

AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA: ROZWÓJ, STAN OBECNY I PRZYSZŁOŚĆ

Streszczenie: W referacie opisano rozwój automatyzacji i robotyzacji, stan obecny i podano oczekiwania na przyszłość.

Abstract: This paper presents the development of automation and robotics, present state and expectations for the future.

1. WPROWADZENIE

Badania w zakresie robotyki rozpoczęto w świecie w latach sześćdziesiątych, ich szersze zastosowanie przemysłowe w dekadę później, na lata osiemdziesiąte przypada początek pozaprzemysłowych zastosowań robotów [1,2].

W Polsce dopiero w latach siedemdziesiątych kilka ośrodków rozpoczęło badania nad robotami importowanymi i własnymi, a następnie (w latach osiemdziesiątych i początkach dziewięćdziesiątych) – realizowano szersze badania podstawowe i rozwojowe w tej dziedzinie. W nowym systemie finansowania badań funkcjonuje w Polsce kilkadziesiąt projektów badawczych dotyczących robotyki [3]. Początek kształceniu w zakresie robotyki w Polsce dały wykłady specjalistyczne i pojedyncze prace dyplomowe. Od połowy lat siedemdziesiątych kilka uczelni akademickich uruchomiło kierunki automatyka i robotyka. Stopniowo rozszerzano zakres kształcenia w automatyce i robotyce na kolejne uczelnie, wydziały, specjalności.

Jeśli idzie o wdrażanie robotów do praktyki, to trzeba stwierdzić, że zarówno automatyzacja i robotyzacja przemysłowa jak i pozaprzemysłowa przebiegają w Polsce nadal wolno. W 1996r. było u nas zainstalowane zaledwie 620 robotów przemysłowych, co przy setkach tysięcy robotów pracujących w świecie wskazuje wyraźnie na nasze opóźnienie.

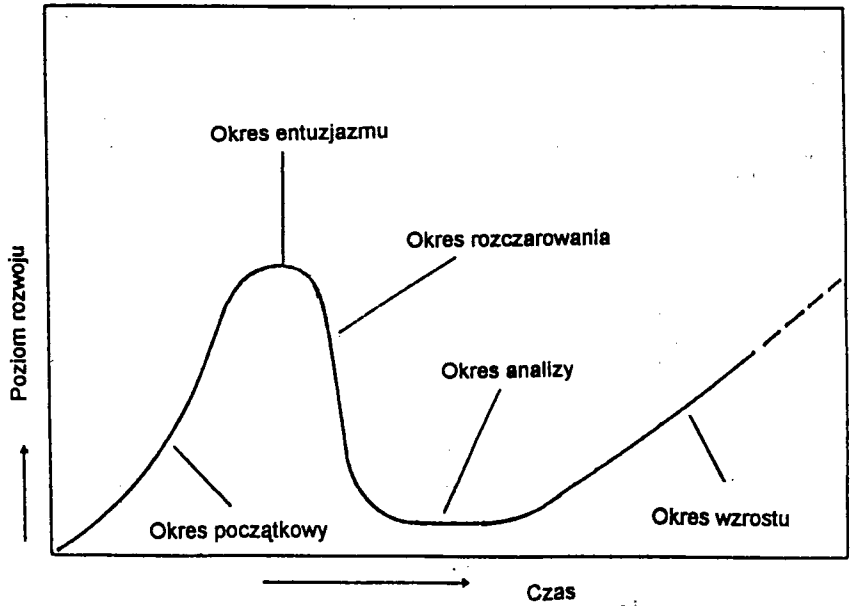
2. ROZWÓJ ROBOTYKI W ŚWIECIE I JEGO UWARUNKOWANIE

Prace projektowe i konstrukcyjne z dziedziny robotów rozpoczęły się w 1954 r. Pierwsze jednostki wytworzone przez firmy UNIMATION, VERSATRAN oraz PRABA pojawiły się w 1957r. na rynku amerykańskim, a w 1968 w Europie.

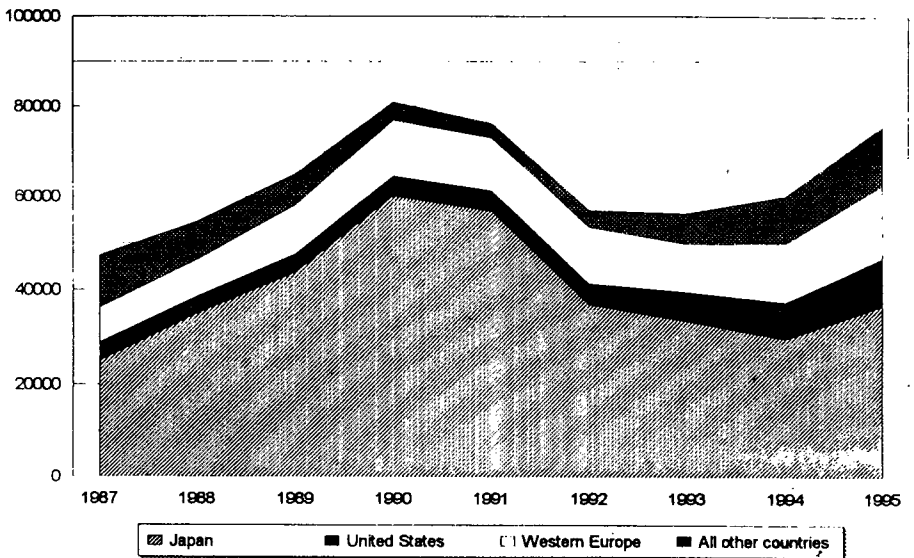
Z punktu widzenia stosunku do robotyki można by wyodrębnić pewne jej okresy:

- startowy (początkowy), trwający blisko dwadzieścia lat (1950-1970),
- euforii (entuzjazmu), obejmujący pierwszą połowę lat osiemdziesiątych,
- rozczarowania i analizy, przypadający na drugą dekadę lat osiemdziesiątych,
- ponownego ożywienia.

Można to przedstawić na rysunku nr 1.



Rys. 1. Okresy wprowadzania robotów do produkcji [wg 4]

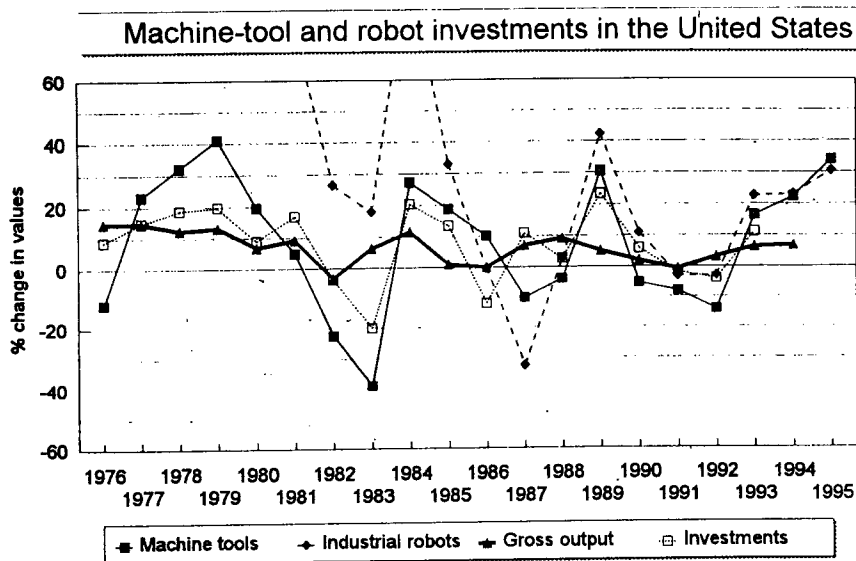


Rys. 2. Roczna produkcja robotów przemysłowych w latach 1987-1995 [wg 7]

Okres startowy trwał do końca lat siedemdziesiątych. Zwrot nakładów poniesionych na rozwój R.P. rozpoczął się w latach siedemdziesiątych, kiedy w przemyśle motoryzacyjnym rozszerzyło się ich zastosowanie do zgrzewania punktowego i malowania.

W okresie euforii ponad 500 firm w Europie, Japonii i USA prowadziło już produkcję robotów na szerszą skalę. Ten okres nazwano nową rewolucją przemysłową, opartą o pracę robotów. Analitycy prognozowali dalszy 35% przyrost roczny robotów w latach osiemdziesiątych. Te prognozy okazały się właściwe do roku 1985.

Jednak rok 1986 rozpoczął okres zwany umownie okresem rozczarowania. Produkcja robotów spadła o 35%, ujawniło się nasycenie rynku. Rozpoczęto wówczas analizę przyczyn takiego stanu. Za główną przyczynę uznano ograniczoną przydatność produkowanych modeli – tylko do tak prostych zastosowań jak zgrzewanie punktowe, malowanie, obsługa maszyn. Rynek nasycił się już wówczas w tym zakresie, a próby zastosowania R.P. do procesów trudniejszych – jak np. montaż – natrafiły na barierę technologiczną. W końcu lat osiemdziesiątych i na początku dziewięćdziesiątych poświęcono więc wiele badań układom sensorycznym w celu zwielokrotnienia funkcji i zwiększenia możliwości „intelektualnych” robota.



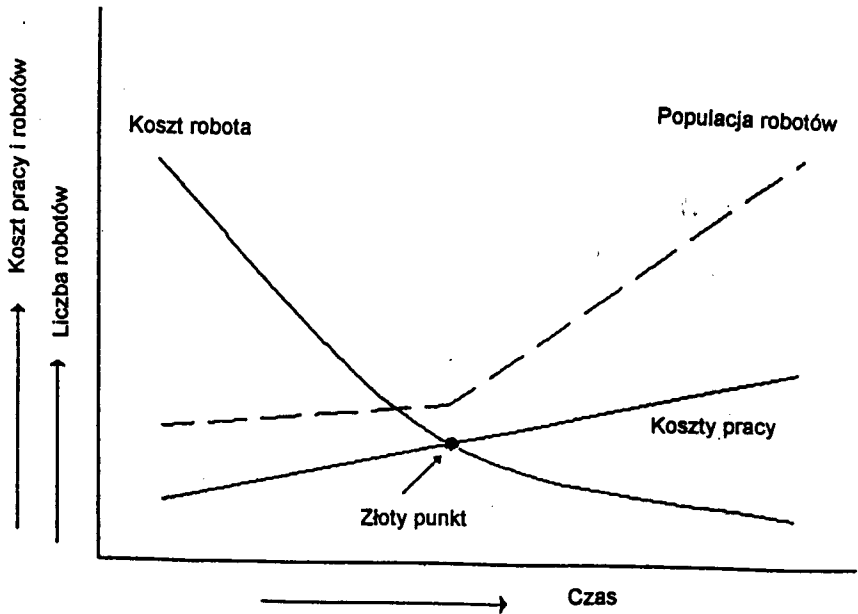
Rys. 3. Roczne zmiany inwestycji w robotyce i przemyśle obrabiarkowym USA w latach 1976-1995 [wg 7]

Na cykliczność w produkcji i instalacji robotów mają wpływ nie tylko (a może nawet nie tyle) czynniki techniczne i technologiczne, ale także w znacznej mierze czynniki ekonomiczno-społeczne. Chodzi przede wszystkim o wahania koniunkturalne. W dotychczasowych latach robotyzacji produkcji miały miejsce trzy dość głębokie załamania koniunktury w 1986 r., 1989 r. i w latach 1991-1992. Na te recesje przypadają załamania w produkcji robotów a na

następujące po nich okresy ożywienia – także wzrost ich produkcji i sprzedaży. Ilustruje to wyraźnie rysunek dotyczący lat otaczających recesję 1991-1992.

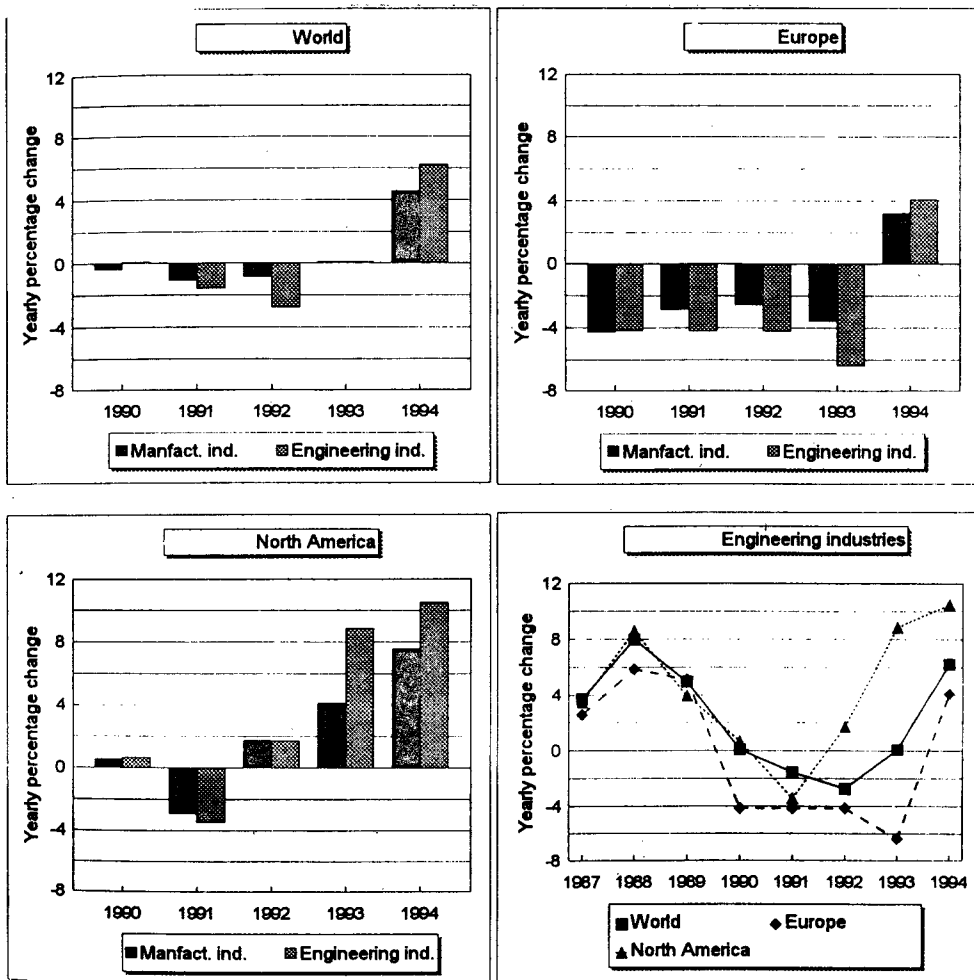
Jak wiadomo, recesja gospodarcza wywołuje wypadanie dużej części maszyn i urządzeń „na stałe”; przy wychodzeniu z niej natomiast dokonuje się wymiany części starych urządzeń na nowsze nieco wydajniejsze, a częściowo instaluje się najnowsze, najbardziej efektywne urządzenia w celu racjonalizacji procesów produkcyjnych i podniesienie efektywności. Roboty przemysłowe, nawet te zainstalowane przed recesją, traktowane są jako urządzenia racjonalizujące; toteż w czasie recesji ich zasób spada wolniej aniżeli innych maszyn i urządzeń. Tym niemniej, zarówno spadki jak i wzrosty roczne popytu na roboty przemysłowe wahają się znacznie bardziej niż inwestycje globalne i globalna produkcja. Przykładem mogą służyć dwudziestoletnie dane dotyczące USA.

Ważnym ekonomicznym czynnikiem kształcącym produkcję i sprzedaż robotów przemysłowych, jest (poza ogólną koniunkturą gospodarczą) rynek pracy i to zarówno ze względu na cenę pracy jak i na poziom zatrudnienia.



Rys. 4. Złoty punkt dyfuzji robotów [wg 4]

Cena pracy (wolno kształtująca się na rynku bądź negocjowana czy inaczej regulowana) wchodzi do rachunku ekonomicznej opłacalności zastosowania robota. Statystyki wykazują zarówno na znaczne zróżnicowanie cen robotów między krajami jak i ich tendencję spadającą z upływem czasu. Dla przykładu przeciętna cena robota w świecie wynosiła w dolarach w 1995r. 82 tys., podczas gdy w 1991r. – 108 tys.



Sources: United Nations, Monthly Bulletin of Statistics and ECE/ITD.

Rys. 5. Roczne zmiany produkcji przemysłowej na świecie, w Europie, Ameryce Północnej i przemysłach maszynowych w latach 1990-1994 [wg 7].

Największe różnice w cenach wystąpiły w 1991r.: Anglia 79 tys. – Włochy 131 tys.; rozpiętość w 1995r. wynosiła: Anglia 68 tys. – USA 88 tys. Równocześnie można założyć powolnie stale wzrastające koszty pracy (nie tylko samej płacy). Porównanie tych dwóch wielkości wyznacza pewien punkt zwrotny (tzw. złoty) w zainteresowaniu wprowadzaniem robotów, co można zilustrować wykresem na rysunku 4.

Przekroczenie „punktu złotego” ma wpływ przyspieszający na wprowadzanie robotów. Niezrównoważenie rynku pracy w formie bezrobocia może osłabiać dynamikę kosztów pracy

przesuwając ten punkt na późniejszy okres. Jednocześnie bezrobocie oddziałuje pośrednio – na postawy wobec robotyzacji ze strony pracowników i ich związków zawodowych. Chociaż trzeba zauważyć, że opory opinii pracowniczych (czy opinii publicznej) przeciw wprowadzaniu robotów jako zmniejszających zatrudnienie wydaje się obecnie słabsze nawet w krajach wysokiego bezrobocia [6].

3. SPECYFIKA OBECNEGO ETAPU OŻYWIENIA ROBOTYZACJI

Ożywienie, jakie obserwuje się w robotyzacji w ostatnich latach (od 1993r.), następuje po dość dotkliwej recesji początku lat dziewięćdziesiątych (USA –1991r., Europa Zachodnia – 1993r.), która dotknęła także najsilniejszych producentów robotów: Japonię, USA, Europę Zachodnią. Ożywienie gospodarcze przybrało dość gwałtowne tempo, zwłaszcza w interesujących nas tu szczególne przemysłach.

W 1994r. największy wzrost produkcji przemysłowej zanotowano w Finlandii – 21%, Szwecji – 18%, Irlandii – 16%, Słowenii i Australii – 15%, Kanadzie – 14%, Danii – 13%, Hiszpanii – 12% i w USA – 10%. Z objętych statystyką ONZ 23 krajów przemysł elektryczny wykazuje największy wzrost w 8 krajach, środków transportowych w 5 krajach a przemysł metalowy w 4 krajach.

W przemyśle motoryzacyjnym w Niemczech po spadku produkcji o 18% w 1993r., w roku 1994 nastąpił wzrost o 8%, we Francji o 9%, w Anglii o 2% i w USA o 4%. Należy również odnotować znaczny wzrost eksportu, w wielu krajach sięgnął on około 45 ÷ 50%. Równocześnie wzrastał import.

Nowym zjawiskiem okazał się natomiast ustabilizowany na poziomie recesji lub niewiele podniesiony stan zatrudnienia w przemyśle. Oznaczało to silny wzrost wydajności pracy, przykładowo w USA [wg 7]:

- w komputerach i softwarze: UNISYS 16%, DEC 36%, MICROSOFT 45%
- w półprzewodnikach: AMD 105%, TEXAS INSTRUMENT 96%
- w telekomunikacji: AT&T 30%, GTE Comp 60%
- w przemyśle transportowym, konstrukcji maszyn, maszyn rolniczych, narzędziowym: Ford 43%, GENERAL ELECTRIC 54%.

W Europie, podobnie, wydajność pracy w największych firmach wzrosła: w Volkswagencie 29%, w ALCATELU 21 %, w Volvo 71%, w ERICSONIE 81%. Inaczej sytuacja ukształtowała się w Japonii, gdzie zgodnie z generalną polityką zatrudnienia, w okresie recesji nie spadała liczba zatrudnionych a więc i w czasie ożywienia nie wzrosła wydajność.

Szybki porecesyjny rozwój przemysłu oraz rosnące równolegle dochody i konsumpcja uruchomiły nową falę produkcji i zastosowań robotów. Optymistyczna prognoza jej utrzymania w Europie wiąże się także z procesami rekonstrukcji gospodarek narodowych centralnej i wschodniej Europy.

Najnowsze dane statystyczne ONZ [5] pozwalają na przedstawienie następującego obrazu sytuacji w robotyce w latach dziewięćdziesiątych; jeśli chodzi o liczbę czynnych robotów to tablica nr 1 pokazuje, jak kształtowały się one w wybranych krajach.

W sumie więc pracuje na świecie około 650 tys. robotów przemysłowych, z czego 60% przypada na Japonię, 10% na USA a 15% na Niemcy, Włochy, Francję i Anglię łącznie.

Najwyższy procentowy przyrost w robotach pracujących wystąpił w 1995r. w czterech krajach azjatyckich (ponad 40%), znacznie słabszy w krajach „słabszych” w Europie Zachodniej (12,7%) a najniższy w krajach potentatów robotyki (5,6%).

TABLICA 1.

Zasoby czynnych robotów przemysłowych w świecie w latach 1990-1995 [wg 7].

Country	Number of units						% change 1995/94
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
Japan	274,210	324,895	349,458	368,054	377,025	387,290	2.7
United States	38,980	42,250	45,610	50,454	57,088	66,286	16.1
Germany	27,320	32,760	37,550	41,415	45,340	51,375	13.3
Italy	12,200	14,090	16,410	18,735	20,593	22,963	11.5
France	8,350	9,510	10,420	11,295	12,292	13,276	8.0
United Kingdom	5,940	6,550	7,030	7,476	8,123	8,314	2.4
Big six	367,000	430,055	466,478	497,429	520,461	549,504	5.6
Austria	1,150	1,430	1,670	1,872	2,125	2,359	11.0
Benelux	1,680	1,920	2,480	2,900	3,400	4,000	17.6
Denmark	470	520	540	568	622	672	8.0
Finland	810	940	1,030	1,129	1,223	1,398	14.3
Norway	490	500	500	504	486	477	-1.9
Spain	2,160	2,670	3,430	3,874	4,266	4,913	15.2
Sweden	3,340	3,420	3,650	3,677	4,177	4,459	6.8
Switzerland	1,510	1,670	2,010	2,450	2,927	3,390	15.8
West-Europe-8	11,610	13,070	15,310	16,974	19,226	21,668	12.7
Czechoslovakia	7,060	7,060					
Hungary	199	229	237	247	113	128	13.3
Poland	520	620	630	642	629	618	-1.7
Slovakia				113	139	164	18.0
Czech Rep.				200	300	400	33.3
Slovenia				133	160	180	12.5
East-Europe-6	7,779	7,909	867	1,335	1,341	1,490	11.1
Australia	1,430	1,550	1,630	1,739	1,776	1,840	3.6
Rep. of Korea	2,990	4,070	6,060	9,155	13,705	19,991	45.9
Singapore	1,620	1,900	2,220	3,970	7,960	11,924	49.8
Taiwan P. of C.	1,290	1,690	2,220	2,727	3,277	3,849	17.5
Asia-4	7,330	9,210	12,130	17,591	26,718	37,604	40.7
Former USSR	64,204	65,000	55,000	45,000	40,000	35,000	-12.5
Other countries	1,420	1,810	2,210	2,850	3,350	3,900	16.4
Grand total	459,300	527,100	552,000	581,179	611,096	649,166	6.2

Sources: ECE, IFR and national robot associations.

Note: The operational stock of industrial robots is calculated as the last 12 years of accumulated sales except for those countries which have reported data on the operational stock.

Kraje dawnego Związku Radzieckiego ze względu na trwającą tam nadal recesję w 1995r. utraciły 12,5% swoich zasobów robotów, a w porównaniu z 1996r. – blisko 46%. Prognozy dalszego wzrostu liczby robotów zawiera tablica nr 2 (zaczepnięta z tego samego źródła).

Analicyści przewidują więc dalszy najszybszy wzrost liczby robotów wśród „Tygrysów Wschodu” (o ponad 200%), dalej tzw. Zachodniej ósemki (~63%), dla „wielkiej szóstki” i Europy Wschodniej po około 50%, a dla krajów byłego Związku Radzieckiego – dalszy spadek w 1996r. i stagnację do końca wieku.

TABLICA 2.

Prognozy liczby robotów na lata 1996-1999 [wg 7].

Country	1996	1997	1998	1999
Japan	408,500	438,000	469,000	498,250
United States	72,800	79,500	87,500	99,200
Germany	57,300	63,300	68,700	76,100
Italy	25,400	28,100	30,700	33,300
France	14,600	15,400	16,200	17,200
United Kingdom	8,600	9,000	9,700	10,700
Big six	631,500	678,500	740,100	815,700
Austria				
Benelux				
Denmark				
Finland				
Norway				
Spain				
Sweden				
Switzerland				
West-Europe-8	24,600	27,900	31,500	35,400
Czechoslovakia				
Hungary				
Poland				
Slovakia				
Czech Rep.				
Slovenia				
East-Europe-6	1,700	2,000	2,400	2,900
Australia				
Rep. of Korea				
Singapore				
Taiwan P. of C.				
Asia-4	51,300	68,300	89,800	115,300
Former USSR	30,000	30,000	30,000	30,000
Other countries	4,700	5,800	7,300	9,200
Grand total	743,800	812,600	901,100	1,008,600

Ze wzrostem i zróżnicowaniem liczby robotów w poszczególnych krajach zmienia się, oczywiście i różnicuje nasycenie nimi gospodarek narodowych, a także „jakość” tego nasycenia. Pewien obraz tej „ilości i jakości” daje tablica nr 3.

Relacja najniższego i najwyższego współczynnika nasycenia robotami ogółem (Węgry : Japonia) wynosi 1:148, a robotami zaawansowanymi (Słowacja : Japonia) wynosi aż 1:524.

Jeśli chodzi o zastosowanie robotów w przemyśle w układzie branżowym, to 65% - 80% wszystkich robotów koncentruje się w przemyśle elektromaszynowym (przeważnie produkty metalowe, maszyny, maszyny elektryczne, środki transportu, instrumenty precyzyjne).

Procentowy udział głównych zrobotyzowanych czynności w przemyśle i w poszczególnych krajach przedstawia tablica nr 4.

Jak widać z tej tablicy, dominują proste czynności, choć wykonywane już zapewne przez nowoczesne roboty.

TABLICA 3.

Gęstość nasycenia typami robotów w 1995r. w poszczególnych krajach.

Country	All types of robots	Advanced robots a/	Robot densities	
			All types of robots	Advanced robots
Australia	1,840	1,564	16.7	14.2
Austria	2,359	1,274	31.0	16.8
Benelux	4,000	3,200	23.1	18.4
Denmark	672	672	14.5	14.5
Finland	1,398	1,383	37.9	37.5
France	13,276	12,652	32.4	30.9
Germany	51,375	46,238	57.7	52.0
Hungary	128	97	1.7	1.3
Italy	22,963	19,059	49.7	41.3
Japan	387,290	322,613	251.5	209.5
Norway	477	384	18.4	14.8
Poland	618	428	2.9	2.0
Rep. of Korea	19,991	15,993	64.3	51.4
Singapore b/	11,924	2,969	335.9	83.6
Spain	4,913	3,930	20.4	16.3
Sweden	4,459	4,013	59.5	53.6
Switzerland	3,390	3,051	43.3	39.0
Taiwan Province of China	3,849	3,079		
USSR, former	35,000	6,580	26.8	5.0
United Kingdom	8,314	6,651	17.4	13.9
United States	66,286	59,657	35.7	32.1
Slovakia	164	20	3.7	0.4
Czech Rep.	400	240	3.5	2.1
Slovenia	180	101	7.7	4.3
Other countries	3,900	1,950		
Total	649,166	517,799		

Sources: UN/ECE, OECD, IFR and national robot associations.

a/ Estimates for certain countries.

b/ Not comparable with other countries.

Sytuacja robotyki w Polsce, jak wspomniano we wprowadzeniu do tego opracowania, wygląda niekorzystnie na tle świata. Wskazuje na to zarówno liczba zainstalowanych robotów jak ich gęstość.

Z tablicy nr 1 wynika, że zasób pracujących w Polsce robotów przemysłowych kształtował się najwyżej w 1993r. – na poziomie 642 sztuk i spadł w 1994r. do 629 a w 1995r. do 618. Nasycenie robotami w przemyśle przetwórczym wynosiło w 1995r. (na 10 tys. pracowników) 2,9 sztuk, w tym robotów zaawansowanych 2,0.

TABLICA 4.

Liczba robotów czynnych w wybranych gałęziach i krajach w roku 1995 [wg 5].

	Australia	Austria (1994)	Denmark a/	Finland	France	Germany	Hungary	Italy
160 Welding	56.9	21.0	42.3	29.5	31.8	28.3	36.7	25.2
161 Arc welding	32.4	19.0		25.8	15.0	13.4	30.5	
162 Spot welding	24.4	2.0		3.1	16.7	14.9	6.3	
170 Dispensing	5.1	5.0	4.0	4.9	2.6	5.5	4.7	7.6
171 Painting	0.7	2.0		3.3	2.0	3.7	4.7	
172 Sealing/glueing	1.5	3.0		0.5		1.2		
180 Machining	6.2	31.2		16.8	11.7	12.7	4.7	28.6
181 Loading/unloading	5.0	25.4		10.2	9.3	9.9	2.3	
182 Mech. cutting/grinding/ deburring/polishing	0.6	1.9		0.5	5.9	2.0	2.8	
190 Special processing	0.5			1.5	0.8			
200 Assembly	1.6	13.0	8.6	12.6	10.9	17.3	6.3	10.6
210 Palletizing/packaging	6.7	4.0		8.1	4.6	3.5		
230 Material handling	16.3		41.1	11.1	17.9	14.5		
300 Others	0.5	0.8	4.0	0.7	4.3	2.3		
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

	Japan	Norway	Poland	Spain	Sweden	Taiwan	United Kingdom	Korea
160 Welding	19.9	24.6	26.0	54.7	36.9	51.8	38.5	49.0
161 Arc welding	13.4	23.6		22.3	8.1	42.0	16.8	11.2
162 Spot welding	6.3	1.0		31.0	10.9	9.7	21.7	18.4
170 Dispensing	2.2	10.7	5.8	6.4	1.7	6.9	7.0	1.8
171 Painting	1.4	4.1		2.6	1.0	6.4	3.3	1.8
172 Sealing/glueing	0.8			3.5	0.6	0.5	3.8	
180 Machining	8.2	18.1	20.5	7.3	28.5	7.2	10.5	
181 Loading/unloading	6.7	8.6		6.4	6.8	4.2	8.8	
182 Mech. cutting/grinding/ deburring/polishing	1.3			1.9	1.9	2.5	1.7	
190 Special processing	0.1	1.6		0.9	0.4		1.5	
200 Assembly	40.7	7.9	13.7	5.8	9.2	9.3	4.7	25.9
210 Palletizing/packaging	3.6	8.9		2.5	2.5	3.4		
230 Material handling	2.1	8.3	3.7	7.8	5.9	9.8	7.7	3.0
400 Others	5.6	1.3	3.6	4.1	10.4	0.6	5.2	20.3
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Sources: IFR and national robot associations.

For notes: see table 15.

Wszystkie roboty zainstalowane w Polsce w okresie 1991-1995 podzielone według branż oraz ich przyrosty w kolejnych latach przedstawiają tablice nr 5 i 6.

TABLICA 5.

Zasoby robotów w Polsce w latach 1991-1995 [wg 5].

ISIC	Branch	Number of units					Percentage				
		1991	1992	1993	1994	1995	1991	1992	1993	1994	1995
1	Agriculture										
2	Mining and quarrying										
31	Food, beverages and tobacco										
32	Textiles and leather				1	1	0.2	0.2	0.2	0.2	
33	Wood and wood products	15	15	15	15	15	2.4	2.4	2.3	2.3	
34	Paper, printing, publishing										
35	Chemicals, petroleum, plastics	6	6	6	7	9	1.0	1.0	0.9	1.1	
36	Non-metallic mineral products	9	9	9	9	9	1.4	1.4	1.4	1.4	
37	Basic metals			4	4	4			0.6	0.6	
381	Fabricated metal products	18	18	24	24	24	2.9	2.9	3.7	3.6	
382	Machinery except electrical	204	204	204	208	210	32.4	32.5	31.5	31.5	
383	Electrical machinery	72	72	77	77	81	11.4	11.5	11.9	11.7	
384-3843	Transport equipment a/	39	35	4	4	4	6.2	5.6	0.6	0.6	
3843	Motor vehicles	232	248	214	215	220	36.8	39.6	33.0	32.6	
385	Instruments	2	2	2	2	2	0.3	0.3	0.3	0.3	
39	Other manufacturing	22	22	22	22	22	3.5	3.5	3.4	3.3	
	Other branches	10	10	66	72	73	1.6	1.6	10.2	10.9	
	Unspecified/corrections		-15					-2.4			
	TOTAL	630	627	648	660	674	100.0	100.0	100.0	100.0	

Sources: Warsaw University of Technology and IFR.

a/ Excluding motor vehicles.

TABLICA 6.

Przyrosty roczne liczby robotów w Polsce według branż [wg 5].

ISIC	Branch	Units		Percentage	
		1994	1995	1994	1995
1	Agriculture				
2	Mining and quarrying				
31	Food, beverages and tobacco				
32	Textiles and leather				
33	Wood and wood products				
34	Paper, printing, publishing				
35	Chemicals, petroleum, plastics	1	2	8.3	14.3
36	Non-metallic mineral products				
37	Basic metals				
381	Fabricated metal products				
382	Machinery except electrical	4	2	33.3	14.3
383	Electrical machinery		4		28.6
384-3843	Transport equipment a/				
3843	Motor vehicles	1	5	8.3	35.7
385	Instruments				
39	Other manufacturing				
	Other branches	6	1	50.0	7.1
	Unspecified/corrections				
	TOTAL	12	14	100.0	100.0

Sources: Warsaw University of Technology and IFR.

a/ Excluding motor vehicles.

W polskich zasobach robotów dominują roboty typu playback, co widać wyraźnie w podanych niżej tablicach nr 7 i 8 [wg 5].

TABLICA 7.

Struktura zasobów robotów przemysłowych w Polsce według ich typów w latach 1992-1995 [wg 5].

Type of robot	1992	1993	1994	1995
Sequence-controlled	198	198	198	203
Trajectory-operated	400	421	433	441
Adaptive	25	25	25	26
Teleoperated	4	4	4	4
TOTAL, units	627	648	660	674
Sequence-controlled	31.6	30.6	30.0	30.1
Trajectory-operated	63.8	65.0	65.6	65.4
Adaptive	4.0	3.9	3.8	3.9
Teleoperated	0.6	0.6	0.6	0.6
TOTAL, percentage	100.0	100.0	100.0	100.0

Sources: Warsaw University of Technology and IFR.

TABLICA 8.

Roczne przyrosty zasobów robotów przemysłowych w Polsce w latach 1992-1995 według ich typów [wg 5].

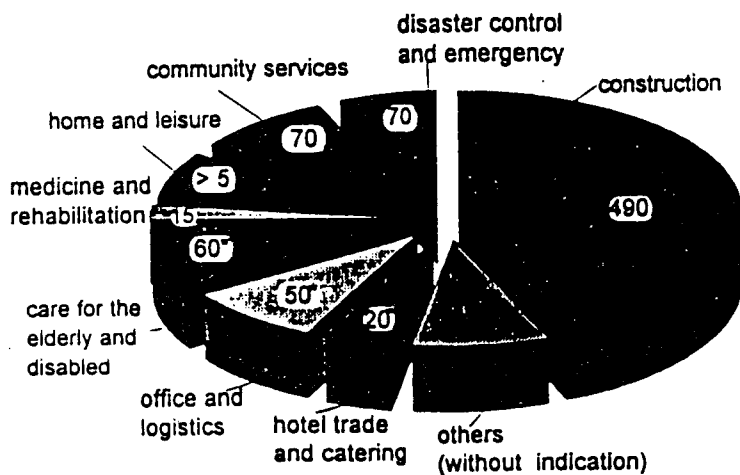
Type of robot	1992	1993	1994	1995
Sequence-controlled				5
Trajectory-operated	16	21	12	8
Adaptive				1
Teleoperated				
TOTAL, units	16	21	12	14
Sequence-controlled				35.7
Trajectory-operated	100.0	100.0	100.0	57.1
Adaptive				7.1
Teleoperated				
TOTAL, percentage	100.0	100.0	100.0	100.0

Sources: Warsaw University of Technology and IFR.

Wydaje się, że zarówno koniunktura gospodarcza w Polsce w ostatnich latach jak i wieloletnie zacofanie naszej gospodarki w jej robotyzacji skłonić powinno do nadrobienia zapóźnień i poważnego zainteresowania szerokim i szybkim wdrażaniem robotów.

Stymulatorem tego powinny być także występujące już dość szeroko w świecie procesy robotyzacji pozaprzemysłowej.

Brak jest rozwiniętych informacji o robotach usługowych (pozaprzemysłowych). Dwie z nich warto jednak przytoczyć. Pierwsza dotyczy szacunku aktualnej liczby tych robotów w świecie i ich przynależności branżowej, druga szacunku potencjalnego rynku takich robotów w okresie do 2010r. [wg 10].

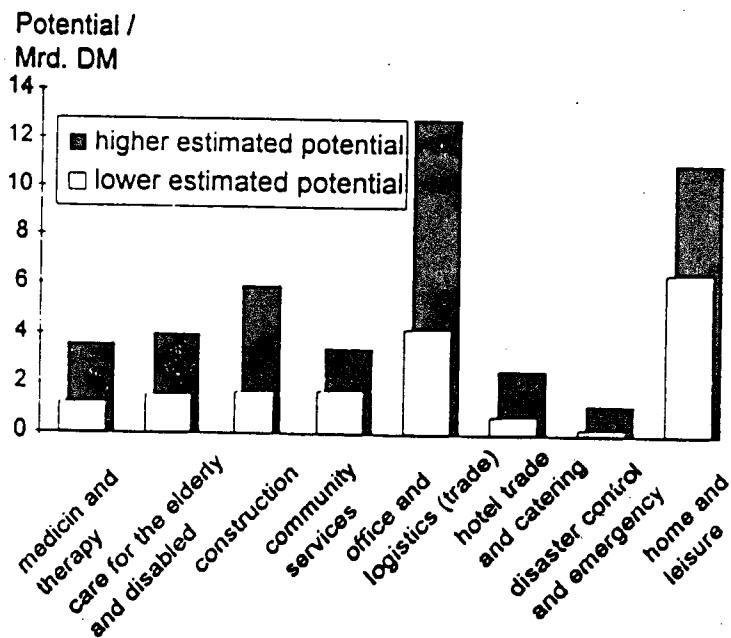


Rys. 6. Liczba istniejących obecnie robotów usługowych (prototypów i dostępnych w sprzedaży) [wg 10]

Na rysunku 6. widać wyraźnie przytłaczającą liczbę robotów usługowych w budownictwie, ponad 60% zasobów a na samym końcu ulokowały się roboty usługowe służące życiu domowemu i wypoczynkowi, medycynie i rehabilitacji, hotelarstwu z zaopatrzeniem. Na zbliżonym poziomie (50-70) kształtuje się liczba robotów z pozostałych dziedzin.

Być może z taką obecną strukturą branżową robotów usługowych opracowano prognozę, częściowo wyrównującą te różnicowania (choć trzeba pamiętać, że wartościowo ujęta prognoza może w swej strukturze odbiegać od struktury rzeczowej pod wpływem cen).

Prognozę zastosowania robotów usługowych przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Prognoza zastosowania robotów usługowych w 2010r. [wg 10]

4. PRZYSZŁOŚCIOWE ZADANIA W DZIEDZINIE ROBOTYZACJI

Wszelkie prognozy, nie tylko w świecie techniki, obarczone są znaczną niepewnością. Wiąże się ona z niedoskonałością metod prognozowania ale i za zmieniającą się pod wpływem nieprzewidywalnych przypadków rzeczywistością. Mimo to prognozowanie wydaje się niezbędne jako punkt wyjścia do planowania i programowania, korygowanych następnie w toku wydarzeń. Inaczej działa się bez busoli.

Z tych względów należy pracować także nad prognozami rozwoju automatyzacji i robotyzacji, choć w tym opracowywaniu będzie to tylko prognoza kierunkowa [wg 11,12].

Dla porządku przypomnieć należy niektóre techniki prognozowania, jakkolwiek nie będą one zastosowane tu konsekwentnie i wyczerpująco.

Metoda ekstrapolacji opiera się na wykorzystywaniu wzorów rozwojowych (trendów) do określania przyszłości. Z danych przytaczanych poprzednio wynika wyraźny trend wzrostu robotów, mimo coparoletnich ostrych załamań tempa tego wzrostu, (jak można wnioskować pod znacznym wpływem koniunktury, choć w 1986 r. także pod wpływem wyczerpania w krajach „robotyzujących się” popytu na oferowane wówczas typy prostych robotów). Można jednak przewidywać – w oparciu o metodę ekstrapolacji dalszy wzrost robotyki ale i konieczność jej ewolucji.

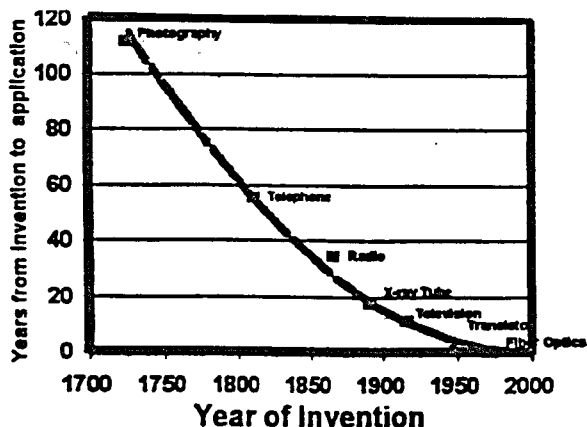
Metoda wiodących wskaźników polega na określaniu przyszłości w oparciu o pewne mierzalne parametry jako podstawy do zakreslenia przyszłych trendów. Przy prognozowaniu pogody takim parametrem są wskaźniki baryczne. Co mogłoby wystąpić w takiej roli w odniesieniu do robotyzacji? Może ekonomiczna efektywność ich stosowania? Może sytuacja rynku pracy? Może jakieś istotne zmiany w samej technice czy technologii?

Modele przyczynowo-skutkowe, bardzo interesujące dla badaczy, bywają często także bardzo zawodne. Wieloczynnikowość wszelakich wydarzeń – gospodarczych, społecznych, technicznych – z trudem pozwala ustalić wiarygodnie związek kauzalny. Chyba że jeden z czynników zdominuje w jaskrawy sposób inne. Tak na przykład można uznać, że pojawienie się komputerów dużej mocy zwiększyło możliwość korzystania z metod numerycznych w zastosowaniu do symulacji złożonych układów. Co może dać przyspieszenie rozwoju robotów w przyszłości? Samoorganizująca się komórka?

Wreszcie metody probabilistyczne wzbogacające przewidywanie przyszłości w różnych jej wariantach w oparciu o rozkłady prawdopodobieństwa możliwych wartości. Metoda najbogatsza i zapewne byłaby najowocniejsza dla badacza, który chciałby ją wykorzystać dla prognozy robotyki.

W praktyce prognostycznej i planistycznej stosuje się zwykle kilka metod łącznie. W badaniach technicznych procesy ekstrapolacji i modele przyczynowe pozwalają wyodrębnić pewne technologie, które najsilniej wpływają na rozwój nauk technicznych i praktyczne wykorzystanie ich osiągnięć. Podane niżej rysunki wskazują kilka takich akceleratorów.

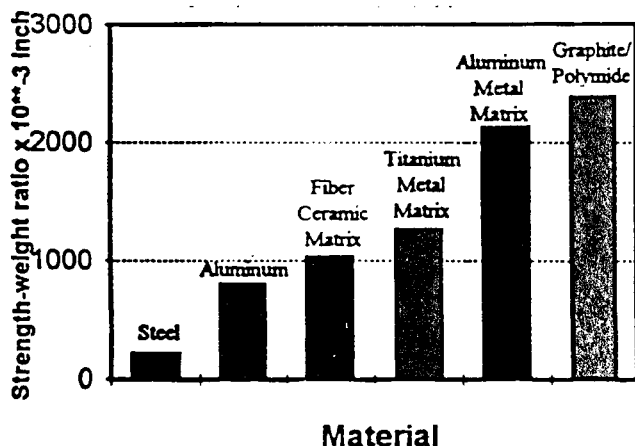
Na rys. 8. przedstawione jest „zbiorcze” przyspieszenie technologiczne mierzone okresem, jaki upływa od odkrycia naukowego do jego praktycznego zastosowania. Widać wyraźnie szybko zmniejszający się ten okres z upływem czasu.



Rys. 8. Przyspieszenie technologiczne [wg 11,12]

Prócz stałego skracania okresu „od pomysłu do przemysłu” istotne znaczenie dla rozwoju urządzeń technologicznych mają treści kolejnych pomysłów nieraz radykalnie wzmacniające

ważne cechy tych urządzeń. Wydaje się, że takim wzmacniaczem dla wszelkich konstrukcji, w tym dla robotów, jest postęp w uzyskiwaniu coraz bardziej wytrzymałych materiałów. Rysunek 9. prezentuje możliwości wielokrotnego podnoszenia wytrzymałości przez zastępowanie jednych materiałów innymi.



Rys. 9. Wskaźniki wytrzymałości nowoczesnych materiałów [wg 11,12]

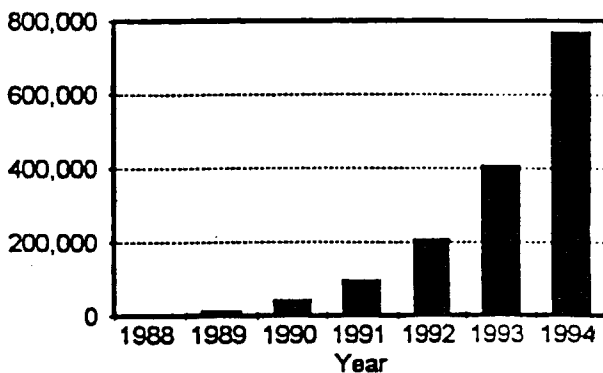
Prognozujący robotykę – podobnie jak rozwijający ją w przeszłości czy obecnie – musi obejmować szeroki obszar wiedzy teoretycznej. Przykładowo wymienić tu trzeba geometrię i kinematykę (niekonwencjonalne architektury, analityczne i numeryczne metody i ich doskonalenie); błędy kinematyczne i kalibracji (algorytmy kinematyczne, osobliwości, przestrzenie robocze); dynamikę (efektywne metody sterowania oparte o układy sensoryczne siły/momenty), szybkie manipulatory z rozprężonymi własnościami dynamicznymi

Do czynników znacznie przyspieszających rozwój nauk technicznych i procesów wdrożeniowych należy niewątpliwie gwałtowny wzrost nowoczesnych metod i narzędzi informacji i przetwarzania danych. O tempie tego wzrostu świadczą dwa wykresy (rys. 10. i rys. 11.).

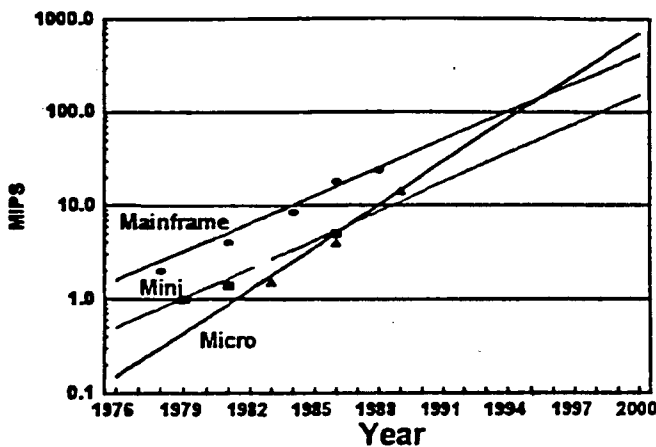
To i wiele innych wsparć i ułatwień zewnętrznych dla rozwoju robotyki pozwala skuteczniej i efektywniej rozwiązywać jej wewnętrzne problemy i zadania, udoskonalać własne metody. Dotyczy to planowania i programowania nowych konstrukcji, stosowania odpowiednich metod symulacyjnych i budowy symulacyjnych modeli, stosowania metody on-line kompensacji błędów. Konkretnie stałe zadania robotyków to odpowiednia kalibracja robotów, minimalizacja obciążeń ich członów, skracanie czasu cyklu pracy robota, zapewnienie bezpieczeństwa w otoczeniu robota, optymalizacja współpracy zespołów w systemach robotycznych, które stają się coraz bardziej złożone, podnoszenie ich efektywności technicznej i ekonomicznej.

Wzrastające oczekiwania odbiorców już istniejących modeli robotów (głównie przemysłowych) jak i potencjalne możliwości ich stosowania w zupełnie nowych dziedzinach

każą koncentrować uwagę badaczy i konstruktorów przyszłych modeli na sterowaniu, osprzęcie, układach pomiarowych i sensorycznych, urządzeniach wizyjnych (zwłaszcza w zakresie wizji zintegrowanej), na softwarze, programowaniu mocy komputerów i interfejsów. Coraz większego znaczenia nabierają także wymogi ergonomiczne i wymogi bezpieczeństwa.



Rys. 10. Rozwój Internetu w milionach pakietów na rok [wg 11,12]



Rys. 11. Wzrost przetwarzania danych przez komputery [wg 11,12]

Za bardzo ważny czynnik przyszłościowy w robotyce uznać należy wykorzystywanie w niej osiągnięć mechatroniki. Chodzi szczególnie o zagadnienia relacji mechatroniki i układów inżynierskich, mechatroniki i systemów manipulacyjnych, o inteligentne napędy i sensory, sztuczną inteligencję i sterowanie neuronalne, mechatronikę w zabiegach operacyjnych, inwazyjne zabiegi operacyjne wspomagane robotem, narzędzia mechatroniczne (np. do operacji wiercenia w kościach długich w procesie osteosyntezy, operacji oczu).

Kilka zadań rozwojowych interesujących z punktu widzenia robotyki doświadczalnej, pomiarów i sterowania to: modelowanie świata, nawigacja, tworzenie obrazów, przenikające się zadania, współpraca robotów, zadania z udziałem przewodnika, taktyka, kalibracja kinematyczna.

Jeśli chodzi o różne typy robotów, to można przewidywać istotny rozwój maszyn kroczących, manipulatorów elastycznych, mikrorobotów, które dziś są dopiero w fazie doświadczalnej.

W odniesieniu do maszyn kroczących szczególnie ważne wydają się następujące zagadnienia:

- dla robotów dwunożnych – roboty humanoidalne, antropomorficzne, współpraca człowiek-robot, sztuczne emocje, roboty socjalne;
- dla robotów czteroноżnych – różne rodzaje pojazdów, np. dla inspekcji elektrowni jądrowych;
- dla robotów sześcionożnych – zastosowanie przy eksploatacji kraterów wulkanicznych, przy wyrębie lasów;
- dla układów hybrydowych (2 nogi, 2 koła) – funkcje jak dla kroczących;
- wreszcie szczególne konstrukcje: roboty wspinające się – chodzenie po ścianach lub zbiornikach, pojazdy węzopodobne dla celów inspekcji wewnątrz rur lub czyszczenia np. łopatek turbin.

Jeśli chodzi o manipulatory elastyczne, to wydaje się, że będą one odgrywały coraz bardziej istotną rolę jako hiperredundantne manipulatory typu trąby słonia, węża, kręgosłupa itp.

Nowy przyszłościowy typ robotów to mikroroboty o wielkości 10^{-3} - 10^{-9} m. Będą one szczególnie przydatne w medycynie, w rolnictwie, w technice, w badaniach pod wodą. Generacja pierwsza i druga rozwija się już obecnie w oparciu o technologie mechaniki precyzyjnej i półprzewodników.

Trzecia generacja będzie raczej zbliżona do żywych organizmów (np. na zasadzie sztucznej bakterii) niż do układów technicznych. Klasa mikromaszyn mobilnych wydaje się szczególnie interesująca. Należą tutaj: maszyny kroczące, mobilne, biegające, latające i pływające. Spośród możliwych szybkich zastosowań wymienić należy: endoskopię, inspekcję, mikrotelemanipulację oraz walkę ze szkodnikami w rolnictwie.

Gdyby nakreślić program zachowań rozwojowych robotyków, to należałoby ich zachęcić do:

- unikania ekstrapolacji pojedynczych trendów w celu formułowania trendów rozwojowych,
- śledzenia rozwoju w dyscyplinach pokrewnych i wspomagających,
- doceniania roli struktur, od których zależy sukces,
- doskonalenia istniejących technologii w sposób ciągły i zostawiania dostatecznej ilości czasu dla dyfuzji różnych innowacji.

LITERATURA

- [1] Morecki A.: *Stan i perspektywy robotyki przemysłowej*; III Krajowa Konferencja Robotyki, t.1, Prace Naukowe ICT 82, Wrocław 1990, Seria Konferencje 37, str.5-15.
- [2] Morecki A.: *Zagadnienia współczesnej robotyki*; Biuletyn PiAP, nr2 - 166/93, str.3-31.
- [3] Projekty badawcze. Granty w dziedzinie robotyki PiAP, Warszawa, 1994.
- [4] Morecki A.: *Współczesna robotyka; badania, zastosowania, kształcenie*; XV Konferencja TMM, Białystok 17-21.09, 1996, str. 23-37.
- [5] World Industrial Robots 1996, Statistics 1983-1996, Forecasts to 1999, IFR, United Nations, New York - Geneva, 1996.
- [6] Schraft R.D. And A. Merlinger: *The Relation Man/Robot – A Brief Review and Outlook on Social and Technical Aspects*, Proceedings 27th ISIR, 6-8.10 1996, Milan, pp.2-7.
- [7] World Engineering Industries and Automation Performance and Prospects 1994-1996, United Nations, New York - Geneva, 1996.
- [8] Harrison R., Wright C.D. and Hopkinson P.: *Improving Manufacturing Automation by the Integration of Machine Design and Control*; Proceedings 26th ISIR, 4-6.10, 1995, Singapore, pp. 51-56.
- [9] Bernhard R.: *New Methods and Tools for Commissioning Manufacturing Lines with Robots*; Proceedings 27th ISIR, 8-10.10, 1996, Milan, pp. 77-82.
- [10] Schraft R.D., Hägele M.: *Methods and Tools for an Efficient Design of Service Robot Application*; Proceedings of 26th ISIR, 4-6.10, 1995, Singapore, pp.71-78.
- [11] Morecki A.: *The Contribution of IFToMM in the Next Decade to the Theoretical and Applied Robotics*; Proceedings, ISIR, 6-8.10 1996, Milan, pp.11-15.
- [12] Shoup T.E.: *Future Trends in the Field of Mechanisms and Machines*; Ninth World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms, Proceedings, August 29/September 2, 1995, Milan, Vol.1, pp.LXXIII-LXXVII.