

Danuta Gembiak

13/81

WSPOMAGANIE PRZEZ KOMPUPER
ROZPOZNANIE NAJCZĘSTSZYCH
WYRAZÓW NA PODSTAWIE
IDENTYFIKACJI SAMOGŁOSEK,
SPÓŁGŁOSEK TRĄCYCH
I ZWARTO-TRĄCYCH



P. 269a

WARSZAWA 1981

ISSN 0208-5658

Praca wpłynęła do Redakcji dnia 18 września 1980 r.

Zarejestrowana pod nr 13/1981



57100



Na prawach rękopisu

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN
Nakład 140 egz. Ark. wyd. 1,3. Ark. druk. 2
Oddano do drukarni w marcu 1981 r.
Nr zamówienia 200/0/81

Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa,
ul. Sniadeckich 8

<http://rcin.org.pl>

WSPOMAGANE PRZEZ KOMPUTER ROZPOZNAWANIE NAJCZĘSTSZYCH
WYRAZÓW NA PODSTAWIE IDENTYFIKACJI SAMOGŁOSEK,
SPÓŁGŁOSEK TRĄCYCH I ZWARTO-TRĄCYCH¹.

Streszczenie

Na podstawie identyfikacji samogłosek, bezdźwięcznych i dźwięcznych fonemów trących oraz zwarto-trących dokonano rozpoznawania 100 najczęstszych wyrazów ze Słownika Frekwencyjnego. Rozpoznawanie wyrazów sprowadza się do identyfikacji struktur wyrazowych zawierających wybrane wyżej wymienione fonemy.

Samogłoski ze 100 wyrazów identyfikowano na wzorcach, do utworzenia których wykorzystano dane F_1 i F_2 z 6 standardowych zdań.

Wzorce spółgłoskowe zbudowano na podstawie danych uzyskanych z analizy logatomów typu CVCV/C/.

Rozpoznawania wyrazów na podstawie struktur fonemowych dokonano dla trzech głosów. Uzyskano dla głosu WJ - 2, dla PS - 3 błędne rozpoznania. W niektórych wyrazach mimo błędnego rozpoznania pewnych fonemów cały wyraz rozpoznaje się poprawnie dzięki redundancji na poziomie fonemów w danym zbiorze leksykalnym.

1. Wstęp

Praca niniejsza stanowi dalszy ciąg badań nad rozpoznawaniem sygnału ciągłej mowy polskiej. Ogólne założenia rozpoznawania polegają na identyfikacji poszczególnych segmentów akustyczno-fonetycznych o rozciągłości fonemów. W kolejnych etapach ogólnego tematu "Rozpoznawanie elementów segmentalnych mowy

polskiej w słowniku subiektywnie najczęstszych wyrazów przy zastosowaniu ETO" opracowano metody rozpoznawania poszczególnych typów fonemów wyodrębnionych na podstawie określonych cech akustycznych. Cechy te uzyskano na podstawie pomiarów parametrów widmowych.

Do rozpoznawania samogłosek wykorzystano częstotliwości pierwszego i drugiego formantu, uzyskując zadowalającą, bo bliską 95 % poprawność rozpoznawania (Jassem, Szybista, Dyczkowski 1975), (Jassem, Gembiak, Dyczkowski 1979).

Rozpoznawanie fonemów trących i zwarto-trących oparto na analizie kształtu obwiedni widma (Jassem, Szybista, Krzyśko, Stolarski, Dyczkowski 1976).

Obecny stan zaawansowania prac nad rozpoznawaniem tych pięciu typów fonemów daje podstawy do podjęcia próby sprawdzenia możliwości rozpoznania zbioru wyrazów, którą przeprowadzono w sposób analityczny w pracy Gembiak 1977.

2. Metody pomiarowe i analityczne

Prace prowadzone w Pracowni Fonetyki Akustycznej zakładają między innymi rozpoznawanie na poziomie fonemów uwzględniające możliwość rozpoznawania jednostek wyższego rzędu, w szczególności oddzielnych wyrazów.

Postawiona w niniejszej pracy hipoteza prowadzi do rozpoznawania wyrazów na podstawie nie wszystkich występujących w wyrazie lecz tylko wybranych fonemów, a mianowicie : samogłosek, spółgłosek trących i zwarto-trących.

Podstawowy materiał doświadczalny stanowiły nagrania 100 najczęstszych subiektywnie wyrazów wybranych ze Słownika Frekwencyjnego (Jassem, Szybista 1975).

Danych pomocniczych służących do konstrukcji wzorców dostarczyły nagrania 6 standardowych zdań, używanych we wcześniejszych pracach oraz logatomów typu CVCV/C/¹. C - stanowiły dźwięczne lub bezdźwięczne spółgłoski trące. Jako V użyto

¹ Materiał fonetyczny i pomiarowy w logatomach CVCV/C/ był ten sam co w pracy (Jassem, Szybista, Krzyśko, Stolarski, Dyczkowski-1976). Powtórzono natomiast wszystkie prace obliczeniowe wraz z algorytmami rozpoznającymi przyjmując obecnie logarytmiczną miarę gęstości energii w widmie, ponieważ ta miara okazała się skuteczniejsza niż liniowa stosowana poprzednio.

samogłosek /i, a, u/ ponieważ posiadają one charakter skrajny pod względem akustycznym. Były to logatomy typu : /fifif/, /sasas/, /zuzu/ itp.

Akustycznymi parametrami sygnału mowy wykorzystywanymi dla celów sterowania w układzie człowiek-maszyna mogą być m.in. : gęstość przejść sygnału przez oś zerową, względne poziomy energii w wyróżnionych zakresach częstotliwości oraz częstotliwości formantów.

Do rozpoznawania polskich samogłosek wykorzystano w niniejszej pracy tylko dwie cechy, mianowicie : częstotliwości dwóch najniższych formantów w widmie dynamicznym sygnału, wyodrębnione na podstawie analizy spektrograficznej. Ponieważ w mowie ciągłej samogłoski nie są przebiegami ustalonymi, przedstawiono każdą z nich jako ciąg obserwacji dwucechowych. Pomiaru częstotliwości dokonywano w odstępach czasowych $\Delta t = 20$ ms z dokładnością 50 Hz. Ciągi te odwzorowano jako skwantowane trajektorie na płaszczyźnie, której współrzędne stanowiły F_1F_2 . Płaszczyznę F_1F_2 za pomocą kwadratowych funkcji dyskryminacyjnych podzielono na obszary identyfikacyjne odpowiadające 6 polskim samogłoskom /i, ɨ, e, a, o, u/. Na płaszczyznach każdy węzeł prostokątnej sieci stanowi punkt identyfikujący, zaś trajektoria odpowiadająca samogłosce przechodzi przez te punkty i zostaje rozpoznana na podstawie algorytmu uwzględniającego liczbę punktów w danej trajektorii, które należą do tego samego obszaru oraz ich kolejność.

Do rozpoznawania przebiegów szumowych jako parametru użyto poziomu gęstości energii w wybranych zakresach częstotliwości. Analizy przeprowadzono przy użyciu Sona-Graph'u. Na podstawie spektrogramów szerokostęgowych określono pozycję spółgłosek trących w nagraniach. Za pomocą specjalnej przystawki całkującej wykonano przekroje widmowe jako krótkotrwałe widma średnie. Czas całkowania stanowił wielokrotność 40 ms. W zależności od czasu trwania spółgłoski trącej dobrano odpowiedni czas całkowania, tak ażeby obejmował on jak największą część spółgłoski lecz zarazem unikając wkroczenia na sąsiednią samogłoskę. Początkowo wizualnie, a następnie za pomocą układu składającego się z konwertera analogowo-cyfrowego, minikomputera oraz drukarki wierszowej, odczytywano poziom gęstości energii w zakre-

sie od 1 do 8 kHz w odstępach co 200 Hz. Za poziom odniesienia 0 dB przyjęto najwyższy poziom w każdym widmie. Wynikało to z bardzo znacznych zróżnicowań ogólnego poziomu sygnału w obrębie poszczególnych głosek trących oraz z ograniczonej dynamiki Sona-Graph'u. W obliczeniach prowadzących do rozpoznawania uwzględniono tylko dane w zakresie 20 dB poniżej poziomu odniesienia.

Do rozpoznawania przebiegów szumowych wykorzystano metodę "obszarów" z 3 i 4 cechami oraz metodę "środków ciężkości", które szczegółowo zostały omówione w pracach : Jassem, Szybista, Krzyśko, Stolarski, Dyczkowski 1976, Jassem 1978.

Jednym z podstawowych procesów poprzedzających rozpoznawanie sygnału mowy jest proces segmentacji (Jassem 1977). Zakłada się, iż w przyszłości proces ten będzie przebiegał w sposób automatyczny. Na obecnym etapie zaawansowania prac segmentację przeprowadzono wizualnie. Kierowano się ogólnie przyjętą zasadą przyjmując jako kryterium (Jassem 1970), (Frąckowiak-Richter 1973):

1. rozkład energii w widmie,
2. periodyczność przebiegu lub jej brak lub aperiodyczność przebiegu lub jej brak.

Segmentacji wykorzystanego w danej pracy materiału fonetycznego dokonano na podstawie analizy spektrograficznej. Z materiału pomocniczego (tzn. porównawczego, służącego do konstrukcji wzorców) wybrano tylko segmenty potrzebne na danym etapie pracy. Z sześciu standardowych zdań wybrano segmenty samogłoskowe. Z logatomów natomiast wzięto do analizy segmenty C tj. spółgłoski trące dźwięczne i bezdźwięczne. W materiale podstawowym tj. w 100 najczęstszych wyrazach wyodrębniono wszystkie fonemy stosując wyżej wymienione zasady. Analizie poddano tylko te (samogłoski, spółgłoski trące dźwięczne i bezdźwięczne oraz spółgłoski zwarto-trące dźwięczne i bezdźwięczne), dla których opracowano wcześniej metody rozpoznawania. Znajomość dokładnej liczby fonemów w danym wyrazie i ich miejsce pozwoliło na utworzenie struktur wyrazowych stosowanych w niniejszej pracy.

3. Samogłoski.

Dane do rozpoznawania fonemów samogłoskowych stanowiły częstotliwości dwóch pierwszych formantów.

3.1. Fonetyczny materiał pomocniczy obejmujący dane z 6 zdań, wymówionych 5-krotnie przez 3 osoby, stanowił podstawę do stworzenia wzorców ("map"), na których dokonywano w następnym etapie rozpoznawania samogłosek ze 100 najczęstszych wyrazów. Wzorce zbudowano wykorzystując tylko dane z 4 powtórzeń, dla których dokonano również klasyfikacji samogłosek. Piąte powtórzenie zidentyfikowano na wyżej wymienionych wzorcach jako próbę testową. Tablica 1 przedstawia sumarycznie ujęte wyniki rozpoznawania fonemów samogłoskowych.

Tablica 1. Matryce błędów rozpoznawania samogłosek dla 3 głosów.

		samogłoski wypowiedziane					
		i	ɨ	e	a	o	u
samogłoski rozpoznane	i	84					
	ɨ		54	5		3	4
	e		4	77	2		
	a			2	79		
	o				3	69	1
	u		2				55

zbiór wzorcowy.

		samogłoski wypowiedziane					
		i	ɨ	e	a	o	u
samogłoski rozpoznane	i	21					
	ɨ		14	1		2	1
	e		1	19			
	a			1	20		
	o				1	16	
	u						14

zbiór testowy

Ponieważ w badaniach rozpatrywano materiał dla każdego głosu oddzielnie uzyskana poprawność klasyfikacji samogłosek wynosiła : dla głosu WJ - 98 %, dla PJ - 99 % oraz 86 % dla głosu PS.

Identyfikacja zbioru testowego dała poprawność 97 % dla głosu WJ, 100 % dla PJ oraz 84 % dla głosu PS.

3.2. Rozpoznawania samogłosek ze 100 najczęstszych wyrazów, wybranych ze Słownika Frekwencyjnego (Jassem, Szybista 1975), dokonano na odpowiednich wzorcach ("mapach") sporządzonych dla poszczególnych głosów na podstawie materiału pomocniczego. Wyniki identyfikacji zawierają Tablice 2, 3, 4.

Tablica 2. Matryca błędów rozpoznawania samogłosek ze 100 wyrazów. Głos WJ.

		samogłoski wypowiedziane					
		i	ɨ	e	a	o	u
samogłoski rozpoznane	i	18					
	ɨ		12				
	e		6	53			
	a			1	68	3	
	o				1	49	1
	u						21

Tablica 3. Matryca błędów rozpoznawania samogłosek ze 100 wyrazów. Głos PJ.

		samogłoski wypowiedziane					
		i	ɨ	e	a	o	u
samogłoski rozpoznane	i	17					
	ɨ		11				
	e	1	6	52		2	
	a			2	69	2	
	o					44	1
	u		1			4	21

Tablica 4. Matryca błędów rozpoznawania samogłosek ze 100 wyrazów. Głos PS.

		samogłoski wypowiedziane					
		i	ɨ	e	a	o	u
samogłoski rozpoznane	i	17					
	ɨ		8	1			1
	e		7	21			
	a		3	30	68	4	
	o			2	1	46	
	u	1				2	21

Próba 100 najczęstszych wyrazów obejmowała 233 samogłoski. Liczebność poszczególnych samogłosek była następująca: 18 /i/, 18 /ɨ/, 54 /e/, 69 /a/, 52 /o/ oraz 22 /u/. Łączna ich liczba stanowi 40 % fonemów występujących w 100 wyrazach. wobec czego, na podstawie pracy Jassem, Łobacz 1976 można uznać materiał ten jako reprezentatywny pod względem częstości występowania fonemów samogłoskowych w języku polskim. Poniższe zestawienie ilustruje szczegółowy udział fonemów w wybranym materiale w porównaniu z pracą Jassem, Łobacz 1976.

	Częstość występowania fonemów w %	
	w/w pracy	w 100 wyrazach
i	3.39	3.10
ɨ	3.84	3.10
e	10.61	9.29
a	9.65	11.88
o	7.98	8.95
u	2.83	3.79

Na podstawie Tablic 2,3,4 wynika, iż procentowa poprawność identyfikacji samogłosek z próby 100-wyrazowej wynosi odpowiednio dla głosów WJ, PJ, PS - 95 %, 92 % oraz 78 %. Średnio dla trzech głosów uzyskano 88 % poprawnie rozpoznanych samogłosek.

4. Spółgłoski trące.

4.1. Podobnie jak w przypadku samogłosek w pierwszym etapie dokonano rozpoznawania materiału pomocniczego, który obejmował logatomy typu CVCV/C/, wymówione 5-krotnie przez 3 głosy męskie. Do zbudowania wzorców wykorzystano dane (względne wartości poziomów widma) z 4 powtórzeń fonemów trących. Ponieważ jak wykazano poprzednio (Jassem 1978) metoda "obszarów" z 4 cechami oraz metoda "średników ciężkości" przy 3 cechach dały najkorzystniejsze rezultaty ze względu na stosunkowo wysokie wyniki poprawnej klasyfikacji przy równocześnie niewielkiej liczbie cech zastosowano je na obecnym etapie badań. Za pomocą kwadratowych funkcji dyskryminacyjnych podzielono 3 lub 4-wymiarową przestrzeń prób na podprzestrzenie odpowiadające poszczególnym obszarom klasyfikacyjnym. Wzorce takie wykonano dla każdego z trzech badanych głosów oraz oddzielnie dla fonemów dźwięcznych i bezdźwięcznych. W dalszym etapie badań stanowiły one podstawę do rozpoznawania fonemów trących i zwarto-trących występujących w 100 wyrazach. Piąte powtórzenie potraktowano jako próbę testową. Wyniki rozpoznawania fonemów trących zawierają Tablice 5 i 6.

Tablica 5. Procentowa poprawność klasyfikacji fonemów trących w logatomach dla 3 głosów - zbiór wzorcowy.

	3 cechy Metoda obszarów			4 cechy Metoda obszarów			3 cechy Metoda śr. ciężk.		
	WJ	PJ	PS	WJ	PJ	PS	WJ	PJ	PS
f	91	78	98	93	80	100	64	76	96
s	76	87	100	84	96	100	87	78	98
ʃ	67	62	96	67	84	98	80	82	18
ç	73	76	96	89	91	93	60	84	76
x	71	82	82	76	98	98	69	73	98
v	90	73	90	93	97	97	80	80	83
z	97	97	87	100	97	100	90	83	53
ʒ	67	43	80	90	90	97	63	97	47
ʒ	90	77	93	93	93	93	93	80	87

Tablica 6. Procentowa poprawność identyfikacji spółgłosek trących - próba testowa.

	3 cechy Metoda obszarów			4 cechy Metoda obszarów		
	WJ	PJ	PS	WJ	PJ	PS
f	78	100	100	78	89	78
s	100	100	100	100	100	100
ʃ	67	55	78	67	89	89
ɕ	100	33	100	100	78	100
x	78	89	100	78	100	100
v	100	100	67	100	100	100
z	100	100	100	100	100	100
ʒ	83	17	67	100	83	100
ʒ	100	100	67	100	100	83

Procentowa poprawność klasyfikacji fonemów trących dla poszczególnych głosek przy zastosowaniu metody "obszarów" z 3 cechami wynosi : WJ - 75 %, PJ - 80 %, PS - 91 %. Przy 4 cechach uzyskano wyższą poprawność klasyfikacji. Odpowiednio dla głosek WJ, PJ, PS wynosi ona 87 %, 92 % i 99 %. Metoda "środków ciężkości" dała gorsze rezultaty klasyfikacji. Wynoszą one odpowiednio dla głosek WJ, PJ, PS - 76 %, 81 % i 73 %.

Identyfikacja samogłosek z piątego powtórzenia dała zadowalające wyniki dla metody "obszarów" z 4 cechami. Dla głoski WJ uzyskano 91 %, dla PJ - 93 % natomiast dla PS - 94 % poprawności.

4.2. Opisana w punkcie 4.1. klasyfikacja (empiryczna) spółgłosek trących przeprowadzona została z zastosowaniem metod wielowymiarowej analizy danych. Celem sprawdzenia poprawności stosowanych tu metod przeprowadzono, dla dwóch głosek, metodą Monte Carlo klasyfikację teoretyczną polegającą na obliczeniu prawdopodobieństwa poprawnego rozpoznania fonemów.

Uzyskane wyniki klasyfikacji teoretycznej porównano z klasyfikacją empiryczną co przedstawia Tablica 7 (obliczenia przeprowadzono na danych podanych w skali liniowej).

Tabl. 7. Klasyfikacja spółgłosek trących dla poszczególnych głosów.

	3 cechy Metoda obszarów		4 cechy Metoda obszarów		3 cechy Metoda śr. ciężk.		
	Klasyf. teoret.	Klasyf. empir.	Klasyf. teoret.	Klasyf. empir.	Klasyf. teoret.	Klasyf. empir.	
WJ	f	85	87	94	93	92	91
	s	84	93	91	84	67	98
	ʃ	62	56	85	67	56	38
	ç	61	44	85	91	80	84
	x	81	78	95	84	74	76
	v	80	90	96	97	79	87
	z	99	97	99	100	76	70
	ʒ	76	70	96	93	78	73
	ʒ	87	83	94	90	92	97
PS	f	84	80	96	98	93	91
	s	100	100	100	100	93	82
	ʃ	85	96	95	96	88	82
	ç	72	67	92	93	88	87
	x	95	89	99	96	91	96
	v	73	70	92	93	72	60
	z	96	93	99	100	86	87
	ʒ	79	83	94	87	59	47
	ʒ	79	87	93	90	93	97

Klasyfikacja empiryczna niewiele odbiega od teoretycznej. W niektórych przypadkach np. dla głosu PS - 3 cechy metoda "obszarów" - wyniki są prawie identyczne. Potwierdza się również stosunkowo niska poprawność rozpoznania fonemu/ç/. Na podstawie wyżej przedstawionych wyników można stwierdzić poprawność stosowanych metod.

4.3. Dokonano rozpoznawania spółgłosek trących ze 100 najczęstszych wyrazów ze Słownika Frekwencyjnego. Wyrazy zostały odczytane przez trzy głosy męskie. Do analizy wybrano tylko te wyrazy, które zawierały spółgłoski trące. Cały materiał zawierał 73 spółgłoski, przy czym liczebność poszczególnych fonemów była następująca :

f - 8	v - 15
s - 12	z - 8
ʃ - 13	ʒ - 5
ɸ - 8	ʒ̣ - 1
x - 3	

Udział spółgłosek trących stanowi 12.6 % ogólnej liczby fonemów występujących w 100 wyrazach. Praca Jassem, Łobacz 1976 wskazuje, iż udział fonemów trących powinien wynosić 16.6 %.

Poniższe zestawienie ilustruje szczegółowy udział fonemów w wybranym materiale w porównaniu z pracą Jassem, Łobacz 1976.

	Częstość występowania fonemów w % według w/w pracy w 100 wyrazach	
f	1.30	1.38
s	2.79	2.07
ʃ	1.86	2.24
ɸ	1.64	1.38
x	1.04	0.52
v	3.16	2.58
z	1.50	1.38
ʒ	1.34	0.86
ʒ̣	2.20	0.17

Ogólną liczbę występowania fonemów w wybranym tu materiale językowym zaniża fonem /ʒ̣/, który występuje tylko jeden raz. Poza tym materiał można uznać za reprezentatywny pod względem częstości występowania fonemów trących w języku polskim.

Spółgłoski trące ze 100 wyrazów rozpoznano na wielowymiarowych wzorcach wykonanych na podstawie materiału pomocniczego przedstawionego w punkcie 4.1. Dla każdego z 3 głosów rozpoznano oddzielnie fonemy trące dźwięczne i bezdźwięczne za pomocą wybranych metod. Sumarycznie ujęte wyniki przedstawiono w Tablicach 8,9,10.

Tablica 8. Matryce błędów rozpoznawania bezdźwięcznych spółgłosek trących dla 3 głosów - metoda "obszarów".

3 cechy
spółgł.wypowiedziane

	f	s	ʃ	ɸ	x
f	12		2		
s	1	34	6		
ʃ	6	2	18	5	
ɸ	3		12	17	
x	2		1	2	9

spółgł.rozpoznane

4 cechy
spółgł.wypowiedziane

	f	s	ʃ	ɸ	x
f	14		5		1
s	2	36	2	1	
ʃ	3		26	9	
ɸ	2		4	13	
x	3		2	1	8

spółgł.rozpoznane

Tablica 9. Matryce błędów rozpoznawania dźwięcznych spółgłosek trących dla 3 głosów - metoda "obszarów".

3 cechy
spółgł.wypowiedziane

	v	z	ʒ	ʒ̣
v	22		1	
z		14		
ʒ	13	4	11	3
ʒ̣	10	6	3	-

spółgł.rozpoznane

4 cechy
spółgł.wypowiedziane

	v	z	ʒ	ʒ̣
v	30	1	2	
z		15		
ʒ	13	7	11	1
ʒ̣	2	1	2	2

spółgł.rozpoznane

Tablica 10. Matryce błędów rozpoznawania bezdźwięcznych i dźwięcznych spółgłosek trących dla 3 głosów - metoda "środków ciężkości".

spółgł.wypowiedziane

	f	s	ʃ	ɸ	x
f	7	3	2		1
s	2	26	5		
ʃ	5	4	12	9	
ɸ	3	2	18	14	
x	7	1	2	1	8

spółgł.rozpoznane

spółgł.wypowiedziane

	v	z	ʒ	ʒ̣
v	33	11	1	
z	3	12	6	1
ʒ	6		1	1
ʒ̣	3	1	7	1

spółgł.rozpoznane

Metoda „obszarów” przy 3 i 4 cechach dała dla głosu WJ odpowiednio 66 % i 75 % poprawnie rozpoznanych fonemów trących bezdźwięcznych oraz 59 % i 79 % fonemów trących dźwięcznych.

Dla głosu PJ uzyskano 69 % i 64 % przy 3 i 4 cechach poprawnie rozpoznanych fonemów trących bezdźwięcznych. Poprawność rozpoznania fonemów dźwięcznych wynosi zaledwie 24 %. 60 % poprawności można uzyskać dopiero przy 7 cechach.

Dla głosu PS rozpoznanie fonemów trących bezdźwięcznych oraz dźwięcznych wynosi odpowiednio 71 % i 83 % przy 3 cechach natomiast przy 4 cechach 82 % i 97 %.

W pracy Gubrynowicz, Kacprowski, Mikiel, Skalski 1973 oraz Jassem, Szybista, Krzyśko, Stolarski, Dyczkowski 1976 wykazano, iż istotny wpływ na widmo spółgłoski trącej posiada kontekst fonetyczny. Przy uwzględnieniu kontekstu samogłoskowego oraz pozycji spółgłoski w wypowiedzi można uzyskać znaczne podwyższenie poprawności rozpoznawania fonemów trących.

Przyпуска się, iż wzrost poprawności rozpoznania fonemów trących jak i zwarto-trących (opisanych w punkcie 5) można również uzyskać przygotowując w tym samym czasie wzorce (materiał pomocniczy) co materiał testowy (nagrania 100 wyrazów). Na fakt ten zwraca uwagę Gubrynowicz 1969, iż „... powinny być uwzględniane zmiany czasowe warunków artykulacji ...”.

Również praca, wykonana w PFA, dotycząca stabilności wzorców samogłoskowych potwierdziła zmianę w czasie parametrów samogłoskowych (częstotliwości formantów).

W pracy niniejszej materiał pomocniczy - wzorce, wykonany został 2-3 lat wcześniej niż materiał testowy tj. nagrania i analizy 100 wyrazów. Nie można było wyeliminować zmian czasowych ze względu na wieloetapowy charakter badań oraz bardzo czasochłonne metody analizy i metody pomiarowe.

5. Spółgłoski zwarto-trące.

Rozpoznawania spółgłosek zwarto-trących ze 100 wyrazów dokonano we wcześniejszym etapie pracy. W myśl przyjętego założenia (Gembiak 1978) na wzorcach wykonanych dla fonemów trących rozpoznano segmenty trące spółgłosek zwarto-trących wyodrębnionych ze 100 wyrazów. Ponieważ w pracy niniejszej wszystkie obliczenia przeprowadzono dla względnych wartości

mocy (w pracach poprzednich dokonywano transformacji skali decybelowej na liniową) powtórzono rozpoznawanie fonemów zwarto-trących. Poniżej zamieszczono sumaryczne ujęcie uzyskanych wyników.

Tablica 11. Matryce błędów rozpoznawania bezdźwięcznych spółgłosek zwarto-trących dla 3 głosów. Metoda "obszarów".

		3 cechy		
		spółgł. wypowiedziane		
spółgł. rozpoznane		\widehat{ts}	\widehat{tj}	$\widehat{t\phi}$
		f		
s	26	8	11	
ʃ		4	16	
\phi	1	5	20	
x		1	7	

		4 cechy		
		spółgł. wypowiedziane		
spółgł. rozpoznane		\widehat{ts}	\widehat{tj}	$\widehat{t\phi}$
		f		
s	27	9	16	
ʃ		7	8	
\phi		1	24	
x		1	6	

Tablica 12. Matryce błędów rozpoznawania dźwięcznych spółgłosek zwarto-trących dla 3 głosów. Metoda "obszarów".

		3 cechy		
		spółgł. wypowiedziane		
spółgł. rozpoznane		$\widehat{d\zeta}$	$\widehat{d\zeta_3}$	$\widehat{d\zeta}$
		v		
z	2		5	
ʒ	1		9	
\zeta			10	

		4 cechy		
		spółgł. wypowiedziane		
spółgł. rozpoznane		$\widehat{d\zeta}$	$\widehat{d\zeta_3}$	$\widehat{d\zeta}$
		v		
z	2		8	
ʒ			6	
\zeta	1		10	

Tablica 13. Matryce błędów rozpoznawania bezdźwięcznych i dźwięcznych spółgłosek zwarto-trących dla 3 głosów. Metoda "środków ciężkości".

spółgłoski rozpoznane	spółgł. wypowiedziane		
	\widehat{ts}	\widehat{tj}	$\widehat{t\varphi}$
f	5	1	6
s	16	1	
j		5	16
\varphi	3	10	25
x	3	1	7

spółgł. rozpoznane	spółgł. wypowiedziane		
	\widehat{dz}	$\widehat{d\zeta}$	$\widehat{d\varphi}$
v	1		3
z	2		5
\zeta			6
\varphi			10

Niecelowe wydaje się podawanie poprawności rozpoznawania fonemów zwarto-trących dla poszczególnych głosów ze względu na małą liczebność próby.

Ogólnie stwierdza się, iż zadowalającą poprawność identyfikacji (100 % dla metody "obszarów" przy 4 cechach) uzyskano dla fonemu \widehat{ts} . Dość dobrze rozpoznaje się $\widehat{t\varphi}$ oraz $\widehat{d\varphi}$ przy zastosowaniu metody "obszarów". Gorsze wyniki dała metoda "środków ciężkości" co przedstawiono w wyżej zamieszczonych matrycach błędów.

6. Rozpoznawanie wyrazów.

Ogólnie proces rozpoznawania wyrazów jako jednostek wyższego rzędu, w oparciu o model przyjęty przez Jassema (Jassem 1977), można ująć następująco : sygnał akustyczny zostaje poddany segmentacji fonetyczno-akustycznej. Wyodrębnia się fonemy, które rozpoznawane są na podstawie wybranych cech akustycznych, następnie rozpoznaje się wyrazy przedstawione w pamięci jako odpowiednie struktury uwzględniające na obecnym etapie tylko wybrane fonemy, dla których zostały opracowane metody rozpoznawania.

Wiadomo, iż :

1. W języku polskim na poziomie fonemów zachodzi redundancja, ponieważ nie wszystkie ciągi fonemów są wykorzystane.
2. Jeżeli zawęzi się słownik do pewnego zbioru wyrazów, to redundancja bardziej powiększa się, ponieważ z roz-

poznawania wyeliminowane zostają te wyrazy, których nie ma w danym zbiorze. Można więc rozpoznawać wyrazy nie identyfikując wszystkich fonemów lecz tylko niektóre z nich.

W pracy niniejszej założono, iż potrafimy rozpoznawać samogłoski, dźwięczne i bezdźwięczne spółgłoski trące oraz zwarto-trące. Wybrano ograniczony do 100 wyrazów słownik i dokonano próby rozpoznawania wyrazów na podstawie identyfikacji w/w fonemów. Wyrazy zapisano w postaci struktur uwzględniających rozpoznawane fonemy oraz fonemy, które w tej pracy nie podlegają identyfikacji - na listach wyrazowych oznaczone przez / - /. Listy struktur wyrazowych sporządzono dla 3 badanych osób tj. WJ, PJ, PS. Lista zawiera wyrazy zapisane w postaci struktur fonematycznych podlegających rozpoznawaniu oraz struktury z rozpoznanymi fonemami.

Rozpoznawania wyrazów w ograniczonym słowniku np. 100-wyrazowym można dokonać :

I - rozpoznając wszystkie fonemy,

II - rozpoznając wybrane fonemy.

I. W przypadku rozpoznawania wyrazów na podstawie identyfikacji wszystkich fonemów można uzyskać (a) poprawnie rozpoznany cały wyraz jeśli wszystkie fonemy zostały rozpoznane poprawnie, (b) jeśli niektóre tylko fonemy zostały zidentyfikowane poprawnie, to cały wyraz zostaje rozpoznany albo poprawnie, albo niepoprawnie ze względu na występującą w języku polskim redundancję na poziomie fonemów.

II. W przypadku rozpoznawania wyrazów na podstawie identyfikacji wybranych fonemów (w pracy niniejszej : samogłosek, spółgłosek trących i zwarto-trących) zachodzą następujące możliwości :

(a) jeśli wszystkie wybrane fonemy są rozpoznane poprawnie, to w całym zbiorze 100 wyrazów tylko dwa wyrazy posiadają taką samą strukturę / - a - /. Jest to wyraz "tak" oraz "tam". Prawdopodobieństwo a priori poprawnego rozpoznania zadanego zbioru wyrazów wynosi 99 %.

(b) jeśli niektóre wybrane fonemy zostają rozpoznane poprawnie, to : (α) mimo to wyraz zostaje rozpoznany poprawnie. Wynika to z faktu, iż po dokonaniu segmentacji wyrazów uzyskuje się ciąg fonemów, których liczba jest znana. Zbiór 100 wyrazów zostaje

podzielony na 9 podzbiorów 2,3,4,5,6,7,8,9,11-elementowych zgodnie z liczbą fonemów w wyrazie. Tylko w zbiorze 3-elementowym występują 2 wyrazy o identycznej strukturze (wymienione wyżej "tak" oraz "tam"). Jeśli np. wyraz ze zbioru 5-elementowego "dzisiaj" /dźiça-/ rozpoznany został jako /dźi}a-/ to rozpoznanie uważa się za poprawne, gdyż w tym zbiorze nie ma jeszcze jednego wyrazu o strukturze /dźi}a-/. W tym wypadku fonem /p/ rozpoznany został jako /j/. Korektę tego typu błędów zakłada wielostopniowy model rozpoznawania (Jassem 1977) zawierający m.in. blok leksykalny. (3) Wyraz zostaje rozpoznany błędnie. Ze względu na błędne rozpoznanie niektórych fonemów powstaje inna struktura określająca wyraz o innym znaczeniu lecz wyraz występujący w danym słowniku np. wyraz "inny" posiada strukturę /i - - ź/. W wyniku rozpoznawania samogłosek /i/ rozpoznane zostało poprawnie, natomiast /ź/ zidentyfikowano jako /e/. Powstała struktura /i - - e/ odpowiadająca występującemu w zadanym zbiorze wyrazowi "imię" /i - - e/.

Zamieszczone na str. 21 - 29 listy struktur wyrazowych przedstawiają rezultaty rozpoznawania 100 wyrazów na podstawie identyfikacji wybranych fonemów.

Dla głosu WJ tylko 2 wyrazy tj. "inny" oraz "dobrze" stanowią rozpoznania błędne. Wyraz "inny" przyjmuje taką strukturę jak "imię", natomiast wyraz "dobrze" - jak "także" na skutek błędnego rozpoznania niektórych wybranych fonemów. 97 wyrazów zostało rozpoznanych poprawnie, w tym stwierdzono 66 - rozpoznanych na podstawie poprawnej identyfikacji wszystkich wybranych fonemów.

Dla głosu PJ wszystkie wyrazy rozpoznane zostały poprawnie. 46 wyrazów rozpoznano wyłącznie na podstawie identyfikacji fonemów tworzących daną strukturę wyrazową.

Dla głosu PS wyraz "dom" na skutek błędnego rozpoznania fonemu /o/ przyjmuje strukturę wyrazów "tak" i "tam" / - a - /. Wyraz "radio" posiada po rozpoznaniu wybranych fonemów strukturę / - a - - a / jak "matka". Również "szkoła" i "środa" rozpoznano jako / } - o - a /. Stwierdza się więc 3 rozpoznania błędne. Pozostałe wyrazy rozpoznano poprawnie, w tym 37 wyłącznie na podstawie identyfikacji wybranych fonemów.

7. Zakończenie.

W niniejszej pracy przedstawiono częściowo hipotetyczne a częściowo empiryczne przesłanki automatycznego rozpoznawania haseł w 100-wyrazowym słowniku ogólnym, dobranym na podstawie zbadanych częstotliwości występowania tych haseł.

Zakłada się możliwość wykorzystania uzyskanych wyników w konkretnych cyfrowych systemach rozpoznawania sygnału mowy.

GŁOS WJ

Wyraz	Struktury fonematyczne wyrazów podlegające rozpoznawaniu	Struktury wyrazów z fonemami rozpoznanymi
1. tak	- a -	- a -
2. woda	v o - a	v o - a
3. chleb	x - e -	x - e -
4. dzisiaj	đzi ɸ a -	đzi } a -
5. obiad	o - - a -	o - - a -
6. jutro	- u - - o	- u - - o
7. który	- - u - ɨ	- - u - ɨ
8. długopis	- - u - o - i s	- - u - o - i s
9. dzień	đe -	đe -
10. dom	- o -	- o -
11. szkoła	} - o - a	} - o - a
12. dlatego	- - a - e - o	- - a - e - o
13. matka	- a - - a	- a - - a
14. ojciec	o - t̂ce t̂s	o - t̂je t̂s
15. myć	- ɨ t̂ɸ	- e t̂}
16. masło	- a s - o	- a s - o
17. tramwaj	- - a - v a -	- - a - v a -
18. uczeń	u t̂je -	u t̂je -
19. nie	- e	- e
20. koleżanka	- o - eɟa - - a	- a - eɟa - - a
21. telewizor	- e - e v i z o -	- e - e v i z a -
22. ona	o - a	o - a
23. rozmawiać	- o z - a v - a t̂ɸ	- o z - a v - a t̂}
24. radio	- a - - o	- a - - o
25. pieniądze	- - e - o - d̂ze	- - e - o - d̂za
26. nasz	- a }	- a s
27. jeść	- e ɸ t̂ɸ	- e ɸ t̂}
28. ręcznik	- e - t̂} - i -	- e - t̂} - i -
29. godzina	- o d̂zi - a	- o d̂zi - a
30. światło	ɸ f - a - - o	ɸ x - a - - o
31. kuchnia	- u x - a	- u x - a
32. pogoda	- o - o - a	- o - o - a
33. inny	i - - ɨ	i - - e

34. młody	- - o - ɛ	- - o - ɛ
35. spać	s - a tɕ	s - a tɕ
36. widzieć	v i dʒetɕ	ʒ i dʒe tɕ
37. także	- a - ʒ e	- a - ʒ e
38. piątek	- - o - - e -	- - o - - e -
39. nazwisko	- a z v i s - o	- a z ʒ i s - o
40. dziewczyna	dʒe f tʃɛ - a	dʒe ʃ tʃɛ - a
41. zadanie	z a - a - e	z a - a - e
42. widelec	v i - e - e tɕ	ʒ i - e - e tɕ
43. spieszyć się	s - - e ʃ ɛ tɕp e	s - - e ʃ ɛ tɕ ʃ e
44. wszystko	f ʃ ɛ s - - o	s ʃ ɛ s - - o
45. dużo	- u ʒ o	- u ʒ o
46. buty	- u - ɛ	- u - e
47. kolacja	- o - a tɕ - a	- o - a tɕ - a
48. cztery	tʃ - e - ɛ	tʃ - e - ɛ
49. film	f i - -	x i - -
50. kupować	- u - o v a tɕ	- u - o v a tɕ
51. szybko	ʃ ɛ - - o	ʃ ɛ - - o
52. ulica	u - i tɕa	u - i tɕa
53. kobieta	- o - - e - a	- o - - e - a
54. łazienka	- a ʒ e - - a	- a ʒ e - - a
55. lekcja	- e - tɕ - a	- e - tɕ - a
56. cukier	tɕu - e -	tɕu - e -
57. strona	s - - o - a	s - - o - a
58. zeszyt	z e ʃ ɛ -	z e ʃ e -
59. grzebień	- ʒ e - - e -	- ʒ e - - e -
60. popołudnie	- o - o - u - - e	- o - o - u - - e
61. przeproszać	- ʃ e - - a ʃ a tɕ	- ʃ e - - a ʃ a tɕ
62. śniadanie	ɕ - a - a - e	ʃ - a - a ɕ e
63. dotykać	- o - ɛ - a tɕ	- o - ɛ - a tɕ
64. dobrze	- o - ʒ e	- a - ʒ e
65. zegarek	z e - a - e -	ʒ e - a - e -
66. muzyka	- u z ɛ - a	- o z e - a
67. pokój	- o - u -	- o - u -
68. 'iść	i ɕ tɕ	i ɕ tɕ
69. imię	i - - e	i - - e
70. przecież	- ʃ e tɕe ʃ	- ʃ e tɕe ʃ
71. telefonować	- e - e f o - o v a tɕ	- e - e f o - o v a tɕ

72. łyżka	- ɛ } - a	- ɛ } - a
73. dobranoc	- o - - a - o t̂s	- o - - a - o t̂s
74. rodzice	- o d̂zi t̂se	- o d̂zi t̂se
75. klasówka	- - a s u f - a	- - a s u f - a
76. tam	- a -	- a -
77. pisać	- i s a t̂p	- i s a t̂p
78. praca	- - a t̂sa	- - a t̂sa
79. osiem	o ɕ e -	o ɕ e -
80. poniedziałek	- o - e d̂za - e -	- o - e d̂za - e -
81. ubranie	u - - a - e	u - - a - e
82. lato	- a - o	- a - o
83. włosy	v - o s ɛ	v - o s ɛ
84. minuta	- i - u - a	- i - u - a
85. ołówek	o - u v e -	o - u v e -
86. naprawdę	- a - - a v - e	- a - - a v - e
87. środa	ɕ - o - a	x - o - a
88. autobus	a - - o - u s	o - - o - u s
89. szklanka	} - - a - - a	} - - a - - a
90. wieczór	v - e t̂ju -	j - e t̂su -
91. mieć	- - e t̂p	- - e t̂p
92. nóż	- u }	- u }
93. bluzka	- - u s - a	- - u s - a
94. telewizyjny	- e - e v i z ɛ - - ɛ	- e - e v i z ɛ - - - e
95. okno	o - - o	o - - o
96. kwiat	- f - a -	- ɕ - a -
97. opowiadać	o - o v - a - a t̂p	o - o v - a - a t̂j
98. wchodzić	f x o d̂zi t̂p	f f o d̂ji t̂p
99. kolega	- o - e - a	- o - e - a
100. nauczyciel	- a u t̂j ɛ t̂p e -	- a u x ɛ t̂p e -

GŁOS PJ

Wyraz	Struktury fonemacyjne wyrazów podlegające rozpoznawaniu	Struktury wyrazów z fonemami rozpoznanyymi
1. tak	- a -	- a -
2. woda	v o - a	v o - a
3. chleb	x - e -	x - e -
4. dzisiaj	dzi ɸ a -	dzi ɸ a -
5. obiad	o - - a -	o - - a -
6. jutro	- u - - o	- u - - a
7. który	- - u - ɨ	- - u - u
8. długopis	- - u - o - i s	- - u - o - i s
9. dzień	dze -	dze -
10. dom	- o -	- o -
11. szkoła	ʃ - o - a	f - o - a
12. dlatego	- - a - e - o	- - a - e - o
13. matka	- a - - a	- a - - a
14. ojciec	o - tɕe ts	o - tse ts
15. myć	- ɨ tɕ	- e ts
16. masło	- a s - o	- a s - o
17. tramwaj	- - a - v a -	- - a - v a -
18. uczeń	u tɕe -	u tse -
19. nie	- e	- a
20. koleżanka	- o - e ʒ a - - a	- o - e ʒ a - - a
21. telewizor	- e - e v i z o -	- e - e ʒ i z o -
22. ona	o - a	o - a
23. rozmawiać	- o ʒ - a v - a tɕ	- o ʒ - a ʒ - a tɕ
24. radio	- a - - o	- a - - o
25. pieniądze	- - e - o - dze	- - e - o - dze
26. nasz	- a ʃ	- a x
27. jeść	- e ɸ tɕ	- e ɸ ts
28. ręcznik	- e - tɕ - i -	- e - ts - i -
29. godzina	- o dzi - a	- o dze - a
30. światło	ɸ f - a - - o	ɸ ʃ - a - - a
31. kuchnia	- u x - a	- u x - a
32. pogoda	- o - o - a	- e - o - a
33. inny	i - - ɨ	i - - ɨ

34. młody	- - o - i	- - o - i
35. spać	s - a t̂ç	s - a t̂ç
36. widzieć	v i d̂ẑet̂ç	ʒ i d̂ze t̂ç
37. także	- a - ʒ e	- a - v e
38. piątek	- - o - - e -	- - o - - e -
39. nazwisko	- a z v i s - o	- a ʒ v i s - o
40. dziewczyna	d̂ze f t̂ĵ - a	v̂d̂ze f t̂ŝ - a
41. zadanie	z a - a - e	ʒ a - a - e
42. widelec	v i - e - e t̂s	ʒ i - e - e t̂s
43. spieszyć się	s - - e } i t̂çç e	s - - e ç e t̂sç e
44. wszystko	f } i s - - o	f f i s - - o
45. dużo	- u ʒ o	- u ʒ o
46. buty	- u - i	- u - i
47. kolacja	- o - a t̂s - a	- o - a t̂s - a
48. cztery	t̂ĵ - e - i	t̂s - e - i
49. film	f i - -	f i - -
50. kupować	- u - o v a t̂ç	- u - u ʒ a t̂ç
51. szybko	} i - - o	f e - - o
52. ulica	u - i t̂sa	u - i t̂sa
53. kobieta	- o - - e - a	- o - - e - a
54. łazienka	- a ʒ e - - a	- a ʒ e - - a
55. lekcja	- e - t̂s - a	- e - t̂s - a
56. cukier	t̂su - e -	t̂su - e -
57. strona	s - - o - a	s - - o - a
58. zeszyt	z e } i -	ʒ e ç i -
59. grzebień	- ʒ e - - e -	- v e - - e -
60. popołudnie	- o - o - u - - e	- u - u - u - - e
61. przepraszać	- } e - - a } a t̂ç	- s e - - a f a t̂ç
62. śniadanie	ç - a - a - e	ç - a - a - e
63. dotykać	- o - i - a t̂ç	- o - e - a t̂ç
64. dobrze	- o - ʒ e	- o - ʒ e
65. zegarek	z e - a - e -	ʒ e - a - e -
66. muzyka	- u z i - a	- u ʒ i - a
67. pokój	- o - u -	- e - u -
68. iść	i ç t̂ç	i ç t̂s
69. imię	i - - e	i - - e
70. przecież	- } e t̂çe }	- f e t̂se ç
71. telefonować	- e - e f o - o v a t̂ç	- e - e f o - o ʒ a t̂ç

72. łyżka	- ɛ ʃ - a	- ɛ ʃ - a
73. dobranoc	- o - - a - o ts̄	- o - - a - o ts̄
74. rodzice	- o d̄zi t̄se	- o d̄zi t̄sa
75. klasówka	- - a s u f - a	- - a s u s - a
76. tam	- a -	- a -
77. pisać	- i s a t̄ɕ	- i s a t̄ɕ
78. praca	- - a t̄sa	- - a t̄sa
79. osiem	o ʃ e -	o ʃ e -
80. poniedziałek	- o - e d̄za - e -	- o - e d̄za - e -
81. ubranie	u - - a - e	u - - a - e
82. lato	- a - o	- a - o
83. włosy	v - o s ɛ	ʒ - o s ɛ
84. minuta	- i - u - a	- i - u - a
85. ołówek	o - u v e -	u - u v e -
86. naprawdę	- a - - a v - e	- a - - a ʒ - e
87. środa	ɕ - o - a	s - o - a
88. autobus	a - - o - u s	a - - o - u s
89. szklanka	ʃ - - a - - a	ʃ - - a - - a
90. wieczór	v - e t̄ju -	ʒ - e t̄su -
91. mieć	- - e t̄ɕ	- - e t̄s
92. nóż	- u ʃ	- o x
93. bluzka	- - u s - a	- - u s - a
94. telewizyjny	- e - e v i z ɛ - - ɛ	- e - e ʒ i ʒ e - - e
95. okno	o - - o	o - - o
96. kwiat	- f - a -	- ʃ - a -
97. opowiadać	o - o v - a - a t̄ɕ	o - o ʒ - a - a t̄ɕ
98. wchodzić	f x o d̄zi t̄ɕ	f x o d̄zi t̄ɕ
99. kolega	- o - e - a	- o - e - a
100. nauczyciel	- a u t̄ɛ t̄ɕ -	- a u t̄sɛ t̄ɕ -

GŁOS PS

Wyraz	Struktury fonematyczne wyrazów podlegające rozpoznawaniu	Struktury wyrazów fonemami rozpoznanymi
1. tak	- a -	- a -
2. woda	v o - a	v o - a
3. chleb	x - e -	x - a -
4. dzisiaj	dźi ɸ a -	dźi } a -
5. obiad	o - - a -	o - - a -
6. jutro	- u - - o	- ɨ - - o
7. który	- - u - ɨ	- - u - e
8. długopis	- - u - o - i s	- - u - o - i s
9. dzień	dźe -	dze -
10. dom	- o -	- a -
11. szkoła	} - o - a	} - o - a
12. dlatego	- - a - e - o	- - a - a - o
13. matka	- a e - a	- a - a
14. ojciec	o - tɕe ts	o - tsɨ ts
15. myć	- ɨ tɕ	- e x
16. masło	- a s - o	- a s - o
17. tramwaj	- - a - v à -	- - a - v a -
18. uczeń	u tɕe -	u tɕa -
19. nie	- e	- a
20. koleżanka	- o - e ʒ a - - a	- o - a ʒ a - - a
21. telewizor	- e - e v i z o -	- a - e v i v o -
22. ona	o - a	o - a
23. rozmawiać	- o z - a v - a tɕ	- o z - a v - a tɕ}
24. radio	- a - - o	- a - - a
25. pieniądze	- - e - o - dźe	- - e - a - dza
26. nasz	- a }	- a }
27. jeść	- e ɸ tɕ	- e } x
28. ręcznik	- e - tɕ - i -	- a - ts - i -
29. godzina	- o dźi - a	- o dźi - a
30. światło	ɸ f - a - - o	ɸ f - a - - o
31. kuchnia	- u x - a	- u x - a
32. pogoda	- o - o - a	- o - o - a
33. inny	i - - ɨ	i - - a

34. młody	- - o - ǂ	- - o - e
35. spać	s - a tǂ	s - a tǂ
36. widzieć	v i dǂze tǂ	v i dǂze tǂs
37. także	- a - ʒ e	- a - ʒ o
38. piątek	- - o - - e -	- - o - - o -
39. nazwisko	- a z v i s - o	- a z v i s - o
40. dziewczyna	dǂze f tǂǂ - a	dǂze f tǂsa - a
41. zadanie	z a - a - e	z a - a - a
42. widelec	v i - e - e tǂs	v i - a - a tǂs
43. spieszyć się	s - - e } ǂ tǂǂ e	s - - e } ǂ tǂs} e
44. wszystko	f } ǂ s - - o	f } ǂ s - - o
45. dużo	- u ʒ o	- u ʒ o
46. buty	- u - ǂ	- u - e
47. kolacja	- o - a tǂs - a	- o - a tǂs - a
48. cztery	tǂ} e - ǂ	tǂ} - a - e
49. film	f i - -	f i - -
50. kupować	- u - o v a tǂ	- u - o v a tǂs
51. szybko	} ǂ - - o	} ǂ - - o
52. ulica	u - i tǂsa	u - i tǂsa
53. kobieta	- o - - e - a	- u - - e - a
54. łazienka	- a ʒ e - - a	- a ʒ a - - a
55. lekcja	- e - tǂs - a	- e - tǂs - a
56. cukier	tǂsu - e -	tǂsu - e -
57. strona	s - - o - a	s - - o - a
58. zeszyt	z e } ǂ -	z e } ǂ -
59. grzebień	- ʒ e - - e -	- ʒ a - - e -
60. popołudnie	- o - o - u - - e	- o - o - u - - a
61. przeproszać	- } e - - a } a tǂ	- } a - - a } a tǂs
62. śniadanie	ǂ - a - a - e	} - a - a - a
63. dotyczyć	- o - ǂ - a tǂ	- o - e - a tǂs
64. dobrze	- o - ʒ e	- o - ʒ a
65. zegarek	z e - a - e -	z e - a - a -
66. muzyka	- u z ǂ - a	- u z ǂ - a
67. pokój	- o - u -	- o - u -
68. iść	i ǂ tǂ	i } x
69. imię	i - - e	u - - a
70. przecież	- } e tǂe }	- } e tǂse }
71. telefonować	- e - e f o - o v a tǂ	- a - a x o - o v a x

72. łyżka	- ǰ - a .	- a ǰ - a
73. dobranoc	- o - - a - o ts	- o - - a - o ts
74. rodzice	- o dźi tse	- a dźi tsa
75. klasówka	- - a s u f - a	- - a s u f - a
76. tam	- a -	- a -
77. pisać	- i s a tǰ	- i s a ts
78. praca	- - a tsa	- - a tsa
79. osiem	o ǰ e -	o ǰ a -
80. poniedziałek	- o - e dźa - e -	- o - e dźa - a -
81. ubranie	u - - a - e	u - - a - a
82. lato	- a - o	- a - o
83. włosy	v - o s ǰ	v - o s ǰ
84. minuta	- i - u - a	- i - u - a
85. ołówek	o - u v e -	o - u v a -
86. naprawę	- a - - a v - e	- a - - a v - a
87. środa	ǰ - o - a	ǰ - o - a
88. autobus	a - - o - u s	o - - o - u s
89. szklanka	ǰ - - a - - a	ǰ - - a - - a
90. wieczór	v - e tǰ u -	v - e tǰ u -
91. mieć	- - e tǰ	- - e ts
92. nóż	- u ǰ	- u ǰ
93. bluzka	- - u s - a	- - u s - a
94. telewizyjny	- e - e v i z ǰ - - - ǰ	- a - e v i z ǰ - - - e
95. okno	o - - o	o - - o
96. kwiat	- f - a -	- ǰ - a -
97. opowiadać	o - o v - a - a tǰ	o - u v - a - a x
98. wchodzić	f x o dźi tǰ	f x o dźi x
99. kolega	- o - e - a	- o - a - a
100. nauczyciel	- a u tǰ ǰ tǰ e -	- a u tǰ ǰ tǰ e -

BIBLIOGRAFIA

- 1 FRACKOWIAK-RICHTER, L. : The Duration of Polish vowels, Speech Analysis and Synthesis , vol. 3, str. 87-116, PWN, Warszawa, 1973.
- 2 GEMBIAK, D. : Rozpoznawanie segmentów wokalicznych i szumowych w ograniczonym zbiorze najczęstszych subiektywnie wyrazów polskich, Prace IPPT nr 69/1977, Warszawa, 1977.
- 3 GEMBIAK, D. : Rozpoznawanie spółgłosek zwarto-trących w sygnale ciągłej mowy polskiej z zastosowaniem elektronicznej techniki obliczeniowej, Prace IPPT nr 66/78, Warszawa, 1978.
- 4 GUBRYNOWICZ, R. : Problem kryterium rozpoznawania cech osobniczych głosu, Prace IPPT nr 28/69, Warszawa, 1969.
- 5 GUBRYNOWICZ, R., KACPROWSKI, J., MIKIEL, W., SKALSKI, W.: Klasyfikacja spółgłosek trących metodą analizy przejść przez zero, Prace IPPT nr 40/73, Warszawa, 1973.
- 6 JASSEM, W. : Fonetyczno-akustyczne założenia automatycznego rozpoznawania fonemów, Prace IPPT nr 14/70, Warszawa, 1970.
- 7 JASSEM, W. : Założenia ogólnego modelu rozpoznawania mowy, Prace IPPT nr 68/77, Warszawa, 1977.
- 8 JASSEM, W. : Klasyfikacja widm spółgłosek trących z zastosowaniem statystycznych funkcji dyskryminacyjnych, Prace IPPT nr 58/78, Warszawa, 1978.
- 9 JASSEM, W., GEMBIAK, D., DYCZKOWSKI, A.: Wspomagane przez komputer rozpoznawanie samogłosek polskich w mowie ciągłej, Archiwum Akustyki, t. XIV, z. 1, str.41-57, Warszawa, 1979.
- 10 JASSEM, W., ŁOBACZ, P. : Frequency of phonemes and their sequences in Polish texts, Speech Analysis and Synthesis, vol. 4, str. 241-249, PWN, Warszawa, 1976.
- 11 JASSEM, W., SZYBISTA, D. : Subiektywne prawdopodobieństwo wyrazów polskich, Prace IPPT nr 71/75, Warszawa, 1975.
- 12 JASSEM, W., SZYBISTA, D., DYCZKOWSKI, A. : Rozpoznawanie samogłosek polskich w typowych zdaniach, Prace IPPT

nr 43/75, Warszawa, 1975.

- 13 JASSEM, W., SZYBISTA, D., KRZYSKO, M., STOLARSKI, P.,
DYCZKOWSKI, A. : Rozpoznawanie polskich spółgłosek
trących na podstawie cech widmowych, Prace IPPT
nr 46/76, Warszawa, 1976.
- 14 ŁOBACZ, P. : Percepcyjna klasyfikacja spółgłosek
polskich, Prace IPPT nr 57/79, Warszawa, 1979.