraz droższa w realizacji (rosły koszty transmisji danych) rozpoczął się proces rozpraszania możliwości pamięciowych i obliczeniowych i budowanie tzw. inteligentnych końcówek. Powstawała nowa koncepcja tzw. przetwarzania rozproszonego (*distributed processing*). Przetwarzanie rozproszone można traktować w układzie hierarchicznym. Na najniższym poziomie (P_0) użytkownik wprowadza, wyszukuje, wyświetla i drukuje dane. Na poziomie pośrednim P_1 dysponuje większą pamięcią i przetwarza te zadania, które były za duże dla P_0 . Na poziomie P_2 można umieścić średni komputer do przetwarzania danych. Poziom P_3 wyposażony może być w duży komputer do celów symulacji i złożonych obliczeń. Na poziomie P_2 i P_3 znajdowałyby się zbiory informacji. Podstawowym celem przetwarzania rozproszonego jest: zmniejszenie kosztów transmisji danych, zwiększenie niezawodności przetwarzania (zjawisko mulistateczności w sie-

¹⁰ Por. Datapro Research Corporation, *All About Minicomputers*, New Jersey 1972.

ci) i bezpośrednie zainteresowanie użytkownika usługami informatycznymi.

Od przetwarzania rozproszonego (wiedzie droga rozwojowa do systemów rozdzielonych (*distributed systems*). Przetwarzanie rozproszone może sugerować pewną dowolność w systemie informatycznym, zresztą w pełnym sensie i tak jest. Natomiast w systemach rozdzielonych kładzie się nacisk (por. koncepcję INFOSTRADY A. Targowskiego — 1972) na:

- rozdzielone przetwarzanie,
- rozdzieloną transmisję danych,
- rozdzielone zbiory,
- zasady systemowego działania.

Różnica między rozproszonym a rozdzielonym przetwarzaniem polega na tym, że w trybie rozdzielonym komputer specjalizowany jest według funkcji informacyjnych, a w trybie rozproszonym według funkcji informatycznych.

Rozdzielona transmisja danych polega na zorganizowaniu jej w sieci pierścieniowej (infostrady), która umożliwia dwuazymutowe przesyłanie (w lewo lub w prawo, w razie awarii), bez dublowania urządzeń. Warto zauważyć, że rozproszone przetwarzanie organizuje się w sieci gwiazdziej. Rozdzielona transmisja winna umożliwić przesyłanie pakietów informacji w miejsce przełączania linii i komunikatów (sieć gwiazdzysta). W wypadku wykrycia błędów transmisji istnieje możliwość zastosowania alternatywnego kanału. Ten typ transmisji umożliwia standaryzowanie kodu danych, niezależnego od kodów poszczególnych, różnorodnych komputerów.

Rozdzielone zbiory polegają na decentralizowaniu aktualizowania i utrzymania zbiorów, natomiast centralnie utrzymuje się indeks adresowy lokalizujący pozycje informacyjne w zbiorach rozdzielonych. Koncepcja ta nie jest przeciwstawna koncepcji zbiorów scalonych. Nadal pojęcie zbioru scalonego jest ważne. Rozdzielone jest przechowywanie informacji, ale w ramach logicznie scalonych zbiorów (por. koncepcję indeksu centralnego).

Zasada systemowego działania polega na tym, że system rozdzielony nie jest systemem zdecentralizowanym, złożonym z samodzielnych podsystemów. Z tego względu konieczne jest przestrzeganie reguł dotyczących: dostępu do zbiorów, ich zabezpieczania, aktualizowania, utrzymywania, przesyłania informacji, programów, definicji elementów informacji, reguł przetwarzania itp.

Wśród licznych sposobów klasyfikowania sprzętu komputerowego (m.in. por. pkt. 4.4.3.) mało jest przydatnych dla celów prognozowania. Stąd proponujemy posłużenie się kryterium rozróżniającym otoczenie, w jakim działa sprzęt komputerowy. Można wyróżnić przynajmniej dwa skrajne otoczenia — środowiska: a) środowisko, któremu sprzęt stawia wa-

runki (np. klimatyczne) i b) środowisko, któremu sprzęt musi się podporządkować (np. w przestrzeni kosmicznej, na polu bitwy, pod wodą), środowisko, które jest „wrogiem” (wysoka temperatura, wilgotność, wstrząsy, wibracje, ciśnienie, brud, niestale zasilanie itp.) wobec sprzętu. Komputery działające w pierwszym środowisku nazwiemy ogólnego przeznaczenia (KOP), a występujące w drugim — nazwiemy komputerami regulacyjnymi lub specjalnymi (KRS)¹¹. Z kolei komputery KRS można podzielić według stopnia zaangażowania ich obsługi operatorskiej. Wówczas wyróżnimy autonomiczne (samodzielne, bez obsługi), rejestracyjne (ograniczona obsługa), oddziałujące (z pomocą obsługi)¹².

Liczenie jest procesem łączenia operacji (określonych rozkazami) na danych. Kolejność operacji wyznacza zastosowany algorytm. Operacje mogą być ułożone w stałej lub w zmiennej kolejności. Stała kolejność operacji umożliwia ich współbieżne wykorzystanie. Wówczas zwiększa się prędkość liczenia. Większość ulepszeń, jakie wprowadzono do ery pierwszych szeregowych komputerów, polega na zwiększeniu stopnia współbieżności wykonywania operacji. Ideałem byłoby całkowite zrównoleglenie ich wykonywania, czemu jednak przeszkadza kolejność wyznaczona przez algorytm. Wymienione ulepszenia wprowadza się głównie w rozwiązaniach układowych, jakkolwiek często powodują one wzrost złożoności oprogramowania (systemu operacyjnego).

Architekturę komputerów KOP można scharakteryzować: a) strumieniem rozkazu i b) strumieniem danych.

W jednostrumieniowych rozkazach można wyróżnić:

a) jednostrumieniowe dane, wówczas występuje konwencjonalny komputer jednoprosesorowy, np. CDC 7600¹³,

b) jednostrumieniowe dane, jeśli stosuje się wobec nich rozkazy wielokrotnie powtarzające się, wówczas przesyła się je w szeregu M specjalizowanych rejestrów; taki komputer określa się jednoprosesorowym-rurociągowym (*pipelined computer*), np. IBM 360/195, CDC-STAR 100,

c) wielostrumieniowe dane, ten sam rozkaz jest wykonywany na różnych danych w różnych współbieżnie działających procesorach; maszynę taką określa się jako komputer szykowy (*array computer*), np. ILLIAC IV,

d) wielostrumieniowe dane, przy czym poszczególne procesory komputera szykowego są stowarzyszone ze słowami pamięci asocjacyjnej, maszynę tego typu określa się jako komputer asocjacyjny, np. Goodyear STARAN-IV.

¹¹ Nie należy mylić z innym podziałem na komputery uniwersalne i specjalne, które rozróżnia się m.in. według kompletności lub specjalizacji konfiguracji, listy rozkazów.

¹² W dalszych rozważaniach ześrodkujemy uwagę na komputerach KOP.

¹³ W przykładach podano komputery najszybciej liczące.

Gdy występują wielostrumieniowe rozkazy, wówczas występują również wielostrumieniowe dane, które pochodzą z tej samej hierarchii pamięci. Taki komputer nazywa się

e) wieloprocesorowym.

Z punktu widzenia rozwoju techniki komputerowej ześrodkujemy uwagę na dwóch podstawowych parametrach, tj. na koszcie i prędkości liczenia. Parametry te wyznaczają ramy dla pozostałych rozwiązań.

Prędkość liczenia mierzy się w milionach rozkazów mieszankowych na sekundę, czyli w MIPSach (*Milion Instruction Per Second*). W 1960 r. najszybszym komputerem był IBM 7090, który liczył z prędkością 0,2 MIPS. Ulepszona jego wersja IBM STRETCH okazała się nieudana, gdyż gwarantowała tylko 0,5 MIPS. Podwojenie tej prędkości liczenia gwarantował komputer CDC 6600, przekraczając 1 MIPS. W ciągu 4 lat (1964—1968) nastąpiło radykalne przyspieszenie obliczeń. Komputer firmy CDC 7600 (z generacji układowej) liczył z prędkością 11 MIPS. W pięć lat potem firma IBM wyszła z identycznie liczącym komputerem IBM 360/195¹⁴, a firma UNIVAC z nieco wolniejszym — UNIVAC 1110. Wymienione komputery są jednoprocessorowe, z wyjątkiem wieloprocesorowego komputera UNIVAC. W badaniach kosmicznych (w tym satelity) określa się potrzeby w zakresie prognoz krótkoterminowych pogody na komputery liczące z prędkością 1000 MIPS. Agencja ARPA sfinansowała prace firmy Burroughs nad takim komputerem, nazwanym ILLIAC IV. Rozpoczął on etap budowy komputerów szykowych, które mają liczyć najszybciej. W 1990 r. przewiduje się, że będą liczyć w granicach 10 000 MIPS. Jednakże wersja komputera ILLIAC IV z 1972 r. przekroczyła z ledwością 100 MIPS. W tych samych granicach prędkości liczą komputery Goodyear STARAN IV (komputer asocjacyjny) i CDC STAR 100 (komputer rurociagowy). Na rysunku 5.3. podano prognozę wzrostu prędkości liczenia według wymienionych rodzajów komputerów¹⁵. Wynika z prognozy, że do 1990 r. jest możliwe liczenie z prędkością około 10 miliardów rozkazów mieszankowych na sekundę. Prędkość tę może najszybciej osiągnąć komputer szykowy. Ze znanych obecnie koncepcji konstrukcji komputerowych, nie widać jednak, by mogły one doprowadzić prędkości liczenia do 100 miliardów operacji mieszankowych na sekundę. Warto dodać, że nie widać również zapotrzebowania na liczenie w takich prędkościach. Z tego względu może zabraknąć funduszy na dalsze badania. Na ogół dotychczas potrzeby wyprzedzały możliwości liczenia. Najbardziej wymagające zapotrzebowanie

¹⁴ Komputer został wykonano na zlecenie NASA. Jednak po przegraniu procesu z CDC, firma IBM została zobowiązana do wycofania z rynku superkomputerów.

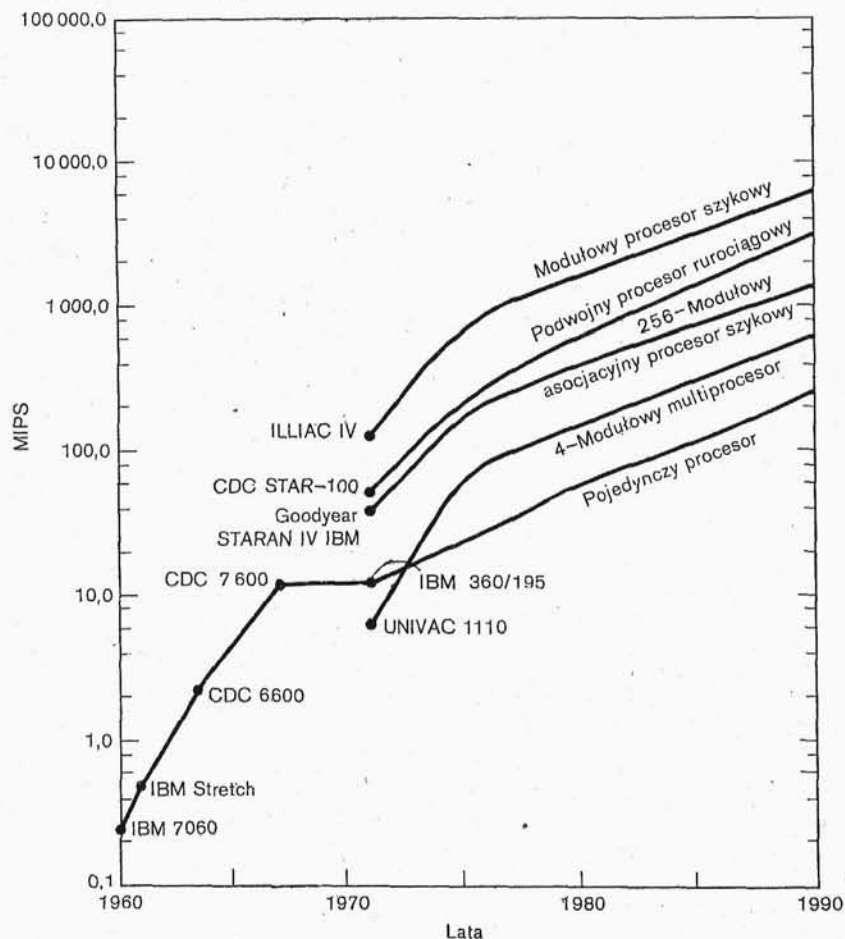
¹⁵ Por. Rein Turn, *Computers in the 1980*, Columbia University Press, New York 1974.

(znane obecnie) na 1000 MIPS — powinno być zaspokojone w latach osiemdziesiątych.

Koszt liczenia w przeliczeniu na 1 MIPS spada w okresie lat trzydziestu (1960—1990) aż 2000-krotnie. Z tym, żeby osiągnąć takie potanieńie liczenia, trzeba będzie ponieść wysokie koszty początkowe. Przewiduje się, że 10 000 MIPSowy komputer będzie kosztował w 1990 r. około 100 mln dolarów (lub około 5 mld zł po uwzględnieniu przeliczników wartościujących import inwestycyjny), ale 1 MIPS w wykonaniu tego komputera będzie kosztował tylko 10 tys. dolarów. W 1960 r. 1 MIPS kosztowałby około 20 mln dolarów w wykonaniu IBM STRETCH ¹⁶.

Rysunek 5.3.

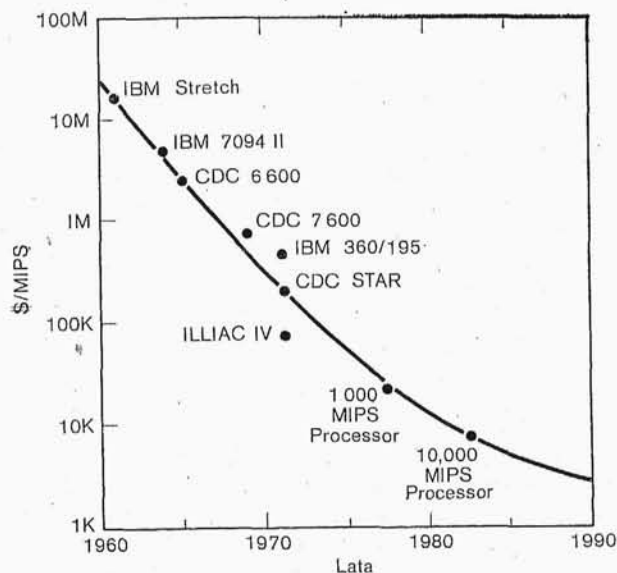
Prognoza wzrostu prędkości liczenia na komputerach



¹⁶ Maksymalna prędkość liczenia tej maszyny wynosiła tylko 0,5 MIPSa.

Rysunek 5.4.

Prognoza kształtowania się kosztów liczenia na najszybszych komputerach



Na rysunku 5.4. podano przewidywane kształtowanie się kosztów liczenia na najszybszych komputerach¹⁷.

Oprócz rozważań na temat rozwoju procesorów konieczne jest badanie rozwoju pamięci, które decydują o wykorzystaniu dysponowanej prędkości liczenia.

Współczesne i dostrzegalne z punktu widzenia rozwoju konstrukcje pamięci charakteryzuje wolniejsze działanie (o parę rzędów wielkości) od układów logicznych. Ponadto czas dostępu do pamięci rośnie wraz ze wzrostem jej pojemności. W tej sytuacji stało się konieczne zastosowanie różnych rozwiązań pamięci tak, aby zredukować różnicę między prędkościami działania pamięci a obwodów logicznych. Do takich rozwiązań można zaliczyć: pośredniczące szybkie bloki transferowe, szybkie pamięci buforowe (które mogą przysyłać informacje niezależnie) oraz zwielokrotnione — hierarchiczne pamięci, działające współbieżnie.

Poczynając od najbliższych związanych z procesorem pamięci można wyróżnić następujące rodzaje pamięci:

1) pamięci buforowe (*cache*)¹⁸ o względnie małej pojemności (do 10⁵ bitów) lecz szybkie (cykl poniżej 10 μs) o dostępie wyrywkowym, budowane z obwodów MSI i LSI¹⁹,

¹⁷ Rein Turn, op. cit.

¹⁸ Po raz pierwszy zastosowane w IBM 360/85.

¹⁹ MSI — *Medium Scale of Integration* (Średnia Skala Integracji) LSI — *Large Scale of Integration* (Wielka Skala Integracji).

2) pamięci główne (z wyrwykowym dostępem) — pojemność typowa 10^6 bitów, szybkie (cykl 0,5 — 1 μ s), budowane z rdzeni ferrytowych, drutów, LSI,

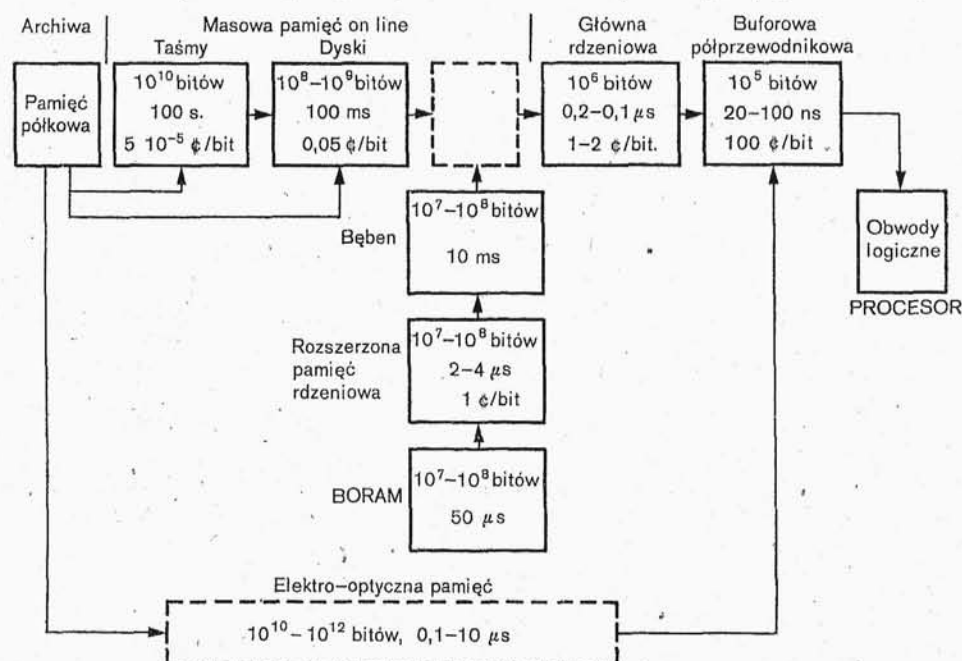
3) pamięci masowe — pojemność powyżej 10^7 , względnie długi okres dostępu; są wykonane w następujących rodzajach: a) jako rozszerzone pamięci główne (ferrytowe lub drutowe) o pojemności do 10^8 oraz cyklu 2 — 4 μ s, b) z adresowaniem blokami (BORAM) o pojemności od 10^7 do 10^8 bitów i cyklu 50 μ s, c) pamięci rotacyjne zbudowane z magnetycznych: bębnow (10⁷—10⁸ bitów, czas dostępu 10 μ s), dysków (10⁸ do 10⁹ bitów, czas dostępu 100 μ s), taśm (10⁸—10¹⁰, czas dostępu 100 μ s),

4) pamięci specjalne, głównie stałe (*read only*) zapewniające szybki dostęp, ale nie wymazywalne, dostępne dla programu sterującego (poziom mikrooperacji) do przechowywania stałych, tablic; pamięci bardzo duże, przeważnie optyczne lub elektro-optyczne (do 10¹² bitów i czasie dostępu 0,1 do 10 μ s).

Hierarchia pamięci służy do zrównoważenia prędkości działania procesora z największymi pamięciami. Drugim powodem hierarchizowania pamięci jest czynnik ekonomiczny. Szybkie pamięci są drogie w przeliczeniu na 1 bit, a wolne pamięci są tańsze i pojemniejsze. Kierowanie hierar-

Rysunek 5.5.

Struktura różnych rodzajów pamięci w układzie hierarchicznym (wg Rein Turn)



chia pamięci jest zadaniem złożonym i trudnym do opanowania przez przeciętnego użytkownika. Stąd wyprowadzona została koncepcja pamięci wirtualnej (urojonej, faktycznej), która umożliwia programowanie w tak dużej pamięci, jaka jest potrzebna. Dzięki stronicowaniu pamięci komputer sam automatyzuje wymianę zawartości pamięci między jej różnymi poziomami. Na rysunku 5.5. podano strukturę różnych rodzajów pamięci w układzie hierarchicznym.

Rozwój technik pamięciowych dotyczy wszystkich wymienionych rodzajów pamięci. Najbardziej znamienny rozwój przewidywany jest w zakresie pamięci optycznych. Pojemność ich ma wynosić 10^8 do 10^{12} bitów przy dostępie do stronic w czasie 0,1 do 10 μ s i przesyłaniu do pamięci buforowej 100 megabitów na sekundę. W pamięci tej ma być wykorzystana technika holograficzna z laserowym odczytywaniem i zapisywaniem²⁰. Przewiduje się również wprowadzenie pamięci bąbelkowej (*bubble memory*), która miałaby zastąpić obrotowe pamięci dyskowe i bębnowe.

Tablica 5.3.

Prognoza kształtowania się niektórych parametrów pamięci z dostępem wyrwykowym

Lata	Czas czytania-zapisu (ns)	Zużycie energii (w mW/bit)	Koszt (ceny/bit)
Pamięci buforowe 262 K bitów			
1975	20	0,024	1,0
1980	10	0,015	0,7
1985	5,6	0,005	0,5
1990	3	0,005	0,2
Pamięci główne			
1975	100	0,011	0,5
1980	50	0,006	0,3
1985	28	0,002	0,2
1990	15	0,001	0,25

W tablicy 5.3. podano prognozę rozwoju pamięci z wyrwykowym dostępem, a w tablicy 5.4. prognozę dla pamięci masowych. Na rysunku 5.6. podano prognozę kształtowania się kosztu pamięci o wyrwykowym dostępie²¹.

Rozwój techniki komputerowej wyznacza granice określone przez fizykę. Obecnie czasy przełączania wynoszą dla: rdzeni 10^{-7} sek., filmu magnetycznego 10^{-9} i tranzystora 10^{-9} . Zbudowanie tranzystora optycz-

²⁰ Por. J. A. Rajman, *Promise of Optical Memories*, „Journal of Applied Physics” 1970, vol. 41, no 3; R. D. Lochman, *Holographic Mass Memorys Promise: Megabits Accesible Microseconds*, „Electronics” 1971, vol. 44, no 2.

²¹ Rein Turn, op. cit.

Tablica 5.4.

Proгноza kształtowania się niektórych parametrów pamięci masowych

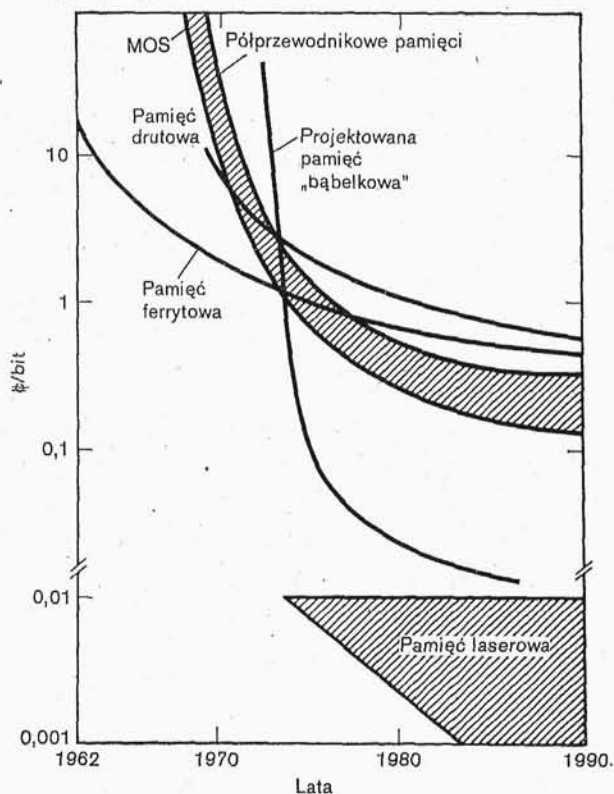
Lata	Rodzaj pamięci	Czas dostępu	Pojemność (bity)	Przesyłanie (Mbity/s)
1971	Dyskowa	30–75 μ s	$10^8 - 10^9$	6
1975	Drutowa	1–2 μ s	$10^8 - 3 \times 10^8$	10
1980	Laserowa	1–10 μ s	$10^9 - 10^{12}$	10
	Bąbelkowa	2 μ s	$10^8 - 10^9$	4–10
1985	Laserowa	0,1–1,0 μ s	$10^9 - 10^{13}$	25–50
1990	Laserowa	0,02–0,1 μ s	$10^{10} - 10^{14}$	50–100

nego umożliwi skrócenie czasu przełączania do 10^{-10} sek. (co wynika z przełączenia długości fali świetlnej wynoszącej około 3 000 angstromów).

Można dodać, że granice szybkości przełączania wynikają też z wielkości energii, którą trzeba doprowadzić, aby uzyskać przełączenie elementu. Jeżeli element znajduje się w otoczeniu o temperaturze T , to należy do-

Rysunek 5.6.

Proгноza kształtowania się kosztu pamięci o wyrywkowym dostępie



przewodząc energię przełączającą o wielkości kT , gdzie k jest stałą Boltzmana. Aby utrzymać ową energię, należy — według Heisenberga — zasilać nią w okresie co najmniej h/kT , gdzie h jest stałą Plancka. W temperaturze pokojowej czas przełączania wyniesie 1×10^{-13} sek. Odpowiada to energii 1.6×10^{-20} joula, co w przeliczeniu odpowiada 11 miliwoltom przy 11-mikroamperowym natężeniu. W temperaturach niższych (cryogenicznych) czas przełączania będzie malał.

Z teorii minimalnego czasu wykonywania elementarnych operacji, wynika, ²² że, dodawania są wykonywane na najlepszych maszynach z prędkością 60 do 80% limitu Winograda. Operacje mnożenia osiągają tylko 30% wymienionego limitu. Oznacza to, że można oczekiwać jeszcze trzykrotnego (w mnożeniu) przyspieszenia prędkości liczenia w ramach danej techniki układowej.

Przewidywany dalszy rozwój przeciętnych komputerów będzie się przejawiał w następujących elementach:

- wzroście niezawodności (około 10-krotny w ciągu 10-lecia),
- wzroście szybkości liczenia (około 100-krotny w ciągu 10-lecia),
- spadku kosztów operacji obliczeniowych (około 100-krotny w ciągu 10-lecia),
- zmniejszeniu zużycia energii,
- zmniejszeniu ciężaru i gabarytów (około 100-krotnie w ciągu 10-lecia), a więc i zmniejszenie materiałochłonności,
- spadku ceny komputerów (około 100-krotnie) w ciągu 20 lat ²³.

Powstaną do rozwiązania problemy, które można scharakteryzować w punktach następujących:

I. W latach siedemdziesiątych:

- 1) „przezroczystość” (*transparency*) pamięci wewnętrznej,
- 2) układowa realizacja oprogramowania podstawowego,
- 3) kierowanie komputerem — głosem,
- 4) stosowanie satelitów telekomunikacyjnych do transmisji danych.

II. W latach osiemdziesiątych:

- 5) wideo-łączność,
- 6) przekazywanie informacji techniką laserową,
- 7) pamięć 1 M bitów dla komputera stołowego,
- 8) komputery kieszonkowe z dużą pamięcią,
- 9) komputery uczące się w toku pracy,

²² Por. S. Winograd *On the Time Required to Perform Addition*, „Journal of ACM” 1965, vol. 12, no 2, April; S. Winograd, *On the Time Required to Perform Multiplication*, „Journal of ACM” 1967, vol. 14, no 4, October.

²³ Por. A. Targowski, *Projekt referatu na II Kongres Nauki Polskiej, Problemy naukowe informatyki*, 1972.

- 10) opracowanie elementów molekularnych,
- 11) opracowanie bionicznych urządzeń łączności człowieka z komputerem,
- 12) protezy elektroniczne.

III. W latach dziewięćdziesiątych:

- 13) urządzenia domowe służące do automatycznego odtwarzania czasopism na odległość (metoda *faksymile*),
- 14) budowa automatycznych kierowców,
- 15) produkcja komputerów dla celów domowych,
- 16) komputery zdolne do samodzielnego rozwiązywania testów na inteligencję.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że w rozwoju techniki komputerów jest jeszcze wiele do zrobienia, jednakże punkt ciężkości rozwoju przenosi się do sfery zastosowań.

5.3.

Rozwój oprogramowania

Słowo oprogramowanie (*software*) ma kilka znaczeń. W najszerszym sensie zawiera wszystko, co nie jest sprzętem, a więc jest „miękkie”, jak: programy, języki, podręczniki, dokumentacja, a nawet sam proces pisania programów. W znaczeniu zawężonym odnosi się do instrukcji, które tkwią w pamięci komputera w czasie kiedy są egzekwowane. Często w najbardziej zawężonym sensie dotyczy tylko programów „maszynowych” dostarczanych wraz z komputerem, bez pakietów zastosowaniowych.

Przez oprogramowanie będziemy dalej rozumieć podprogram, program uogólniony w ten sposób, że funkcja informatyczna może być stosowana przez większą liczbę użytkowników. W ten sposób nadajemy oprogramowaniu aspekt wymiany między użytkownikami. Aspekt, który nadaje oprogramowaniu znaczenie społeczne.

W punkcie 4.4.2. podzieliliśmy oprogramowanie na następujące podsystemy: system operacyjny, translatory języków programowania, programy usługowe, programy użytkowe. Na rysunku 5.7. podano schemat oprogramowania, oparty na podanej koncepcji podziału. Każdy z wymienionych podsystemów ulega dalszemu podziałowi (proponujemy w tym zakresie por. w pkt. 4.4.2.). Równie pożyteczny jest podział oprogramowania na (por. rysunek 4.7.):

1) oprogramowanie niezależne od zastosowań:

a) oprogramowanie maszynowe (tzw. *hard software* lub oprogramowanie systemowe — według terminologii IBM); zalicza się do niego: