

Podobne metody matematyczne były stosowane też do badań niezawodnościowych maszyn cyfrowych <sup>58</sup> przez firmę IBM. Firma Siemens stosowała identyczne wzory do długoterminowego prognozowania wzrostu zapotrzebowania na aparaty telefoniczne <sup>59</sup>.

W 1974 r. J. Stein opracował model rozwoju informatyki w Krajach Socjalistycznych RWPG na zlecenie Departamentu Obrony USA i Rady ds. Międzynarodowej Polityki Ekonomicznej (COCOM) <sup>60</sup>. Model został oparty na rozważaniach dotyczących: liczby zainstalowanych komputerów na milion mieszkańców i wysokości dochodu narodowego, według następującej zależności:

$$\frac{C_{t_0}}{P_{t_0}} = a_{t_0} + b_{t_0} \frac{Y_{t_0}}{P_{t_0}} + e_{t_0},$$

gdzie:

$C_{t_0}$  — liczba zainstalowanych komputerów w roku  $t_0$ ,

$P_{t_0}$  — liczba mieszkańców w roku  $t_0$ ,

$Y_{t_0}$  — wysokość dochodu narodowego w roku  $t_0$ ,

$e_{t_0}$  — błąd prognozowania.

W tabelicy 5.15 zostały podane przez J. Steina dane dla  $C/P$  i  $Y/P$ , na podstawie których metodą regresji wymieniony autor podał następujący model:

$$\frac{C}{P} = -32,9 + 26,3 \left( \frac{Y}{P} \right) + 6,90 (t - 1962).$$

Na tej podstawie J. Stein podaje wyniki prognozy w tabelicy 5.16. Z wyników prognozy wychodzi, że J. Stein mylił się w ocenie kilkakrotnie. Na przykład w stosunku do Polski 3–4-krotnie zaniżył oczekiwaną liczbę instalacji komputerowych.

### 5.5.2.

#### Kierunki uściślenia modeli rozwoju informatyki

Głównym przeznaczeniem prognoz jest opracowanie optymalnej strategii działania dla pożądanego ukształtowania przyszłych zjawisk. Jednak zależności dotychczas wyprowadzone są zbyt uproszczone, aby można było przeanalizować różne strategie „rozbudzania” wzrostu informatyki. Trudność tę można rozwiązać dwiema metodami:

<sup>58</sup> Por. J. Sammet, *Programming Languages, History and Future Communication of ACM*, wyd. cyt.

<sup>59</sup> Por. H. Störner i inni, op. cit.

<sup>60</sup> Jest charakterystyczne, że J. Stein pisze w 1974 r. we wstępie do swojej pracy, że nie zna innego modelu, pomimo że model KBI został opublikowany w „Informatyce” 1972, nr 7/8. Por. J. Stein, *Estimating the Market for Computer in the Soviet Union and Eastern Europe*, Rand Corporation, R-1406-CIEP/HRPA, 1974.

Tablica 5.15.

Liczba komputerów i dochód narodowy na milion mieszkańców

Państwo	Komputery na milion mieszkańców (liczba)					Dochód narodowy na mieszkańca				
	1962	1967	1970	1971	1972	1962	1967	1970	1971	1972
USA	39,13	198,9	305,2		421,5	3 001	3 886	4 668		5 312
W. Brytania	5,85	41,02	105,9		136,4	1 516	1 934	2 011		2 580
RFN	10,00	49,55	99,19		137,9	1 619	1 886	2 870		4 131
Francja	6,06	44,61	88,76		129,6	1 547	2 214	2 931		3 348
Holandia	5,84	43,97	84,62		127,8	1 144	1 817	2 438		2 955
Włochy	3,28	25,86	50,87		60,77	0 844	1 276	1 746		1 950
Albania				5,88					410 <sup>b</sup>	
Bułgaria			3,51	5,81				1 300 <sup>a</sup>	1 480 <sup>b</sup>	
Czechosłowacja			15,59	19,10				2 130 <sup>a</sup>	2 340 <sup>b</sup>	
NRD				22,65					2 110 <sup>b</sup>	
Węgry			11,54	15,48				2 450 <sup>a</sup>	1 610 <sup>b</sup>	
Polska			6,07	7,38				1 330 <sup>a</sup>	1 480 <sup>b</sup>	
Rumunia			2,45	2,42				1 140 <sup>a</sup>	1 300 <sup>b</sup>	
ZSRR			22,54	24,79				2 175 <sup>b</sup>	2 360 <sup>c</sup>	
Jugosławia			8,96	16,69				900 <sup>a</sup>	1 020 <sup>b</sup>	

<sup>a</sup> Według cen amerykańskich z 1969 r., <sup>b</sup> według cen amerykańskich z 1970 r., <sup>c</sup> według cen amerykańskich z 1971 r.Źródło: opracowano na podstawie pracy J. P. Steina, *Estimating the Market for Computers in the Soviet Union and Eastern Europe*, Rand Corporation, R-1406-CIEP/ARPA, 1974.

Tablica 5.16.

Zapotrzebowanie na komputery w Europie Wschodniej i ZSRR oraz możliwości zbytu sprzętu zachodniego (liczba komputerów)

Państwo	Pożądana liczba komputerów w 1975 r.	Oczekiwana liczba komputerów w 1975 r.	Zbyt dla sprzętu zachodniego	Pożądana liczba komputerów w 1980 r.	Oczekiwana liczba komputerów w 1980 r.	Zbyt dla rynku zachodniego	Pożądana liczba komputerów w 1985 r.	Oczekiwana liczba komputerów w 1985 r.	Zbyt dla rynku zachodniego
	(1)	(2)	(3)=(1)-(2)	(4)	(5)	(6)=(4)-(5)	(7)	(8)	(9)=(7)-(8)
Albania	243	22	22	389	49	340	578	112	466
Bułgaria	1 199	98	1 101	1 738	258	1 480	2 384	727	1 657
Czechosłowacja	2 402	380	2 022	3 403	596	2 807	4 608	967	3 641
NRD	2 831	601	2 230	3 911	1 130	2 781	5 169	2 233	2 936
Węgry	1 360	281	1 179	2 073	622	1 451	2 791	1 466	1 325
Polska	4 606	396	4 237	6 708	665	6 043	9 249	1 257	7 992
Rumunia	2 703	66	2 637	3 981	97	3 884	5 527	145	5 382
ZSRR	41 790	11 813	29 977	60 691	30 689	30 002	84 248	85 260	1 012
Jugosławia	2 572	539	2 033	3 791	993	2 798	5 253	1 920	3 333
Razem	59 806	14 169	45 637	86 685	35 099	51 586	119 807	94 087	25 720

Źródło: opracowano na podstawie pracy J. P. Steina, *Estimating the Market for Computers in the Soviet Union and Eastern Europe*, Rand Corporation, R-1406-CIEP/ARPA, 1974 (liczba komputerów).

— opracować bardziej precyzyjny opis zjawiska rozwoju, korzystając z wielu dostępnych rozwiązań analitycznych<sup>61</sup>,

— opracować model pozwalający na symulację procesu rozwoju na maszynie cyfrowej, bez konieczności odwoływania się do danych statystycznych zebranych dla krajów kapitalistycznych.

W tej pracy podano tylko analizę możliwości zastosowania drugiej metody.

Model rozszerzania się „epidemii” informatyki, dotychczas opisany zakłada, że wszyscy użytkownicy komputerów i wszyscy potencjalni nabywcy znajdują się w identycznych warunkach technicznych, organizacyjnych i ekonomicznych oraz kontaktują się ze sobą całkowicie przypadkowo (równomiernie) i ze stałą częstotliwością wzajemnej wymiany informacji, doświadczeń itp. Warunek ten jest dopuszczalny jako pierwsze przybliżenie, lecz w rzeczywistości uniemożliwia korzystanie z wyprowadzonych wzorów na początkowym etapie rozwoju informatyki, gdy ilość komputerów jest za mała, aby można było badać prawidłowości statystyczne. Ponadto populacja potencjalnych użytkowników komputerów w Polsce ma bardzo złożoną strukturę uwarunkowaną podziałami branżowymi, resortowymi i regionalnymi, różnorodnością warunków ekonomicznych i kadrowych oraz złożonymi przestrzennymi i czasowymi przemieszczaniami się użytkowników w strukturze (analogia do migracji). Drugim założeniem upraszczającym, z którego trzeba zrezygnować na początkowym etapie rozwoju informatyki, jest przyjęcie w poprzednim punkcie najprostszego modelu epidemii bez uwzględnienia możliwości rezygnacji, niektórych rozczarowanych użytkowników z posiadania komputera.

W celu objaśnienia specyficznych cech modelu zostaną omówione kolejne stopnie uogólnienia.

Oznaczając przez  $n$  ilość potencjalnych użytkowników, równomiernie kontaktujących się między sobą, przyjęto następujący podział grupy:

$$n = x_t + y_t + z_t,$$

gdzie:

$x_t$  — ilość potencjalnych użytkowników w chwili czasu  $t$ ,

$y_t$  — ilość użytkowników komputerów (źródeł infekcji) w chwili  $t$ ,

$z_t$  — ilość użytkowników, którzy zrezygnowali do chwili  $t$  z używania komputera i są już „odporni na infekcję”.

Równania ruchu procesu rozwoju „epidemii informatyki” — mają wówczas postać:

$$\frac{dx_t}{dt} = -\beta xy_t,$$

<sup>61</sup> Por. T. E. Harris, op. cit., W. T. I. Bailey, *The Mathematical Approach to Biology and Medicine*, J. Wiley, 1967.

$$\begin{aligned}\frac{dy_t}{dt} &= \beta x_t y_t - \gamma y_t, \\ \frac{dz_t}{dt} &= \gamma y_t,\end{aligned}$$

przy założeniu warunków początkowych:

$$(x_t, y_t, z_t) \text{ } t = 0 = (x_0, y_0, z_0) \text{ }^{62}.$$

$\beta$  oznacza średnią częstotliwość „kontaktów”, czyli średnią częstotliwość „zarażania” potencjalnego użytkownika przez użytkownika rzeczywistego przekonaniem o konieczności zakupu, a  $\gamma$  — średnią częstotliwość rezygnacji dotychczasowych użytkowników z eksploatacji komputerów, np. w wypadku niepowodzeń technicznych.

Jeżeli początkowa liczba źródeł infekcji, tzn.  $y_0$  jest bardzo mała, to można przyjąć, że  $x_0 \approx n$ . Wtedy warunkiem „wygaśnięcia epidemii”, czyli załamania się rozwoju będzie:

$$\begin{aligned}\frac{dy_t}{dt} &< 0, \\ \text{tzn.} \quad x_0 &< \frac{\gamma}{\beta}\end{aligned}$$

Nazywając  $\frac{\gamma}{\beta}$  względną częstością niepowodzeń budowy systemów informatyki, nierówność ta oznacza, że rozwój załamie się, jeżeli stosunek częstości niepowodzeń do częstości podejmowania budowy systemów informatyki będzie większy niż populacja potencjalnych użytkowników, to „epidemia” nie wybuchnie, ponieważ wypadki zachorowań zanikną wcześniej niż infekcja zostanie przekazana następnym osobnikom <sup>63</sup>.

Rozwój zostanie zanicjowany w wypadku gdy  $x_0 > \gamma/\beta$  i, jak łatwo udowodnić <sup>64</sup>, maksymalna ilość użytkowanych komputerów po zakończeniu procesu rozwoju wyniesie:

$$Z_{\infty} = .2 \frac{\gamma}{\beta} \left( 1 - \frac{\gamma}{\beta n} \right).$$

Wielkość więc informatyzacji kraju zależy od względnej częstotliwości niepowodzeń oraz od liczby potencjalnych użytkowników. Względna częstotliwość niepowodzeń można zmniejszać usprawniając struktury organizacyjne i metody zarządzania lub zmniejszać przez zwiększenie częstotliwości podejmowania budowy nowych systemów. Liczba potencjalnych użytkowników zależy od wielu czynników, jak np. ceny komputerów, reklamy, polecenia władz, szkolenia kadry.

<sup>62</sup> Por. W. T. I. Bailey, op. cit.

<sup>63</sup> Por. J. P. Stein, op. cit.

<sup>64</sup> Por. tamże.

Bardziej wnikliwa analiza tych czynników wymaga rezygnacji z założeń upraszczających, przy których wyprowadzono to równanie ruchu procesu. Oczywiście stosowanie terminów wziętych z teorii epidemii ma znaczenie tylko ilustracyjne, ułatwiające sformułowanie założeń modelu symulacyjnego.

Szkic modelu symulacyjnego opracowano drogą modyfikacji metody Watta<sup>65</sup>, postulując zastąpienie podprogramów obliczania prawdopodobieństw „wyzdrowienia lub śmierci”, przez metodę obliczania prawdopodobieństw niepowodzeń<sup>66</sup>.

Zasadnicze zależności modelu Watta pozostawiono nie zmienione. W dalszych rozważaniach każdy eksploatowany komputer nazwano użytkownikiem dla zaznaczenia, że innych „zaraża” informatyką nie komputer, lecz zespół ludzi.

Wprowadzając dodatkowe oznaczenia:

$\vartheta_{t\Theta}$  — liczba użytkowników-komputerów, którzy w chwili czasu  $t$  eksploatują swoje komputery już od  $\Theta$  interwałów czasu, licząc że każdy komputer ma oddzielnego użytkownika (jeżeli np. Nowa Huta będzie eksploatować 10 komputerów, to będzie się ją liczyć jako 10 użytkowników),

$\vartheta_t$  — liczba użytkowników w chwili  $t$ ,

$\psi$  — część użytkowników eksploatujących komputery w toku  $\Theta$  interwałów, która zostaje usunięta z populacji potencjalnych użytkowników w wypadkach rezygnacji z komputera,

$\varphi_\Theta$  — prawdopodobieństwo przekazania („infekcji”) potencjalnemu użytkownikowi przez użytkownika eksploatującego komputer w toku  $\Theta$  interwałów czasu.

Przyjmując, że liczba nowych instalacji jest proporcjonalna do iloczynu użytkowników (źródła zarażania) i potencjalnych użytkowników (osobników niezarażonych i nieuodpornionych) otrzymuje się:

$$\vartheta_t = X_t \sum_{\Theta=1}^t \varphi_\Theta \cdot \vartheta_{t-\Theta}$$

oraz po prostych wyprowadzeniach<sup>67</sup>, następujące równania ruchu:

$$X_{t+1} = X_t - X_t \left( \sum_{\Theta=1}^t A_\Theta \cdot \vartheta_{t-\Theta} + A_t \cdot y_0 \right)$$

$$Z_{t+1} = Z_t + \left( \sum_{\Theta=1}^t \psi \cdot B \cdot \vartheta_{t-\Theta} + \varphi_t \cdot B_t \cdot y_0 \right)$$

<sup>65</sup> Por. K. E. T. Watt, *Ecology and Resource Management. A Quantitative Approach*, McGraw Hill, 1968.

<sup>66</sup> Por. L. Kalinowski, J. Rybak, *Niezawodność struktur organizacyjnych*, „Biuletyn PIAP” 1970 nr 6/26.

<sup>67</sup> Por. tamże.

$$Y_{t+1} = Y_t + (x_t - x_{t+1}) - (Z_{t+1} - Z_t)$$

gdzie:

$$A = \varphi_{\Theta} \cdot B_{\Theta},$$

$$B = \prod_{t=1}^{\Theta} (1 - \psi_{\Theta-t}),$$

$$A_t = A_{\Theta-t},$$

$$B_t = B_{\Theta-t}.$$

Rezygnując z kolejnego uproszczenia, zakładającego równomierne kontaktowanie się użytkowników z potencjalnymi użytkownikami, lepiej to zagadnienie zilustrować, podając przykładowo fragment programu na komputer.

Można założyć, że struktura organizacyjna populacji użytkowników komputerów w Polsce przedstawia kwadrat  $I \times J$  o wymiarach około  $20 \times 20$ , gdzie można przykładowo przez  $I$  oznaczyć resorty lub ważniejsze branże, a  $J$  — regiony kraju.

Przykładowy zapis:

$I = 2$  resort górnictwa i energetyki,  $J = 5$  Katowice.

Każdy kwadrat leżący na „przecięciu”  $I$  i  $J$  charakteryzuje się liczbą potencjalnych użytkowników, liczbą zainstalowanych komputerów, liczbą nieudanych przedsięwzięć instalacji komputerów, liczbą specjalistów stosujących metody i środki informatyki itp. Dla opisanía charakterystyk tych kwadratów można zastosować następujące macierze (oznaczając przez  $K$  numer interwału czasu, liczony od danej chwili czasu wstecz odpowiadający poprzedniemu oznaczeniu  $\Theta$ ):

$V(I, J, K)$	— liczba użytkowników komputerów, którzy w danej chwili czasu eksploatują komputery od $K$ interwałów czasu ( $V_{t,\Theta}$ ),
$VSUM(J, J)$	— suma wszystkich użytkowników w danej chwili czasu ( $V_t$ ),
$X/I, J, K$	— liczba potencjalnych użytkowników dla danego $K(x_t)$ ,
$Y/I, J, K$	— liczba użytkowników w danej chwili czasu dla danego $K(y_t)$ ,
$Z(I, J)$	— odpowiada liczbie użytkowników, którzy łącznie z następną chwilą czasu $t + 1$ zrezygnowali z używania komputerów ( $z_{t+1}$ ),
$RECOV(I, J, K)$	— część użytkowników, którzy zrezygnowali z użytkowania komputera nabytego w interwale czasu $K$ ,
$VISUM(I, J)$	— suma iloczynów (prawdopodobieństwo przekazania zdrowemu osobnikowi infekcji od osobnika chorego w toku ubiegłych $K$ interwałów) razy (liczba zarażonych osobników od $K$ interwałów czasu) — suma wzięta po wszystkich $K$ ,

- $R(I, J, K)$  — liczba użytkowników, którzy zrezygnowali z użytkowania komputerów dla jednego  $K$ ,  
 $RSUM(I, J)$  — liczba użytkowników, którzy zrezygnowali z użytkowania komputerów dla wszystkich  $K$ ,

Wprowadzono też oznaczenia wektorów:

- $Y1$  — gradient gęstości użytkowników komputerów,  
 $X1$  — gradient gęstości potencjalnych użytkowników komputerów,  
 $RECOV\ 1$  — gradient gęstości użytkowników, którzy zrezygnowali z komputerów,  
 $RI\ (K)$  — częstotliwość instalacji komputerów,  
 $RR\ (K)$  — częstotliwość rezygnacji z komputerów (jak określono niepowodzeń budowy systemów informatyki).

Gęstość populacji użytkowników emigrujących do sąsiedniego kwadratu oznaczono przez  $EMY$ , emigrujących potencjalnych użytkowników —  $EMX$  oraz emigrujących „rozczarowanych” —  $EMREC$ .

Podstawowa część programu do modelowania rozwoju informatyki niezależnie odbiegająca od programu Watta opracowanego w języku FORTRAN ma postać:

```

1 Do 20 I = 1, 20, 1
2 Do 20 J = 1, 20, 1
3 IL = MAX (1, I-1)
4 IU = MIN (20, I+1)
5 JL = MAX (1, J-1)
6 JU = MIN (20, J+1)
7 DO 20 K = IL, IU, 1
8 DO 20 L = JL, JU, 1
9 Y1 = MAX (0, Y GRAD * (Y) K, L, 2) - Y (I, J, 2)
10 EMY = Y1 * V (I, J, K1) (V SUM (I, J))
11 Do 20 K1 = 1,5
12 V (I, J, K1) = V (I, J, K1) + EMY
13 V (K, L, K1) = V (K, L, K1) - EMY
14 EMX = MAX (0, X, GRAD * (X) K, L, 2) - X (I, J, 2)))
15 X (I, J, 1) = X (I, J, 1) + EMX
16 X (K, L, 1) = X (K, L, 1) - EMX
17 EMREC = MAX (0, REGRAD * (RECOV (K, L, 2) - RECOV (I, J, 2))
18 RECOV (I, J, 1) = RECOV (I, J, 1) + EMREC
19 RECOV (K, L, 1) = RECOV (K, L, 1) + EMREC
20 CONTINUE
21 Do 341 = 1, 20, 1
22 DO 34J = 1, 20, 1
23 DO 29K = 2, 5, 1

```



24  $L = K - 1$   
 25  $R(I, J, K) = V(I, J, L) * RR(K)$   
 26  $RSUM(I, J) = RSUM(I, J) + R(I, J, K)$   
 27  $V(I, J, K) = V(I, J, L) - R(I, J, K)$   
 28  $VSUM(I, J) = VSUM(I, J) + V(I, J, K)$   
 29  $VISUM(I, J) = VISUM(I, J) + V(I, J, K) * RI(K)$   
 30  $RECOV(I, J, 1) = RECOV(I, J, 1) + RSUM(I, J)$   
 31  $\hat{V}(I, J, 1) = X(I, J, 1) * VISUM(I, J)$   
 32  $Y(I, J, 1) = V(I, J, 1) + VSUM(I, J)$   
 33  $X(I, J, 1) = X(I, J, 1) - V(I, J, 1)$   
 34  $Z(I, J) = Z(I, J) + RSUM(I, J)$

Rozkazy 3 do 6 wprowadzone są po to, aby maszyna pracowała z kwadratami w zerowym wierszu lub w zerowej kolumnie i w 21 wierszu lub w 21 kolumnie.

Rozkazy od 9 do 19 służą do modelowania migracji użytkowników oraz użytkowników rezygnujących z informatyki do sąsiednich kwadratów. Bez większych trudności model można przebudować dla uwzględnienia migracji do innych kwadratów. Trudność wyniknie przy uzyskaniu przewidywanego zapotrzebowania na komputery z materiałów prognostycznych poszczególnych branż i regionów oraz przewidywanych zmian struktur organizacyjnych.

Etap obliczeń od 25 do 34 odpowiada przyjętemu przez K. Watta modelowi rozwoju epidemii.

Należy dodać, że ten szkic programu jest tylko fragmentem modelu symulacyjnego. Należy opracować jeszcze podprogramy:

- obliczania częstotliwości podejmowania budowy nowych systemów w zależności od różnych wariantów planów inwestycji w informatykę, szkolenia i wymiany doświadczeń.

- obliczania częstotliwości niepowodzeń (do tego celu proponuje się wykorzystać wyniki prac<sup>68</sup>) dotyczących metod liczenia niezawodności struktur organizacyjnych,

- obliczania gradientów migracji potrzeb i środków wykorzystując prognozy rozwoju branż i regionów oraz prognozy demograficzne i ogólnogospodarcze,

- oraz inne związane z wybranym sposobem prowadzenia badań modelowych.

Założenia te oparte zostały na modelu deterministycznym, który powinien okazać się przydatny do symulacji początkowej fazy rozwoju informatyki w Polsce w podziale na grupy środków, branże i regiony. Na dal-

<sup>68</sup> Por. L. Kalinowski, J. Rybak, op. cit., St. Bramski, L. Kalinowski, W. Kobyliński, M. Rybak, *Decyzje strategiczne w systemach informatyki*, Serwis informacyjny KBI, 1971, II, 18.



szych etapach zaawansowania rozwoju lepsze mogą się okazać modele stochastyczne.

Stwierdzenie to można nazwać zaledwie zarysem założeń modelu symulacyjnego, służącym ilustracji zagadnienia dla zawodowych informatyków. W żadnym wypadku nie wynika z nich wniosek mniejszej przydatności rozwiązań analitycznych.

### 5.5.3.

#### Niezbędne prognozy efektywności nakładów na informatykę

Na etapie rozwoju informatyki w kraju w latach siedemdziesiątych najistotniejsze są prognozy efektywności poszczególnych rozwiązań strategicznych przyjmowanych w toku programowania rozwoju informatyki. Prognozy takie mają umożliwić dokonanie optymalizacji strategii przy założonej funkcji celu i realnie istniejących ograniczeniach. Jak wynika z rozważań zawartych w literaturze<sup>69</sup>, taką nadrzędną funkcją celu może być w tym wypadku dochód narodowy.

Z analizy porównawczej tempa rozwoju ekonomicznego poszczególnych krajów dokonanej chociażby przez E. Denisona<sup>70</sup> wynika, że można wyodrębnić kilkanaście czynników decydujących o tempie wzrostu dochodu narodowego. Są to takie czynniki, jak postęp wiedzy, środki trwałe i wyposażenie, obniżenie wydatków w gospodarce rolnej, skala działalności gospodarczej mierzona wzrostem zaopatrzenia rynku wewnętrznego i wzrostem popytu, liczba przepracowanych roboczogodzin, średni poziom wykształcenia społeczeństwa itp.

W toku analizy efektywności nakładów na informatykę należy oszacować zmiany poszczególnych czynników dynamizujących wzrost dochodu narodowego pod wpływem rozwoju poszczególnych zastosowań informatyki. W efekcie pozwoli to oszacować przyrost dochodu narodowego na jednostkę zainwestowanego kapitału lub przyrost udziału zatrudnienia specjalistów posługujących się środkami informatyki w poszczególnych gałęziach gospodarki narodowej.

Punktem wyjścia do określania prognoz efektywności informatyki są zbilansowane prognozy poszczególnych gałęzi gospodarki narodowej.

Znając globalny udział tych gałęzi w tworzeniu dochodu narodowego, strukturę podejmowanych inwestycji i asortyment produkcji z da-

<sup>69</sup> Por. Y.W. Aleszina, *Problemy modelirovanija ekonomiki razvivajuszczichsia stran*, 1970.

<sup>70</sup> Por. E. F. Denison, *Why Growth Rates Differ*, Washington 1967.

nych statystycznych można oszacować procentowy wzrost efektów gospodarczych poszczególnych gałęzi w wypadku zastosowania środków informatyki.

Do istotnych zadań efektywności należy również udzielanie odpowiedzi, w jakiej proporcji należy inwestować nakłady na rozwój produkcji poszczególnych środków technicznych informatyki i jak najefektywniej wykorzystywać środki dewizowe przeznaczone na rozwój informatyki. Jako przykład można przedstawić następujące kierunki wydatkowania środków dewizowych:

1. Zakup programów, środków technicznych i płacenie instruktorów zagranicznych dla masowego przeszkolenia specjalistów krajowych lub przeszkolenie dużej grupy specjalistów za granicą.

2. Zakup licencji lub gotowych elementów elektronicznych do produkcji sprzętu informatyki.

3. Zakupy jednolitej wymiennej (kompatibilnej) grupy sprzętu informatyki wybranego producenta zagranicznego w celu bezpośredniego użytkowania, czy też mozaikowe zakupy rozpoznawcze różnego typu sprzętu w przodujących firmach światowych w celu przeprowadzenia badań eksploatacyjnych i zapoznania specjalistów krajowych z dużą liczbą najnowszych rozwiązań technicznych.

Prognozy efektywności powinny wykazać konsekwencje poszczególnych wyborów i określić korzystniejsze lub określić optymalne proporcje na poszczególne kierunki.

Prognozy efektywności nie mogą abstrahować od rozkładu czasowego wnoszonych nakładów i opóźnień w terminach uzyskiwanych efektów, a więc powinny wykorzystywać zasadę dysutowania zarówno dyskretnych, jak i najczęściej spotykanych ciągłych rozkładów nakładów inwestycyjnych. Kryteria — określania optymalnych nakładów z uwzględnieniem procesów przypadkowych już omówiono w literaturze<sup>71</sup> — mogą być określone jedynie w ścisłym powiązaniu z przyjętym modelem programowania rozwoju i powinny stać się integralną częścią tego modelu.

#### 5.5.4.

Prognoza zapotrzebowania na komputery  
w Polsce do roku 2000 (krzywe typu „S”)

Korzystając z wyprowadzonych wzorów (por. pkt 5.5.) wykonano obliczenia prognoz rozwoju ilości komputerów w Polsce do 2000 r. (por. rys. 5.32.). Obliczenia zostały wykonane dla trzech wariantów strategii rozwoju:

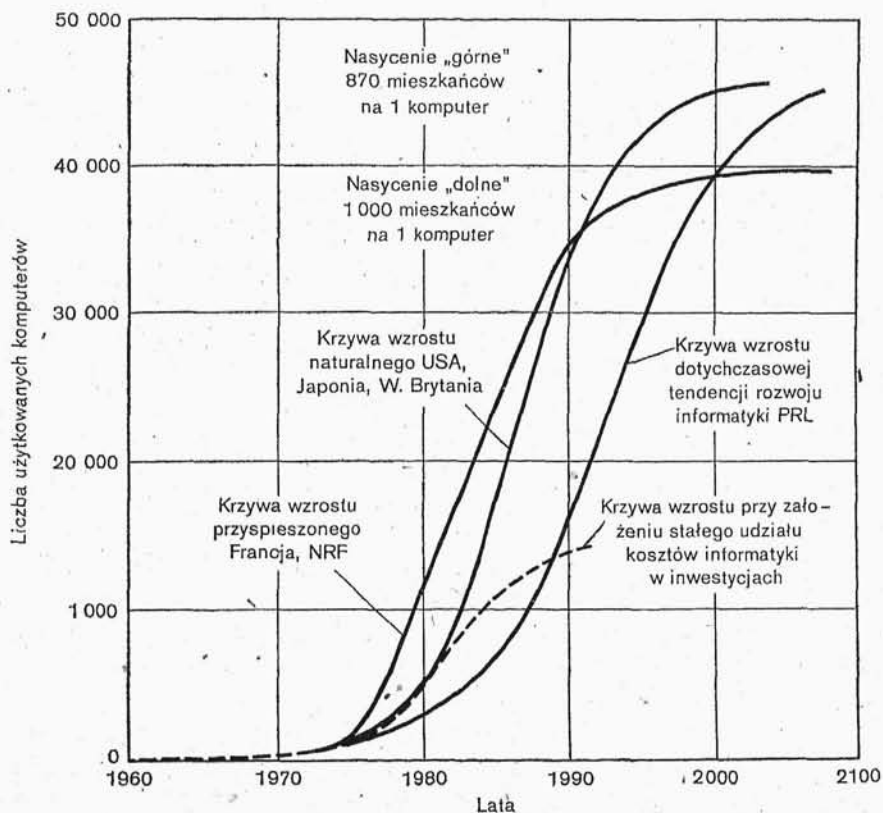
<sup>71</sup> Por. P. Mase, *Le Choix des Investissements Critiques et Methodes*, Paris 1968.

— utrzymanie dotychczasowej tendencji rozwoju informatyki w Polsce oraz wykonanie Programu Rozwoju Informatyki w latach 1971—1975<sup>72</sup> w 100%.

— uzyskanie tempa rozwoju informatyki w Polsce charakterystycznego dla USA, Japonii i W. Brytanii, które można nazwać naturalnym wzrostem zapotrzebowania na środki informatyki (konieczne byłoby przekroczenie zadań Programu Rozwoju Informatyki o 50%),

**Rysunek 5.32.**

*Długookresowa prognoza wzrostu zapotrzebowania na komputery w Polsce*



— uzyskanie przyspieszonego tempa rozwoju informatyki w Polsce, charakterystycznego dla Francji i RFN, co wymaga znacznego wzrostu nakładów w tej pięcioletniej i przekroczenia zadań Programu Rozwoju Informatyki o 100%.

Jak widać z rysunku 5.32., wzrost przyspieszony, w porównaniu ze wzrostem naturalnym, daje stosunkowo krótkotrwałą przewagę około

<sup>72</sup> Por. *Informatyka — Program Rozwoju na lata 1971—1975*, wyd. cyt.

1980 r. Natomiast około 1990 r. efekty przyspieszenia wobec rozwoju naturalnego zanikają całkowicie; wydaje się więc jako granicznie opłacalne przyspieszenie rozwoju informatyki w Polsce; obrazuje je krzywa rozwoju naturalnego.

Na rysunku 5.32. przedstawiono również krzywą wzrostu ilości komputerów przy założeniu stałego udziału kosztów informatyki w inwestycjach.

Okazuje się, że wybranie takiej strategii musiałoby doprowadzić do załamania się wzrostu. Problemy nakładów niezbędnych dla zapewnienia wybranych strategii rozwoju podano w następnych rozdziałach. Wyniki obliczeń, na podstawie których opracowano rysunek 5.32. podane są w tabelicy 5.17.

**Tablica 5.17.**

*Dane do obliczenia wykresu z rysunku 5.32.*

Kraj Lata	POLSKA (prognoza według krzywej naturalnej)		POLSKA (prognoza według krzywej przyspieszonej)		POLSKA (prognoza według PRI 1971-1975)		POLSKA (prognoza stałej proporcji nakładów)	
	$\alpha(t)$	liczba komputerów	$\alpha(t)$	liczba komputerów	$\alpha(t)$	liczba komputerów	$\alpha(t)$	liczba komputerów
1975	31 300	1 083	24 100	1 407	48 428	700	40 000	851
1980	7 050	5 021	3 050	11 606	12 470	2 839	7 000	5 040
1985	2 115	17 399	1 580	23 291	5 610	6 560	3 620	10 189
1990	1 127	33 452	1 089	34 619	2 315	16 285	2 742	13 749
1995	920	41 848	1 016	37 894	1 318	19 210	—	—
2000	880	44 773	1 007	39 126	1 015	38 818	—	—
	870	45 977	1 000	40 000	870	45 977	—	—

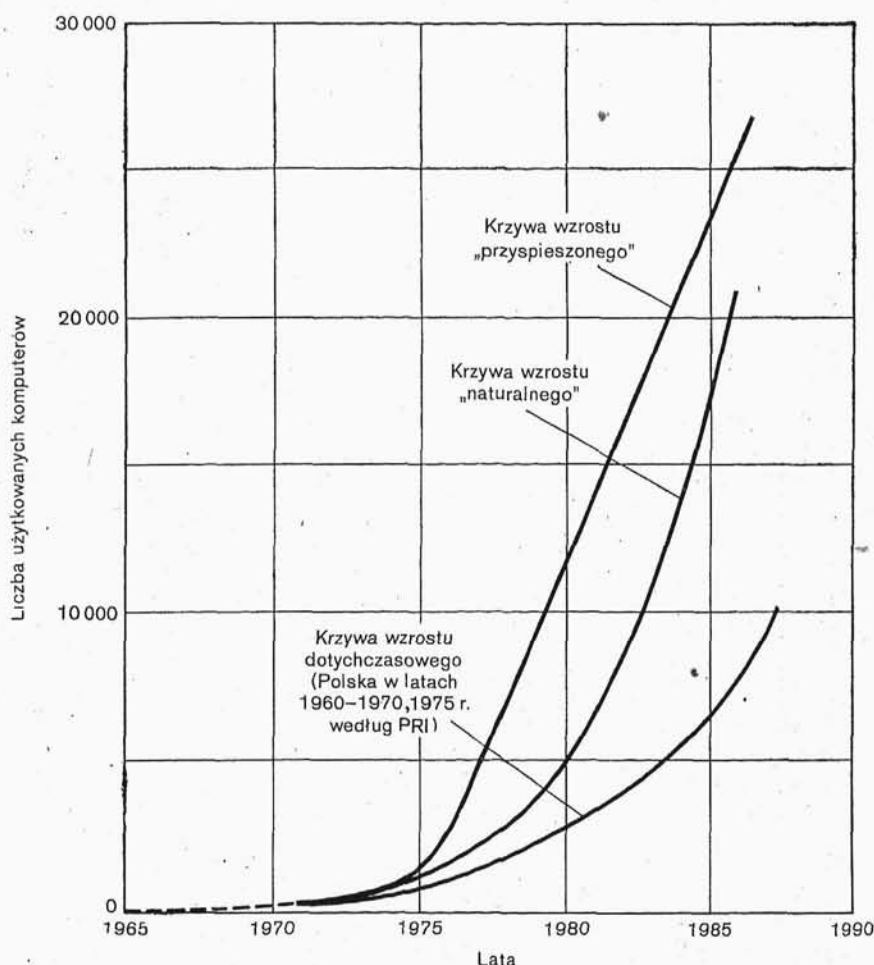
Rysunek 5.33. przedstawia w większej skali początkowy okres rozwoju informatyki w kraju do 1985 r.

Rysunek 5.34. przedstawia typowe okresy rozwoju informatyki w Polsce przy założeniu tendencji rozwojowych według trzech wariantów. Okazuje się, że charakterystyka poszczególnych pięcioletek<sup>73</sup> bardzo dobrze zgadza się z niniejszą prognozą.

Dodatkowego wyjaśnienia wymaga użycie słów rozwój przyspieszony i naturalny.

Jak podano na wstępie, wzrost ilości komputerów we Francji i RFN odbywa się szybciej niż na analogicznym etapie rozwoju w USA, Japonii i W. Brytanii. Można więc przyjąć, że najprawdopodobniej jest to sku-

<sup>73</sup> Por. A. Targowski, *Organizacja procesu przetwarzania danych*, wyd. cyt.

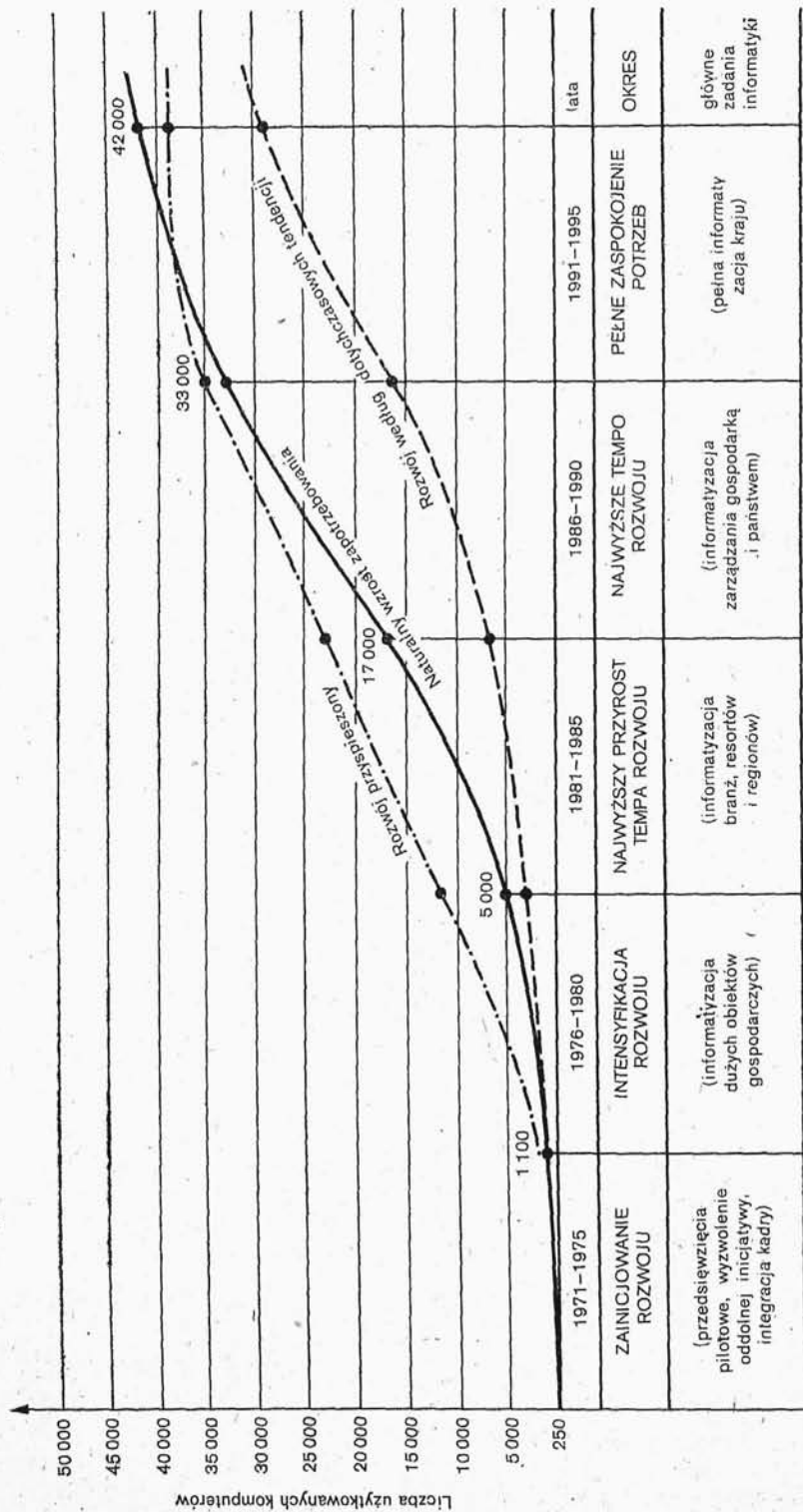
**Rysunek 5.33.***Krótkookresowa prognoza wzrostu zapotrzebowania na komputery w Polsce*

tek wyraźnego interwencjonalizmu państwowego w celu przyspieszenia rozbudzenia zapotrzebowania i wzrostu produkcji środków informatyki. Natomiast wzrost w USA, Japonii i W. Brytani (we wszystkich tych krajach niemal identyczny) najprawdopodobniej odpowiada naturalnym tendencjom rozwoju zapotrzebowania. W Polsce, zakładając że Program Rozwoju Informatyki nie zostanie przekroczony, tempo rozwoju jest znacznie wolniejsze.

Dla ilustracji wyników obliczeń przedstawiono na rysunku 5.35. prognozę wzrostu ilości komputerów na milion mieszkańców w Polsce, ZSRR, USA, RFN, Japonii i W. Brytanii.



Rysunek 5.34.  
Typowe okresy rozwoju informatyki w Polsce, przy założeniu trzech wariantów tendencji rozwojowych

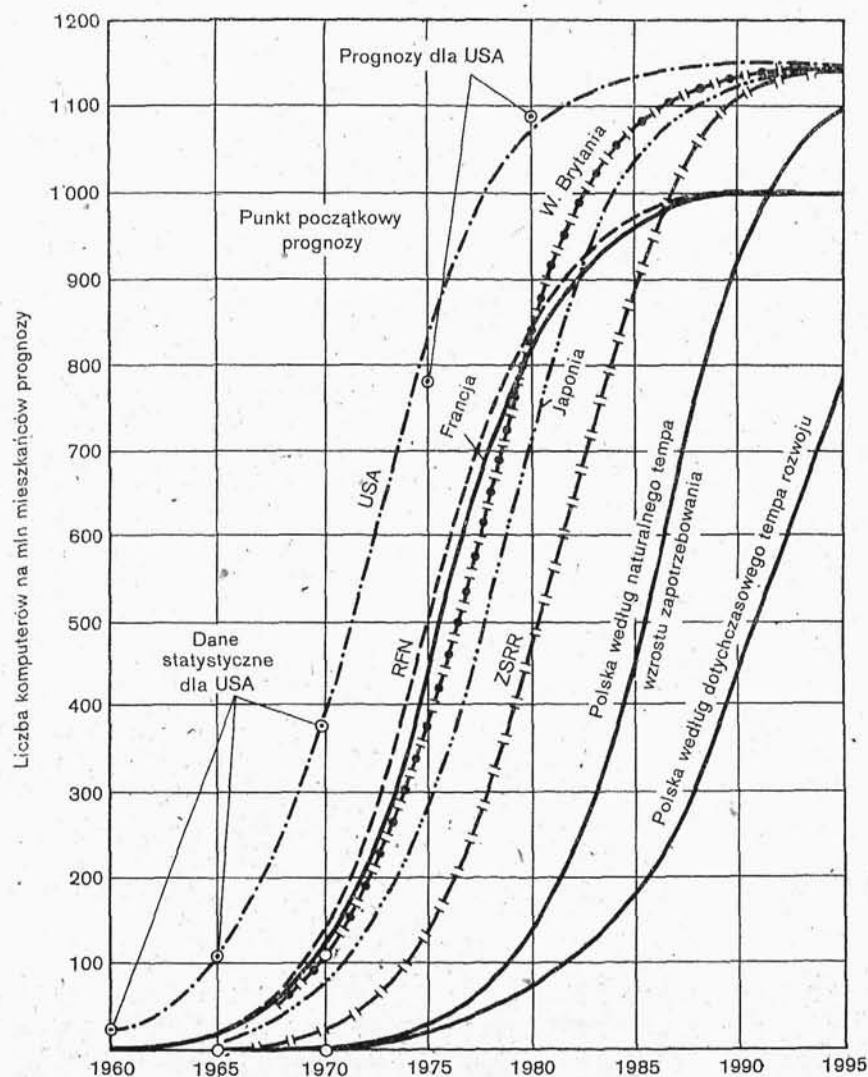


Etapy rozwojowe

Na rysunku 5.36. przedstawiono natomiast prognozę globalnej liczby komputerów dla wymienionych krajów, zakładając, że wzrost demograficzny ludności tych krajów będzie ten sam co w latach sześćdziesiątych.

**Rysunek 5.35.**

Prognoza wzrostu liczby komputerów na milion mieszkańców dla: USA, RFN, Francji, W. Brytanii, Japonii, ZSRR i Polski





Należy dodać, że prognozy te dotyczą zjawisk długofalowych i nie wykluczają krótkookresowych wahań koniunkturalnych. Warto również podkreślić dużą zgodność tej prognozy z prognozą dla USA opracowaną w 1970 r.

**Rysunek 5.36.**

Krótkoterminowa prognoza ilości komputerów dla wybranych krajów do 1980 r.

