

деленных учебных систем// Управляющие системы и машины. – К.:2002. – 3/4. – С.72-79.

5. Peleshko D., Pasyeka M. SQL-queries optimization. MS'2001 International Conference on Modeling & Simulation Proceedings, Lviv, Ukraine, 2001. – P. 184-186.

**З. Шиманські\*, Р.Фігура\*, Р.Марцишин\*\***

\*Вища школа підприємництва та управління (Лодзь, Польща),

\*\*Національний університет "Львівська Політехніка"

УДК 681.84.087

## ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЧАСОВОЇ СТРУКТУРИ ДИФТОНГІВ ПОЛЬСЬКОЇ МОВИ

© Шиманські З., Фігура Р., Марцишин Р., 2002

*Пропонуються результати дослідження залежностей довжин дифтонгів польської мови від зміни темпу мовлення. Визначено структуру дифтонгів, отримано статистичні характеристики дифтонгів та їх структурних частин, обґрунтовано необхідність побудови функцій темпорального перетворення для зміни темпу мовлення.*

*In this paper offered Polish language diphthongs lengths dependence on the change of speech tempo research results. The diphthongs structure is here defined, diphthongs statistical description and there structural parts is obtained, a necessity of temporal transformation function production for the change of speech tempo is substantiated.*

### Вступ

Перетворення часового масштабу мовних сигналів відіграє важливу роль як в процесах розпізнавання та синтезу мови, так і в системах кодування та передачі мови каналами зв'язку, навчанні, системах мовної пошти тощо [1,2,3,4].

Процес перетворення часового масштабу має свої особливості для різних мов, які визначаються в першу чергу фонетикою звуків. Це викликає необхідність при перетворенні часового масштабу мови враховувати не тільки закономірності для основних класів звуків, але й фонетичні особливості кожного звуку. Через складність структури особливий інтерес в задачах аналізу та перетворення мовних сигналів викликають дифтонги, які звучать по-різному в різних мовах. Для польської мови такими дифтонгами є *a* (*waś*) та *e* (*reki*), які не мають аналогів в інших мовах [6]. На сьогодні відсутня інформація про дослідження структури та особливості перетворення дифтонгів в задачах нормалізації та зміни часового масштабу мовних сигналів. Тому метою даної

статті є визначення на основі аналізу динамічних спектрограм та статистичних даних структури цих звуків в різних темпах мовлення, що дозволить побудувати ефективні алгоритми їх темпоральних перетворень.

### 1. Дослідження тривалостей дифтонгів при зміні темпу

У загальному випадку у структурі звуку розрізняють три ділянки: перехід від попереднього звуку, стаціонар та перехід до наступного звуку. Голосні мають, як правило, всі три ділянки, приголосні та вибухові – дві або одну перехідну, а інші можуть не мати перехідних ділянок. При зміні часової структури мови по-різному змінюються як звуки, так і ділянки звуків. Найбільше змінюються наголошені голосні, менше – приголосні та голосні без наголосу, найменше вибухові. При стисненні часового масштабу мови голосні скорочуються в 1.2, а приголосні в 1.3-1.5 разів. При цьому для голосних загальна тривалість звуку зменшується здебільшого за рахунок скорочення стаціонарної частини, а збільшення досягається появою та ростом тривалості другої перехідної ділянки [4,5,7].

Для визначення структури дифтонгів та отримання статистичних характеристик цих структур нами були проведені дослідження. Фонетично збалансований текст загальною тривалістю близько 250 секунд при частоті дискретизації 22050 Гц промовлявся диктором-носієм польської мови у трьох темпах: повільному, нормальному та швидкому. Різниця між повільним та швидким темпом для даного диктора склала 2.2 рази, а різниця між повільним-нормальним та нормальним-швидким - відповідно 1.6 та 1.4 рази. Сегментація на ділянки, які відповідають окремим фонемам та паузам, здійснювалось вручну на основі слухового сприйняття з уточненням міток переглядом динамічних спектрограм мовного сигналу. Виділяли дифтонги наголошені та ненаголошені та їх розташування в слові: на початку, в середині та наприкінці. Визначали статистичні параметри - середнє та середнє квадратичне відхилення (СКВ) для 95% довірчого інтервалу з точністю до мілісекунди. Результати досліджень статистичних параметрів для наголошених і ненаголошених дифтонгів зведені в таблицях 1-4. Визначено також коефіцієнти зміни довжини наголошених та ненаголошених дифтонгів залежно від розташування в словах. Результати наведені в табл. 5-6.

Аналіз табл. 1-2 показує, що для дифтонгів, незалежно від наголошеності та розташування в словах, СКВ має тенденцію зменшуватися при переході від повільного до швидкого темпу.

Це може свідчити про невелику варіативність довжин дифтонгів для швидкого темпу, яка може бути викликана обмеженістю часу при мовотворенні. Середні значення обидвох наголошених дифтонгів, без врахування позиції у словах, у всіх темпах більші, ніж середні

Таблиця 1

Статистичні параметри для наголошених дифтонгів А та Е при різному розташуванні в словах та різних темпах вимови

Розташування в слові Темп		А нагол.		Е нагол.	
		Середнє мс	СКВ мс	Середнє мс	СКВ мс
Початок	Пов.	486	36	473	30
	Норм.	247	29	249	22
	Шв.	159	20	157	6
Середина	Пов.	336	48	378	30
	Норм.	165	50	198	19
	Шв.	136	19	150	13
Кінець	Пов.	432	55	506	47
	Норм.	240	28	281	17
	Шв.	161	27	245	8

Таблиця 2

Статистичні параметри для ненаголошених дифтонгів А та ґ при різному розташуванні в словах та різних темпах вимови

Розташування в слові Темп		А ненагол.		ґ ненагол.	
		Середнє мс	СКВ мс	Середнє мс	СКВ мс
Початок	Пов.	298	24	318	63
	Норм.	171	35	190	31
	Шв.	121	18	109	14
Середина	Пов.	338	83	221	48
	Норм.	185	68	145	21
	Шв.	125	32	114	20
Кінець	Пов.	336	57	339	44
	Норм.	223	7	212	39
	Шв.	148	10	151	15

Таблиця 3

Зміни довжин наголошених дифтонгів в різних частинах слів при зміні темпу мовлення

Наголошені	Пов.-шв.	Пов.-норм.	Норм.- шв.	
Початок	а	3,0555	1,967599	1,552887
	е	3,0027	1,896275	1,583485
Середина	а	2,4746	2,041864	1,211948
	е	2,5186	1,912414	1,316985
Кінець	а	2,6822	1,797917	1,491841
	е	2,0653	1,800712	1,146939

Таблиця 4

Зміни довжин ненаголошених дифтонгів в різних частинах слів при зміні темпу мовлення

Ненаголошені	Пов.-шв.	Пов.-норм.	Норм.- шв.	
Початок	а	2,4669	1,740741	1,417127
	е	3,4296	1,90874	1,796767
Середина	а	2,7067	1,828829	1,48
	е	1,9329	1,52765	1,265306
Кінець	а	2,2703	1,506726	1,506757
	е	2,2492	1,600473	1,405316

ні темпу різниця між наголошеними дифтонгами а та е наприкінці слів – в середньому в 0,3 раза. Для ненаголошених дифтонгів відповідна різниця 0,5 раза, але при розташуванні на початку слів. Для решта випадків розміщення в словах різниці в зміні довжин дифтонгів практично немає як для наголошених, так і для ненаголошених.

## 2. Структури дифтонгів та їх статистичні характеристики

У результаті експериментів виявлено, що, як правило, обидва дифтонги містять п'ять ділянок: дві стаціонарні ділянки та три перехідні ділянки, причому одна з перехідних ділянок розділяє стаціонарні ділянки дифтонгу. На рисунку як приклад наведено мовний сигнал для наголошеного дифтонгу е у повільному темпі вимови та динамічну спектрограму. В структурі дифтонгу можна виділити початкову першу пе-

значення ненаголошених. При переході від повільного до швидкого темпу наголошені дифтонги змінюють середні значення: для А від  $418 \pm 46$  мс до  $152 \pm 22$  мс, а для ґ від  $452 \pm 36$  мс до  $184 \pm 9$  мс. Ненаголошені дифтонги відповідно: для А від  $324 \pm 55$  мс до  $131 \pm 20$  мс, а для ґ від  $293 \pm 52$  мс до  $125 \pm 16$  мс. При розташуванні дифтонгів на початку та в кінці слів їх середні значення незалежно від темпу вимови залежать від ознаки наголошеності. Причому при розташуванні під наголосом середні значення е більші в 1,3 раза від середніх значень а в кінці слів. Однак для ненаголошених дифтонгів такої закономірності не спостерігається.

Результати дослідження залежностей змін довжин наголошених та ненаголошених дифтонгів, розташованих в різних частинах слів, від зміни темпу мовлення показано у табл. 3-4. Аналізуючи дані таблиць, можна зазначити, що обидва наголошені дифтонги змінюють свою довжину однаково при переході з одного темпу до іншого на початку та в середині слів. При пришвидшен-

Статистичні параметри ділянок дифтонгів для повільного темпу вимови

	Повільний темп							
	є ненагол.		є нагол.		а ненагол.		а нагол.	
	Сер.	С.к.в.	Сер.	С.к.в.	Сер.	С.к.в.	Сер.	С.к.в.
1 перех.	10	2	16	8	11	2	11	10
1 стац.	95	38	158	28	83	8	149	39
2 перех.	53	14	66	29	69	14	128	9
2 стац.	90	19	122	7	120	8	93	32
3 перех.	21	3	53	29	37	7	23	7
Звук	269	53	415	36	320	45	404	50

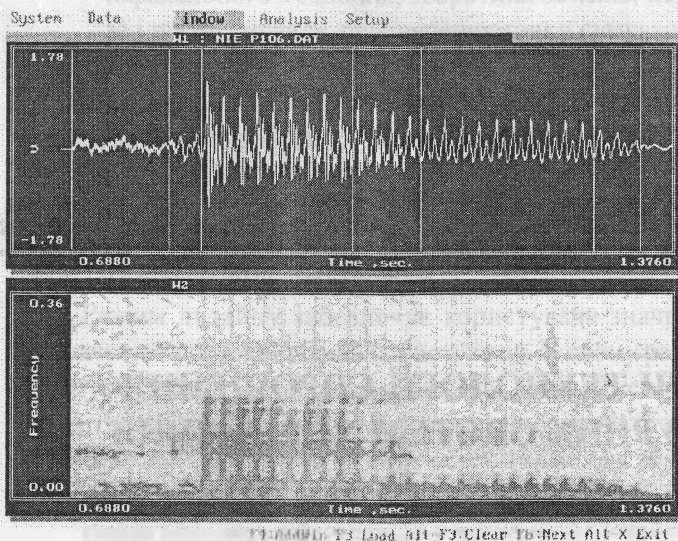
рехідну ділянку довжиною  $16 \pm 8$  мс, першу стаціонарну ділянку довжиною  $158 \pm 28$  мс, середню другу перехідну ділянку довжиною  $66 \pm 29$  мс між першою та другою стаціонарними, другу стаціонарну довжиною  $122 \pm 7$  мс та кінцеву третю перехідну ділянку довжиною  $53 \pm 29$  мс. Для

визначення залежностей змін ділянок структур від зміни темпу вимови нами проведено ряд експериментів. В результаті отримано статистичні параметри перехідних та стаціонарних ділянок дифтонгів для повільного та швидкого темпу вимови, які наведені відповідно в табл. 5-6.

Аналізуючи табл. 5-6, слід відзначити, що для всіх дифтонгів при переході від повільного темпу до швидкого першою скорочується друга перехідна ділянка: від 4 до 6,7 раза для наголошених *є* та *а*, та від 2,2 до 6 разів для ненаголошених. Надалі ділянки змінюються залежно від наголошеності - для наголошених дифтонгів наступною скорочується перша стаціонарна ділянка: в 3,1 раза для *є* та в 3,4 раза для *а*, а для ненаголошених - друга стаціонарна: в 1,9 раза для *є* та в 2,3 раза для *а*. Третіми скорочуються: перша стаціонарна ділянка для ненаголошених - в 1,9 раза, друга стаціонарна ділянка для наголошених дифтонгів - в 1,8 раза. Наступні за пріоритетом - треті перехідні ділянки для всіх дифтонгів, які скорочуються від 1,5 до 1,8 раза, останніми перетворюються перші перехідні ділянки - від 1,1 до 1,5 раза.

Порівняння отриманих статистичних результатів для наголошених і ненаголошених дифтонгів показує,

що загальна тривалість останніх суттєво менша, а процес трансформації структури при зміні темпу значно відрізняється. Порівняння статистичних даних обидвох наголошених та ненаголошених дифтонгів показує, що темпоральні структури пар дифтонгів подібні, розрізнити слід тільки наголошені та ненаголошені дифтонги. Деякі відмінності між дифтонгами в кожному з класів можуть бути пов'язані з похибкою експерименту.



Структура наголошеного дифтонгу *є* для повільного темпу мовлення в часовій та частотних областях

## Висновки

1. Аналіз отриманих структур та порівняння з відомими [4] структурами звуків інших мов показує, що як з точки зору внутрішньої структури, так і особливостей їх перетворення для різних темпів, дифтонги польської мови мають суттєві відмінності. Це обумовлює необхідність розроблення для них нових оригінальних алгоритмів перетворення і відповідно, нових функцій темпоральних перетворень.
2. Спостерігаються суттєві відмінності між перетвореннями структури дифтонгів в різних темпах, пов'язані з ознакою наголошеності. Тому, аналогічно до вокалізованих звуків української мови, необхідно розробляти окремі алгоритми перетворення для наголошених і ненаголошених дифтонгів.

1. Вінчок Т.К. Интеллектуальні усномовні інформаційні технології та системи // Праці третьої всеукраїнської міжнародної конференції "Укробраз-96". – К.: ІК АН України, 1996. – С.117-120.
2. Sticht T. G. Comprehension of repeated time-compressed recordings. The Journal of Experimental Education, 37(4), Summer 1969.
3. Maxemchuk N. An experimental speech storage and editing facility. Bell System Technical Journal, 59(8): 1383-1395, October 1980.
4. Рашкевич Ю.М. Перетворення часового масштабу мовних сигналів. -Львів:ТзОВ НВТ Академічний Експрес, 1997. -143с.
5. Grimm W. Perception of segments of English-spoken consonant-vowel syllables. -J. Acoust. Soc. of Amer., 40, 1966. P.1718-1725.
6. Ostaszewska D., Tambor J. Fonetyka i fonologia wspolczesnego jezyka polskiego. -W.: Wydawnictwo Naukowe PWN SA, 2000. -142s.
7. Агафонова Л.С. и др. О некоторых характеристиках русской речи в зависимости от темпа произношения. - В кн.: Слух и речь в норме и патологии. - Л.: Наука, 1977. – С. 25-30.

Є.Струк, Л.Фабрі, Б.Садов'як, А.Ісаєнко, І.Баб'як  
 Національний університет "Львівська Політехніка"

УДК 681.324

## КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ СПРОЩЕННЯ БАГАТОКОНТУРНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

© Струк Є., Фабрі Л., Садов'як Б., Ісаєнко А., Баб'як І., 2002

*Описані розроблені програми Management v.1.0 та AliNA застосовуються при аналізі багатоконтурних систем управління. За допомогою цих програм здійсню-*