

3. Найефективнішими за використанням обладнання є пристрої, що реалізують алгоритми обчислення сум парних добутоків з врахуванням величин зміни значень операндів, структура яких налаштовується до інтенсивності надходження даних.

1. Солонина А.И., Улахович Д.А., Яковлев А.А. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов. – СПб: БХВ-СПб, 2001. – 464 с.
2. С.Кун. Матричные процессоры на СБИС. – М.: Мир, 1991. – 672 с.
3. Параллельная обработка информации. Т.4. Высокопроизводительные системы параллельной обработки информации / Под ред. В.В. Грицыка. – К.: Наук. думка, 1988. – 272 с.
4. Самофалов К.Г. и др. Прикладная теория цифровых автоматов. – К: Вища шк., 1987. – 375 с.
5. Грушицкий Р.И., Мурсаев А.Х., Угрюмов Е.П. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
6. Каневский Ю.С. Систематические процессоры. – К.: Техніка, 1991. – 173 с.
7. Шальто А.А. Методы аппаратной и программной реализации алгоритмов. – СПб.: Наука, 2000. – 780 с.
8. Цмоць І.Г. Особливості проектування спеціалізованих комп'ютерних систем для обробки інтенсивних потоків інформації // Збірник наук. праць ІПМЕ НАН України: "Моделювання та інформаційні технології". – К., 1999. – Вип. 8. – С. 143–149.
9. Цмоць І.Г. Алгоритми і структури ВІС перемножувача комплексних чисел // Вісник Держ. ун-ту "Львівська політехніка". – 1998. – № 237. – С. 231–240.
10. Цмоць І. Г. Алгоритмічні операційні пристрої для обчислення базових операцій алгоритмів швидкого перетворення Фур'є комплексної послідовності // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України. – 1999. – Вип. 2. – С. 159–173.
11. Карцев М.А., Брик В.А. Вычислительные системы и синхронная арифметика. – М., 1981. – 359 с.
12. Цмоць І.Г. Принципи розробки і оцінка основних характеристик високопродуктивних процесорів на надвеликих інтегральних схемах // Вісник Держ. ун-ту "Львівська політехніка". – 1998. – № 349. – С. 5–11.

**Z.Szymanski, R.Figura**

Національний університет "Львівська політехніка"

## **KLASYFIKACJA DŹWIĘKÓW JEZYKA POLSKIEGO DLA ZADAŃ ZMIANY TEMPА**

© *Szymanski Z., Figura R., 2003*

### **1. Wstęp**

Mowa jest dźwiękową formą języka naturalnego, który w tradycyjnym ujęciu stanowi w obrębie określonej (narodowości) społeczności kod służący do porozumiewania się pomiędzy ludźmi. W dobie gwałtownego rozwoju nauk cybernetycznych ta tradycyjna definicja

ulega modyfikacji. Wyłaniają się bowiem nowe możliwości wykorzystywania języka od prostego sterowania maszyną po rozbudowane systemy interaktywnej zapowiedzi głosowej dedykowanej wszędzie tam gdzie istnieją potrzeby udostępnienia rozbudowanej informacji dużej liczbie użytkowników. Dotyczy to w szczególności systemów bankowych, branży telekomunikacyjnej, transportu, jednostek administracji i wielu innych. Jednak, pomimo ogromnej mocy obliczeniowej, komputery wciąż mają problem z rozumieniem (rozpoznawaniem) mowy. Dotyczy on naturalnej złożoności sygnału mowy, podobieństwa fonetycznego, problemów segmentacji na podstawowe jednostki językowe oraz dopasowania czasowego, itd. Sygnał akustyczny mowy jest rozpoznawany jako zjawisko złożone (o podłożu psychologiczno-lingwistycznym). Do podstawowych kwestii w problematyce analizy i rozpoznawania sygnału mowy należy pytanie o podstawowe jednostki językowe w znaczeniu fonologicznym. Analizie możemy poddawać elementy językowe różnych rzędów, najczęściej jednak rozpoznawaniu podlegają fonemy lub wyrazy.[1] Jeżeli liczba elementów jest znaczna techniczny proces analizy staje się bardzo trudny i pracochłonny. Proces analizy polega więc na wyróżnieniu kilku klas elementów i przyporządkowaniu znalezionych w sygnale dźwięków do jednej z nich. Zbyt duża ilość klas znacząco komplikuje budowę klasyfikatora. Proces przetwarzania czasowego posiada swoje osobliwości dla różnych mów, które określa się jako fonetykę dźwięków, co powoduje podczas przetwarzania czasowego sygnału mowy konieczność uwzględnienia nie tylko prawidłowości dla podstawowych klas dźwięków ale i uwzględnienia fonetycznych osobliwości każdego dźwięku w badanym języku. Rozpoznawanie fonemów i wyrazów może być przeprowadzone na podstawie określonych cech akustycznych lub fonetycznych.

## 2. Akustyczna i fonetyczna klasyfikacja dźwięków mowy

Ze względu na kryterium akustyczne dźwięki mowy w języku polskim dzieli się na klasy przede wszystkim w zależności od charakteru składających się na nie przebiegów akustycznych. Głoski o przebiegu zbliżonym do regularnego zwane przebiegami quasi-periodycznymi, ustalone lub nieustalone nazywane są rezonantami (np. a, o, u, ę, m, n, l). Odrębną grupę stanowią dźwięki zwane płozywnymi, którym odpowiadają krótkotrwałe przebiegi nieregularne - impulsy (np. p, t, k). Do innej grupy zaliczamy dźwięki frykatywne (np. f, s, z), na które składają się przebiegi nieregularne, ustalone - szumy. Kolejna grupa to afrykaty (np. c, ć), w których szum poprzedzony jest przez bezpośrednio z nim powiązany słaby impuls. Ostatecznie ze względu na kryterium akustyczne dla języka polskiego wyróżniamy cztery klasy dźwięków mowy:

- rezonanty,
- dźwięki płozywne,
- dźwięki frykatywne,
- afrykaty.

Innym podziałem akustycznym jest podział dźwięków mowy na nosowe i ustne.

Natywny podział dźwięków mowy polega na określeniu mechanizmu ich wytwarzania, tj. na określeniu funkcji, które poszczególne człony aparatu mownego pełnią przy wytwarzaniu tych dźwięków. Podstawowym podziałem stosowanym w klasyfikacji fonetycznej dźwięków mowy języka polskiego jest podział na samogłoski i spółgłoski. W fonetycznej klasyfikacji spółgłosek uwzględnia się przede wszystkim:

kierunek przepływu powietrza przez narządy mowy:

- ekspiracyjne (język polski);
- inspiracyjne;
- mlaski;

zachowanie się wiązań głosowych w czasie wytwarzania dźwięku:

- dźwięczne (b, d, g, v, z, ż, m, n, l, r);
- bezdźwięczne (p, t, k, f, s, ś, ć);

ze względu na sposób artykulacji, stopień zbliżenia narządów mowy:

- zwarto-wybuchowe (p, b, t, d, k, g);
- zwarto-szczelinowe (c, ć);
- szczelinowe (s, z, ś);
- spółotwarte/półotwarte (m, n, Ń, l r);

miejsce artykulacji:

- dwuwargowe (p, b);
- wargowe-zębowe (f, v);
- przedniojęzykowe-zębowe (t, d, s, z, n);
- przedniojęzykowe-dziąsłowe (ć, ź, ń, l, r);
- środkowojęzykowe (ś, ż, ń);
- tylnojęzykowe-welarne (k, g, z);

ze względu na położenie podniebienia miękkiego:

- nosowe (m, n, ń);
- ustne (p, b, t, d).

Tabela poniżej przedstawia charakterystykę spółgłosek polskich wg (D. Ostaszewskiej; J. Tambor) [3].

Charakterystyka spółgłosek

Głoski		Wargowe				Przedniojęzykowe				Śródkowojęzykowe				Tylnojęzykowe						
		dwuwargowe		wargowo-zębowe		zębowe		dziąsłowe		prepalatalne		postpalatalne		twar		zmieć				
		twar	zmieć	twar	zmieć	twar	zmieć	twar	zmieć	twar	zmieć	twar	zmieć							
		dźw	bez dźw	dźw	bez dźw	dźw	bez dźw	dźw	bez dźw	dźw	bez dźw	dźw	bez dźw	dźw	bez dźw	dźw	bez dźw			
Spółgłoski właściwe	zwarte	b	p	b'	p'			d	t	d'	t'					g	k			
	zwarto-szczelinowe							ɸ	c	ɸ'	c'	ɸ	ɸ'	ɸ	ɸ'	ɸ	ɸ'			
	szczelinowe					v	f	v'	f'	z	s	z'	s'	z	s	z'	s'	z	s	
Spółgłoski półotwarte	nosowe	m	ɱ	m	ɱ'			n	ɲ	n'	ɲ'			n	ɲ	n	ɲ		ŋ	
	drżące													r	ʀ	r'	ʀ'			
	boczne													l	l'	l'	l'			
	półsamogłoskowe ustne																		i	y
	półsamogłoskowe nosowe																			ɥ

Fonetyczna klasyfikacja samogłosek dokonywana jest na podstawie innych kryteriów

niż fonetyczna klasyfikacja spółgłosek. Cechami artykulacyjnymi samogłosek, dzięki którym rozróżniamy je i rozpoznajemy, są:

- położenie języka w jamie ustnej,
- układ warg,
- położenie podniebienia miękkiego.

Przy artykulacji samogłosek język wykonuje ruchy w kierunku poziomym i pionowym.

Ruch poziomy języka:

- język przesuwa się do przodu

samogłoski o przednim położeniu języka (i, y, e, ɛ);

- język przesuwa się do tyłu samogłoski o tylnym położeniu języka (o, ɔ, u);

- język zajmuje pozycję środkową samogłoska o środkowym położeniu języka (a).

Ruch pionowy języka:

- język wznosi się wysoko do podniebienia samogłoski wysokie (i, y, u);

- język wznosi się średnio do podniebienia samogłoski średnie (e, ɛ, o, ɔ, a);

- język wznosi się nisko do podniebienia samogłoski niskie (a).

Dla unaocznienia stosunków pomiędzy samogłoskami używa się różnego rodzaju schematów. Najstarszym z nich jest trójkąt samogłoskowy, opracowany przez Hellwega, a do języka polskiego zastosowany przez Benniego rys. 1. Punktem wyjścia tego systemu jest samogłoska a, umieszczona w wierzchołku trójkąta. Na jednym z ramion tego trójkąta rozmieszczone zostały samogłoski szeregu przedniego, na drugim - samogłoski szeregu tylnego. Samogłoski szeregu środkowego umieszcza się na linii dzielącej trójkąt na połowy. [6]

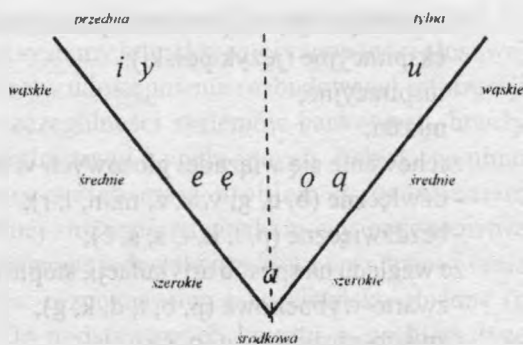
Zc względu na położenie podniebienia miękkiego samogłoski, podobnie jak spółgłoski, dzielimy na:

- ustne: i, y, e, a, o, u

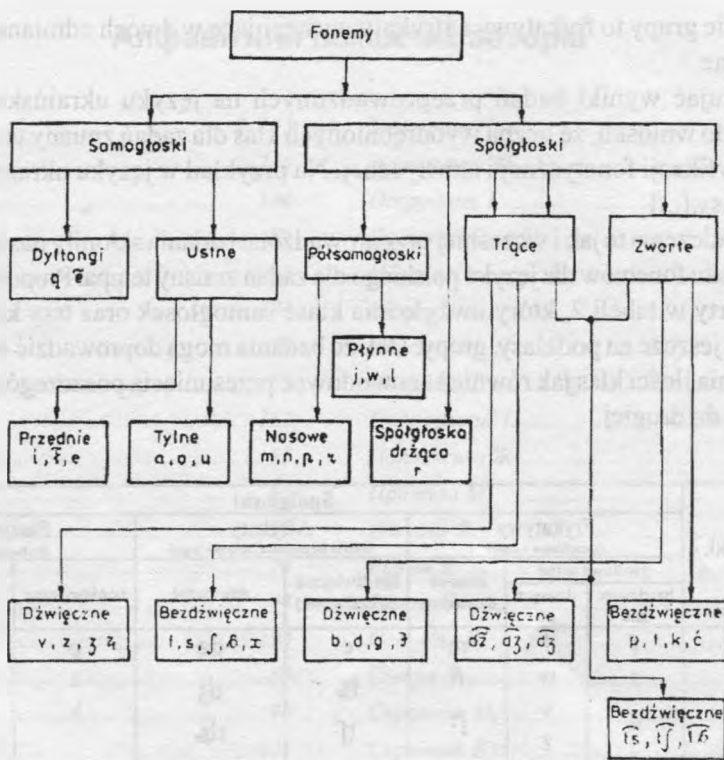
- nosowe: ɛ, ɔ

### 3. Fonemy języka polskiego

Optymalnym rozwiązaniem, przyjętym przez nas w prowadzonych badaniach, jest oparcie klasyfikacji wszystkich dźwięków mowy na jednolitych kryteriach. W badaniach struktury akustycznej dźwięków mowy wykorzystywana jest przede wszystkim teoria cech dystynktywnych (określających, pozwalających na ich jednoznaczną identyfikację). Do reprezentacji dźwięków mowy oraz do opisu wypowiedzi posłużyliśmy się ustalonymi elementami dyskretnymi zwanymi fonemami. Fonemy są lingwistycznymi desygnatami różnych kategorii dźwięków mowy. W zależności od sposobu artykulacji w tym od tempa mowy, rodzaju pobudzenia oraz kształtu i wymiaru tonu głosowego możliwy jest podział fonemów danego języka na pewne grupy i podgrupy. Przecięcie, iloczyn mnogościowy tych zbiorów powinien być minimalnym zbiorem fonemów jednoznacznie rozróżnialnych na podstawie ich cech dystynktywnych. Badania neurofizjologiczne dowodzą, że w układzie nerwowym istnieje mechanizm wydzielenia granic dźwięków. Same natomiast rodzaje dźwięków są określone budową aparatu mowy i aparatu słuchowego człowieka. Ponieważ



Rys. 1 Trójkąt samogłosek polskich



Rys. 2 Fonemy języka polskiego

mowa polska jest dla nas rozpoznawalna, to taki minimalny zespół fonemów może być traktowany jako alfabet bazowy dla naszego języka. Na rysunku 2 przedstawiono drzewo fonemów dla języka polskiego. [6]

Zespół fonemów traktowany jako alfabet bazowy dla mowy - jest naszym zdaniem, różny dla każdego języka. Twierdzimy zatem, że język mówiony składa się z zespołu elementów strumienia danych dźwięku. Analiza strumienia danych dźwięku powinna pozwolić na znalezienie takich elementów, które są charakterystyczne dla różnych klas dźwięku. Tym samym one określają te klasy dźwięku, co oznacza, że są elementami składowymi tej klasy, czyli jej desygnatami.

#### 4. Propozycja podziału i zapowiedź następných badań

Przeprowadzone przez nas wcześniejsze badania nad zależnością długości dyftongów języka polskiego od zmiany tempa mówienia wykazują, że dźwięki należące do różnych klas fonetycznych i akustycznych przy zmianie tempa mowy posiadają taką samą wewnętrzną strukturę. To oznacza, że dla dalszych badań potrzebna jest zorientowana na tempo mowy nowa klasyfikacja fonemów języka polskiego. W języku polskim możemy wyróżnić 37 fonemów, które możemy podzielić na dźwięczne i bezdźwięczne. Wszystkie samogłoski są dźwięczne i są rezonantami. Wszystkie spółgłoski są wytwarzane bez znaczącego udziału rezonansu w komorze zamkniętej, zatem należą do trzech pozostałych klas. Dźwięki płozywne stanowią impulsy nieregularne przypominające wybuch, możemy je nazwać wybuchowymi.

Pozostałe dwie grupy to frykatywy i afrykaty występujące w dwóch odmianach - dźwięczne i bezdźwięczne.

Analizując wyniki badań przeprowadzonych na języku ukraińskim, angielskim dochodzimy do wniosku, że liczba wyodrębnionych klas dla zadań zmiany tempa odbiega od typowej klasyfikacji fonetycznej i akustycznej. Na przykład w języku ukraińskim wyróżnia się cztery klasy.[...]

Doświadczenia te jak i wcześniej przeprowadzone badania skłoniły nas do opracowania nowego podziału fonemów dla języka polskiego dla zadań zmiany tempa. Proponujemy wstępny podział zawarty w tabeli 2, który uwzględnia klasę samogłosek oraz trzy klasy spółgłosek podzielonych jeszcze na podklasy, grupy. Dalsze badania mogą doprowadzić do zmniejszenia lub zwiększenia ilości klas jak również spowodować przesunięcia poszczególnych fonemów z jednej klasy do drugiej.

Samogłoski, (rezonanty)	Spółgłoski						
	Frykatywy (szczelinowe - trące)			Afrykaty (zwarło szczelinowe, zwarło - trące)		Plozywy (wybuchowe)	
	gardłowe ustne		nosowe dźwięczne	bezdźwięczne (szczelinowe)	dźwięczne	bezdźwięczne	dźwięczne
	bezdźwięczne	dźwięczne					
a	f	l	m	c	dz	p	b
e	s	w	n	tɕ	dʒ	t	d
o	ɕ	v	ɲ	tʃ	dʒ	k	g
u	ʃ	z		ts			
i	x	ʒ					
ɨ		ʒ					
i		r					
		j					

1. Jassem W.; Podstawy fonetyki akustycznej; PWN; Warszawa 1973;
2. Basztura Cz.; Źródła, sygnały i obrazy akustyczne; Wydawnictwa Komunikacji i Łączności; Warszawa 1988;
3. Ostaszewska D., Tambor J.; Fonetyka i fonologia współczesnego języka polskiego; PWN; Warszawa 2002
4. Jassem W.; Wstępna analiza spektrograficzna głosek polskich; Rozpr. Elektrotechniczne VI (1960), s. 333-361;
5. Tadeusiewicz R.; Sygnał mowy; Wydawnictwa Komunikacji i Łączności; Warszawa 1988;
- Dłuska M.; Fonetyka polska: artykulacja głosek polskich; PWN; Warszawa-Kraków 1986