

**СТВОРЕННЯ ЗАСОБІВ КОНКАТЕНАТИВНОГО  
СЕГМЕНТИВНОГО СИНТЕЗУ  
СЛІВ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ**

**Шатковський Микола Миколайович**

Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України

Київ – 2010

# Актуальність

Засоби аналізу та синтезу мовленнєвих сигналів та мовного апарату людини розробляються ще з середини 20 ст. в багатьох визначних наукових організаціях світу, в таких, наприклад, як:

- лабораторія комп'ютерних наук та штучного інтелекту Масачусетського технологічного інституту,
- лабораторія комунікацій та обробки сигналів Кембріджського університету,
- лабораторія систем та обробки сигналів Політехнічного факультету університету Монса,
- інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України,
- міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем,
- факультет кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка,
- державний університет інформатики і штучного інтелекту.

Визначальними для проблем аналізу та синтезу мовлення є роботи відомих вчених: Дж. Фланагана, А. Белла, Г. Фанта, Л. Рабінера, Д. Маркела, С. Саїто, Ф. Ітакури, Р. Шафера, Т. Дютуа, Т.К. Вінцюка, М.М. Сажка, В.М. Сорокіна, В.Ю. Шелепова, Ю.В. Крака, О.М. Карпова.

## Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є створення засобів озвучення текстової інформації на основі конкатенативного сегментивного синтезу українського мовлення. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз природного українського мовлення з метою добування ознак природності звучання та їх класифікацію;

- на основі проведеного аналізу природного українського мовлення розробити моделі попередньої обробки і подання текстової та синтезу мовленнєвої інформації українською мовою;

- створити цільовий набір об'єктів комп'ютерного синтезу української мови – базу даних слів української мови;

- створити базові набори елементів комп'ютерного синтезу українського мовлення – бази даних текстових та звукових сегментів української мови;

- розробити алгоритми сегментації вхідної текстової інформації та конкатенації вихідного мовленнєвого сигналу;

- розробити програмні елементи експериментальної інформаційної технології комп'ютерного аналізу та синтезу українського мовлення;

- здійснити перевірку створених засобів аналізу та синтезу українського мовлення на обмеженій базі слів української мови.

## Наукова новизна одержаних результатів

Для розв'язання задачі комп'ютерного конкатенативного сегментивного синтезу українського мовлення розроблено комплекс моделей, методів та алгоритмів, при цьому вперше були одержані такі науково-обґрунтовані результати:

- розроблено об'єктно елементну модель конкатенативного сегментивного синтезу українського мовлення, що дало можливість об'єктам комп'ютерного синтезу українського мовлення поставити у відповідність набори елементів синтезу з урахуванням ознак натуральності та розбірливості звучання створених штучних об'єктів синтезу;

- створено засоби комп'ютерного відтворення слів українського мовлення на основі конкатенативного сегментивного синтезу з урахуванням коартикуляційних властивостей природного українського мовлення.

Удосконалено:

- підхід до побудови мінімального корпусу слів для створення бази даних сегментів конкатенативного сегментивного синтезу українського мовлення, що дозволяє створити мінімальну вибірку слів української мови, яка міститиме всі елементи синтезу, тим самим, повністю покриваючи слова українського мовлення;

- підхід до вибору ознак природності звучання українського мовлення, який дозволяє врахувати ознаки позиційності, наголошеності та мультифонемності звучання мовленнєвих сегментів при вирішенні задачі комп'ютерного конкатенативного сегментивного синтезу слів українського мовлення.

**Основні результати** за тематикою досліджень опубліковані в 20 публікаціях.

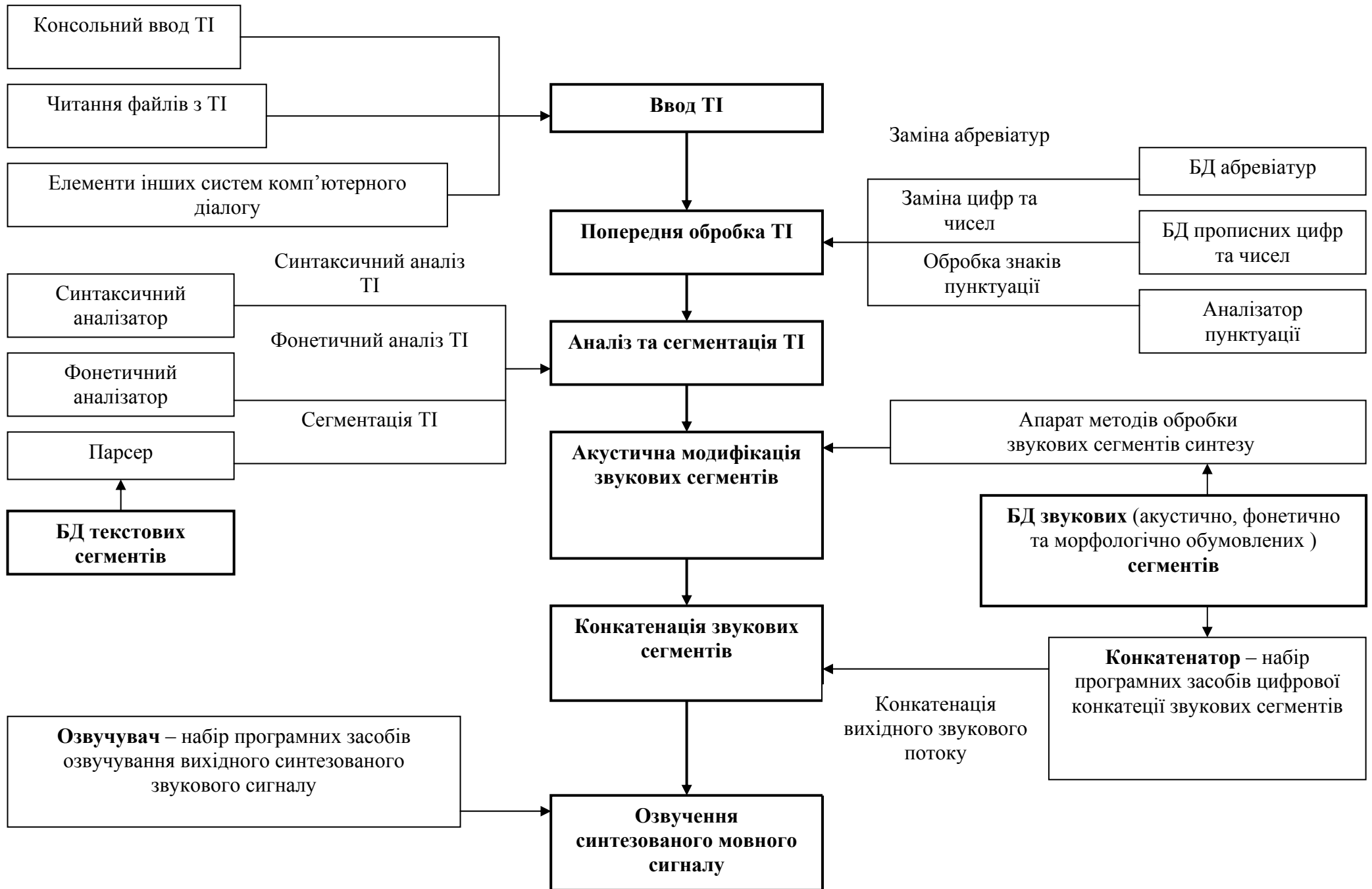
# Конкатенативний синтез

В системах конкатенативного синтезу мовлення синтез здійснюється засобами конкатенації звукових елементів синтезу. Створення звукових елементів синтезу відбувається шляхом звукозапису, сегментації та попередньої обробки корпусу слів. Підхід до вибору елементів синтезу та створення моделі подання мовленнєвої інформації для синтезу є ключовою задачею задачі конкатенативного синтезу мовлення.

Конкатенативні системи комп'ютерного синтезу можуть використовувати різні фонетично обумовлені одиниці синтезу. Також, можлива обробка мовленнєвих сигналів для нормалізації частоти основного тону, енергії та тривалості звучання елементів синтезу з метою наближення ознак звучання синтезованого мовлення до природного.

Важливою проблемою конкатенативного синтезу є розробка підходу до згладжування розривів в спектральній структурі елементів синтезу на границях конкатенації. Для акустичної та просодичної модифікації синтезованого мовлення можуть використовуватись алгоритми обробки сигналів. Серед найбільш розповсюджених слід зазначити LP (Linear Prediction – основане на акустичній теорії мовотворення) та PSOLA (Pitch Synchronous Overlap and Add – модифікація частоти основного тону мовленнєвих сигналів).

# Загальна структура конкатенативного синтезатора



## Підходи до вибору елементів синтезу

Існує кілька стандартних підходів до вибору концепції формування мінімальних елементів синтезу – вибір фонів, фонем, алофонів, дифонів, напівскладів, складів і трифон-фонем тощо.

**Фони** – акустичні відповідності лінгвістичних фонем.

**Алофони** – акустично та перцептивно контекстно залежні реалізації фонем.

**Дифони** – мовні фонетичні одиниці, що починаються із середини стаціонарної (неспотвореної) частини початкового вокалізованого звуку, містять перехідну (коартикуляційну) частину з даного звуку на наступний і закінчуються серединою стаціонарної частини наступного (теж вокалізованого) звуку. Оскільки, у природній мові не всі звуки є вокалізованими, то часто використовується гібридний **дифонно-складовий конкатенативний синтез**, де частина елементів є дифонами, а частина складами.

## Особливості систем конкатенативного синтезу

1. Зручність отримання інформації для озвучення.
2. Зручність концепції конкатенативного синтезу.
3. Можливість математичної обробки конкатенованих мовленнєвих сигналів.
4. Високий рівень природності звучання синтезованого мовлення.
5. Висока швидкість роботи систем конкатенативного синтезу (в режимі реального часу).
6. Зручність обробки та доступність елементів синтезу.
7. Можливість подальшого підвищення природності звучання при збільшенні розмірності елементної бази синтезу.



## Характеристики природності звучання українського мовлення

№	Характеристика звучання	Приклади в українській мові
1.	Позиційна обумовленість фонем у слові:	
	– на початку слова,	[від]пустка, [над]силати, [пере]дплата, [під]пис
	– в середині слова,	без[мі]р[ни]й
	– в кінці слова.	йде[ться]
2.	Вплив приголосних на наступні голосні.	[дзе]ркало, дз[ві]н, [бу]ти, [зу]д, [ху]тро
3.	Відмінність звучання наголошених та ненаголошених голосних та складів	[ла][ва_]н[да], [пи_]л[ни]к, [є_]мність
4.	Твердість та м'якість звучання приголосних	ми[ть], кі[нь], кін[сь]кий
5.	Збіги приголосних при вимові	розвиває[ться], абітуріє_н[тський]
6.	Роздільність приголосних з голосними.	Бе[з'є], ро[з'є]днує
7.	Подвоєння/подовження приголосних	взу[ття], збі[жжя]

# Ознаки природності звучання українського мовлення для проблеми комп'ютерного конкатенативного синтезу мовлення

Дослідження голосових мовних сигналів показали, що однакові фонemi в різних контекстних – морфологічних та коартикуляційних умовах мають різні фонетичні характеристики – різняться за амплітудою, частотою основного тону, кількістю періодів основного тону, іншими характеристиками.

$G_1$  – ознака впливу приголосних звуків на голосні.

$G_2$  – ознака твердості чи м'якості приголосних.

$G_3$  – ознака роздільності звучання приголосних та голосних звуків.

$G_4$  – ознака подвоєння і подовження приголосних.

$G_5$  – ознака збігів та спрощення приголосних при вимові. Найчастіше спрощення відбуваються в суфіксах слів при збігові декількох приголосних.

$G_6$  – ознака відмінності звучання наголошених та ненаголошених голосних.

$G_p$  – ознака позиційності сегменту.

# Модель взаємозв'язків ознак природності звучання українського мовлення

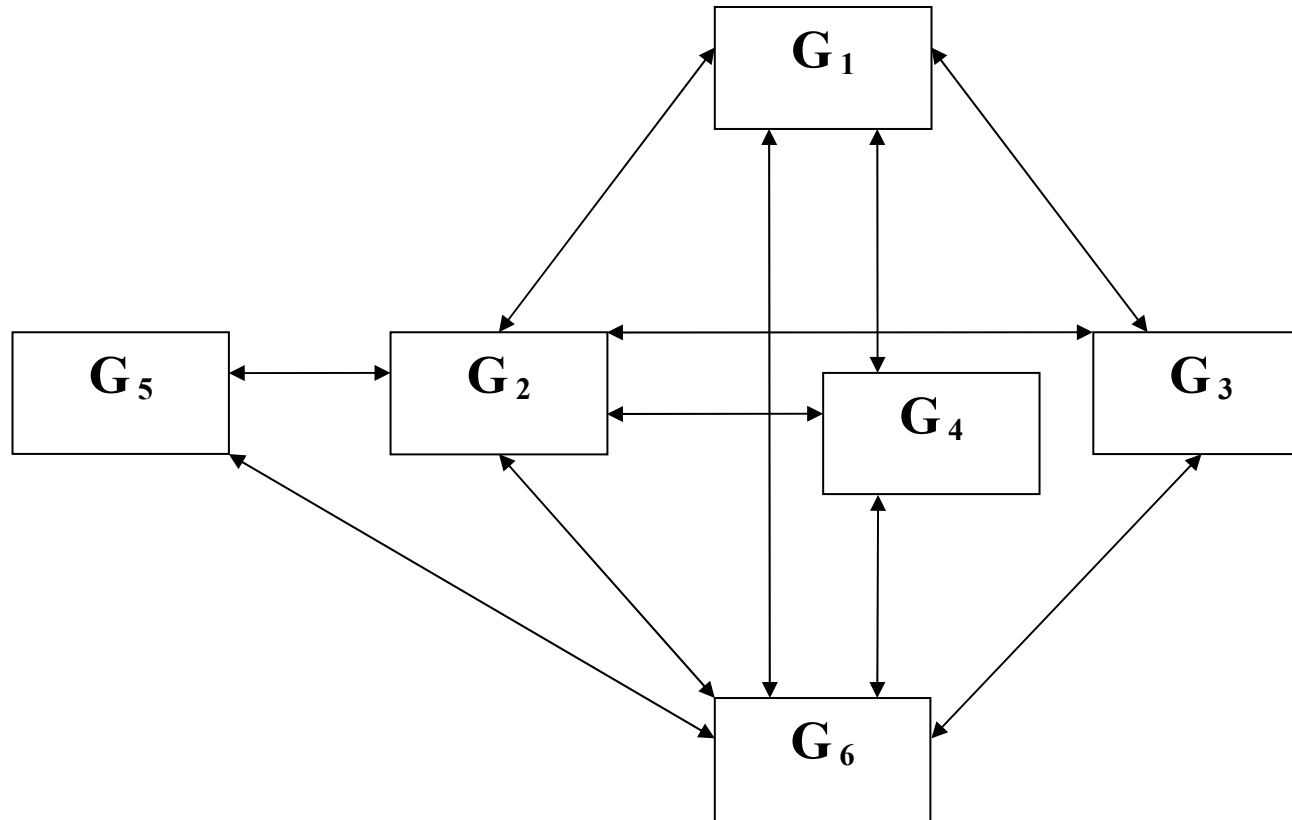


Рисунок: Схема взаємовпливів ознак природності звучання українського мовлення

# Взаємовпливи ознак природності звучання українського мовлення

Ознаки	Опис процесу взаємовпливу ознак	Приклади в укр. мові
$G_1 \leftrightarrow G_2$	На рекурсію приголосних накладається екскурсія голосних, в тому числі пом'якшуючи приголосні.	при_голос[ни]й, при_голос[ні]
$G_1 \leftrightarrow G_3$	При вживанні апострофу приголосні не пом'якшуються наступною голосною.	по[м'я_]кшення
$G_1 \leftrightarrow G_4$	Коартикуляція наголошених голосних змінює просодичні та акустичні властивості приголосних інакше ніж ненаголошених голосних – збільшується амплітуда та кількість періодів основного тону приголосних (у випадку вокалізованих приголосних)	коартику[ля_]ція, ба_в[ля]ть, і[на_]кше, ікеба_[на]ми
$G_1 \leftrightarrow G_6$	Екскурсія наголошених голосних накладається на рекурсію приголосних інакше ніж ненаголошених голосних, тим самим, змінюючи просодичні та акустичні властивості коартикулюючих звуків – збільшується амплітуда та кількість періодів основного тону приголосних (у випадку вокалізованих приголосних)	озн[а_]ка, оз[на]ча_ти
$G_2 \leftrightarrow G_3$	Аналогічно до випадку $G_1 \leftrightarrow G_3$ .	ві[д'є]дна_ння
$G_2 \leftrightarrow G_4$	Подвоєні приголосні пом'якшуються наступними голосними.	беззако[нни]й,

		подвоє[ння]
$G_2 \leftrightarrow G_5$	У випадках спрощення чи заміни фонем при вимові, часто відбувається пом'якшення набутих приголосних.	битиме[тьс]я
$G_2 \leftrightarrow G_6$	Аналогічно до $G_1 \leftrightarrow G_6$	[ці_]нний, [ці]на_
$G_3 \leftrightarrow G_6$	Аналогічно до $G_1 \leftrightarrow G_6$ , але з урахуванням коартикуляційних властивостей вживання апострофу.	во[з'є_]днувати, во[з'є]дна_ння
$G_4 \leftrightarrow G_6$	Аналогічно до $G_1 \leftrightarrow G_6$ , але з урахуванням коартикуляційних властивостей подвоєння приголосних.	жи[ття_], бага_[ття]
$G_5 \leftrightarrow G_6$	У наголошених та ненаголошених випадках при спрощенні (чи заміні) приголосної в групі приголосних відбуватимуться різні коартикуляційні явища.	[бджо_]ли, [бджо]ли_ний

Ознаки  $G_1$   $G_2$   $G_3$   $G_4$  та  $G_5$  визначають властивості та взаємозв'язки звучання фонем (чи їх послідовностей) українського мовлення. Таким чином ці ознаки формують властивості мультифонемності звучання українського мовлення.

Тоді, схему можна зобразити у вигляді:

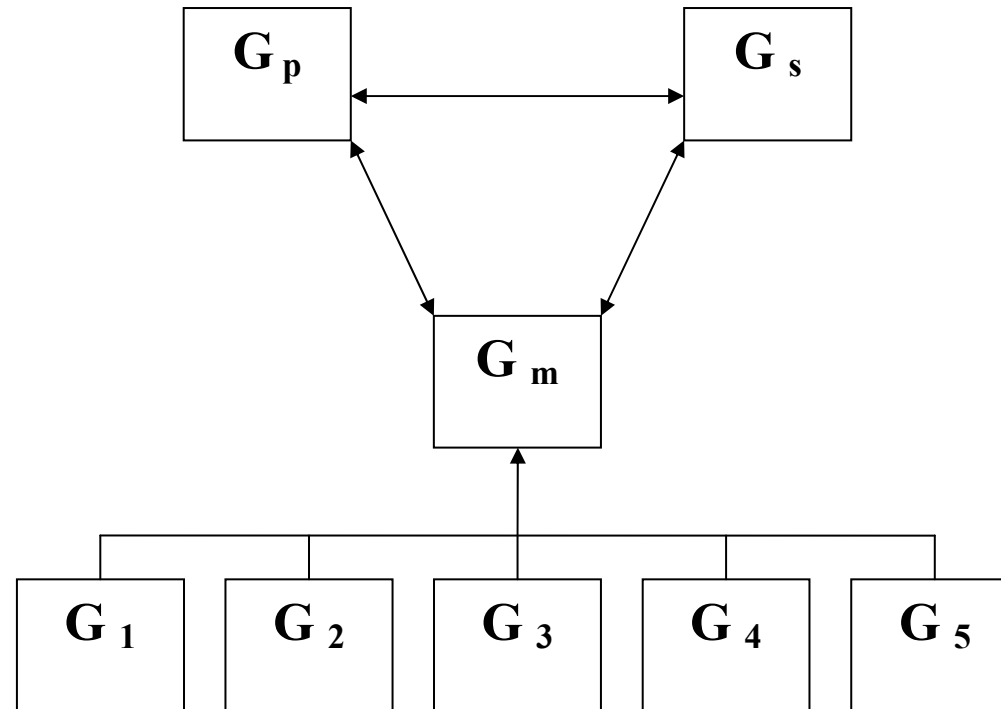


Рисунок: Схема ознак природності звучання українського мовлення для конкатенативного сегментивного синтезу

де  $G_s$  – ознака наголошеності голосного;  $G_m$  – сукупність властивостей ознак  $G_1 – G_5$ .

# Взаємозв'язок властивостей звучання мовленнєвих сегментів

№	Сегмент	Позиційність	Наголошеність	Мультифонемність
1	#се	початковий	ненаголошений	складовий
2	г	внутрішній	ненаголошений	фонемний
3	ме_нт^	кінцевий	наголошений	мультифонемний
4	#по	початковий	ненаголошений	складовий
5	зи	внутрішній	ненаголошений	складовий
6	ці_	внутрішній	наголошений	складовий
7	й	внутрішній	ненаголошений	фонемний
8	ність^	кінцевий	ненаголошений	мультифонемний
9	#на	початковий	ненаголошений	складовий
10	го	внутрішній	ненаголошений	складовий
11	ло_	внутрішній	наголошений	складовий
12	ше	внутрішній	ненаголошений	складовий
13	ний^	кінцевий	ненаголошений	мультифонемний
14	#мульти	початковий	ненаголошений	мультифонемний
15	фо	внутрішній	ненаголошений	складовий
16	не_	внутрішній	наголошений	складовий
17	м	внутрішній	ненаголошений	фонемний
18	но	внутрішній	ненаголошений	складовий
19	го^	кінцевий	ненаголошений	складовий

# Модель подання текстової інформації для конкатенативного сегментивного синтезу української мови

Пропонується модель подання текстової інформації, яка дозволяє здійснювати сегментацію та конкатенацію мінімальних елементів синтезу (це можуть бути як класичні елементи – фони, дифони, трифони тощо, так і запропоновані в моделі сегменти спеціальної структури).

$$w_i = p_j s f_k$$

де  $w_i \in W, \forall i \in N$  – слово із множини слів української мови  $W$ ,

$p_j \in P, \forall j \in N$  – деякий префіксний сегмент із множини префіксних сегментів  $P$ ,

$s = (i_m)$  – деякий набір внутрішніх сегментів  $i_m \in I, \forall m \in N$  із множини внутрішніх сегментів  $I$ ,

$f_k \in F, \forall k \in N$  – деякий суфіксний (кінцевий) сегмент із множини суфіксних сегментів  $F$ .

Важливо зауважити, що внутрішня частина  $s = (i_m)$  в конкретних словах може бути відсутня, наприклад в двоскладових словах  $w_i = p_j f_k$ , або, навпаки, розкладатися на декілька сегментів.



## **Класифікація сегментів згідно властивостей позиційності, наголошеності та мультифонемності**

При формуванні сегментів враховано їх наголошеність та розташування у слові – позиційну обумовленість. Позиційну обумовленість формують такі властивості як розташування сегментів в слові (на початку слова, в середині слова, в кінці слова); наголошеність голосних в сегментах; пом'якшеність приголосних в сегментах (перед м'яким знаком, перед йотованим голосним, під впливом наступного голосного, перед [i]); характерне звучання приголосного та голосного в складах апострофами; подвоєність приголосних в сегментах тощо.

Зв'язуючими елементами синтезу є внутрішні сегменти – позиційно обумовлені фонemi, склади та «складно-синтезовані» сегменти. Просодично характеризуючими, тобто такими, що підвищують природність звучання синтезованої мови, є початкові, кінцеві та складно-синтезовані сегменти – позиційно обумовлені морфологічні одиниці чи їх частини, фонemi, літери, певні сполучення фонем та склади.

# Початкові сегменти



Рисунок: Початкові сегменти

# Внутрішні сегменти

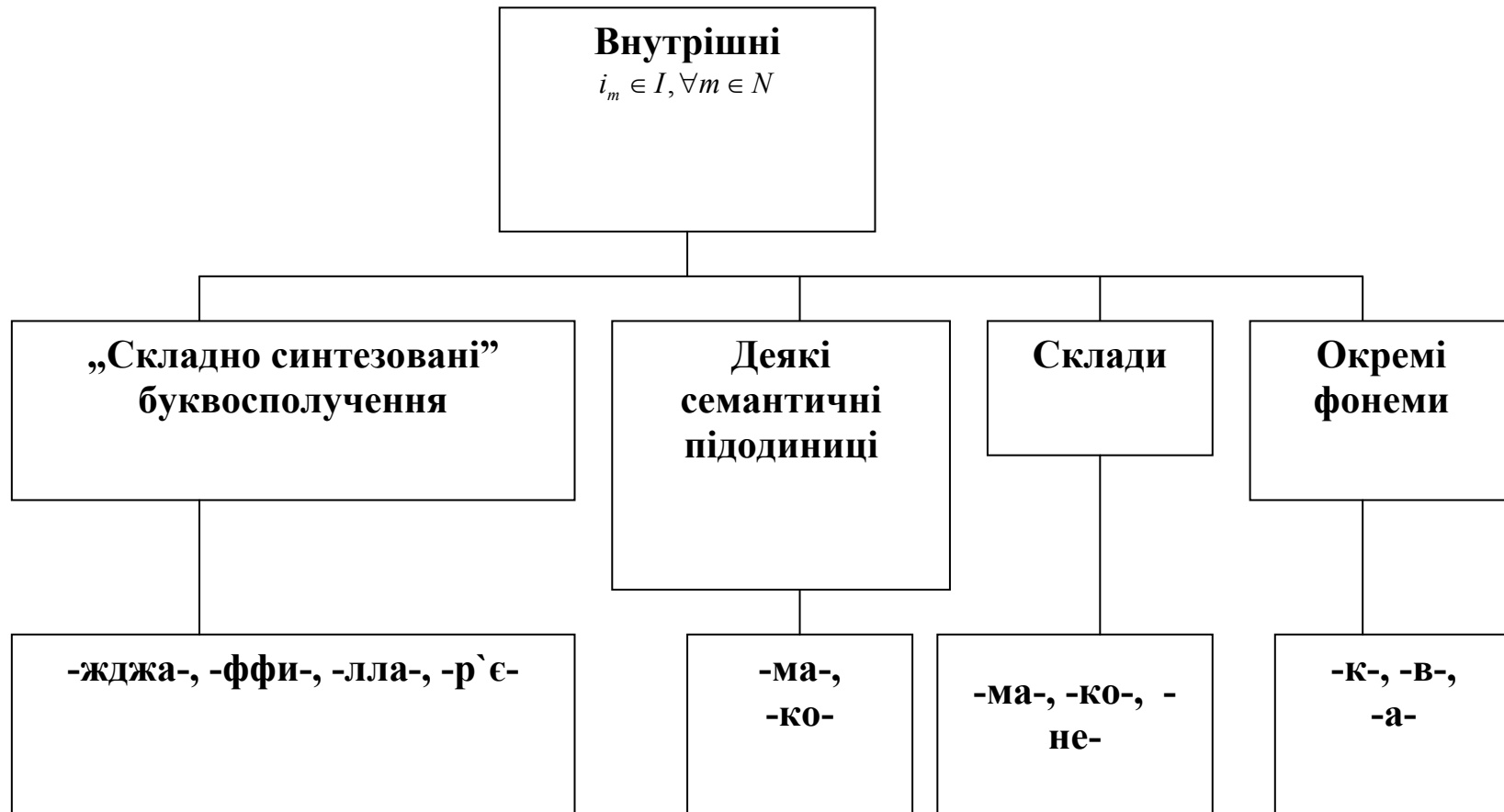


Рисунок: Внутрішні сегменти

# Кінцеві сегменти

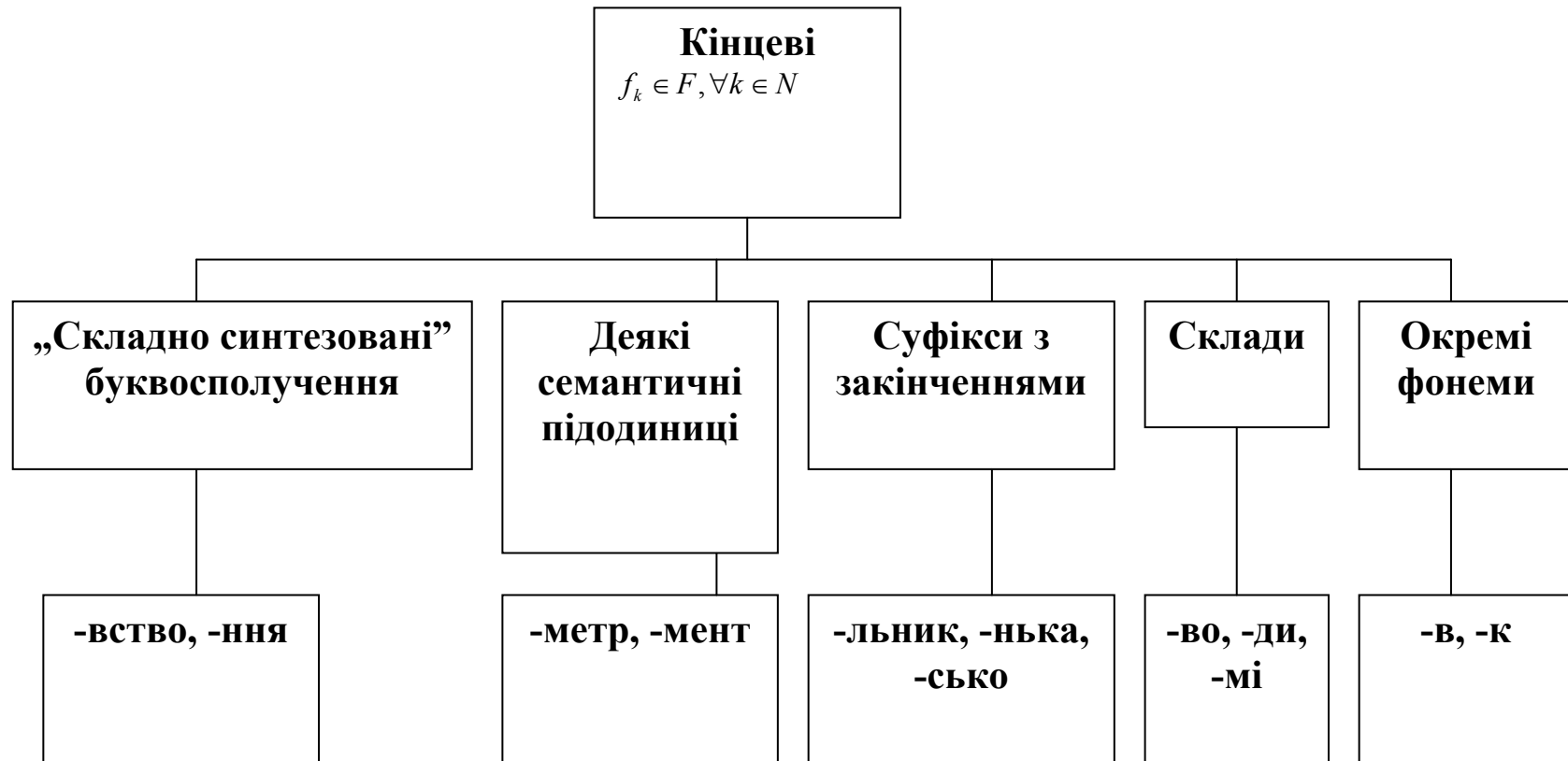
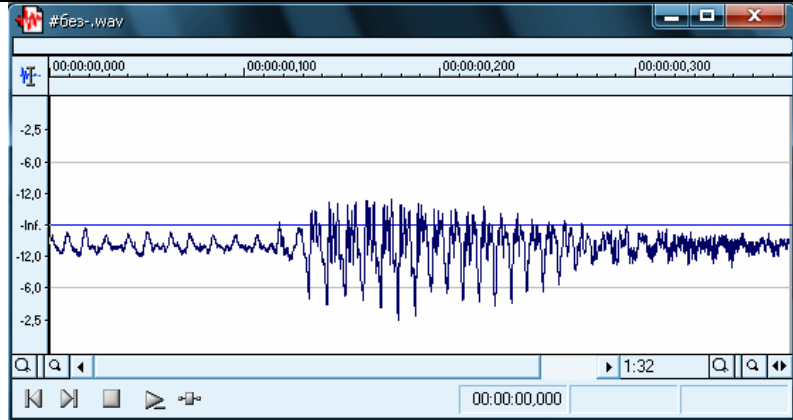
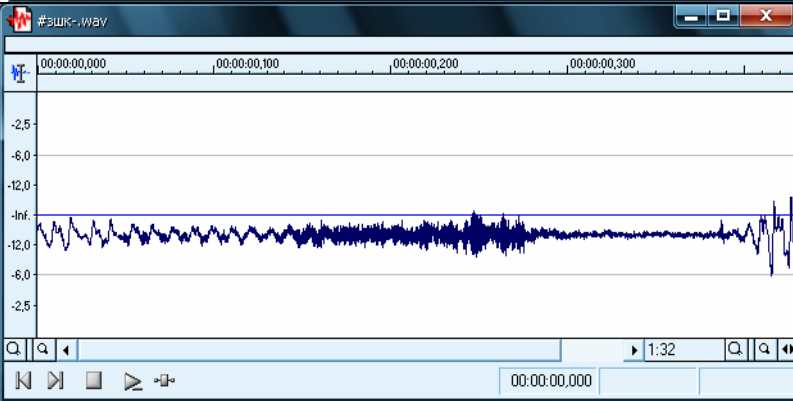
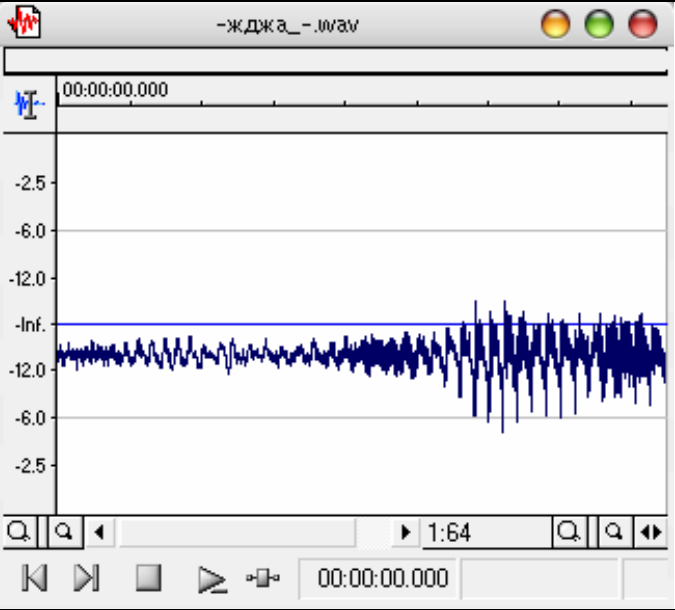
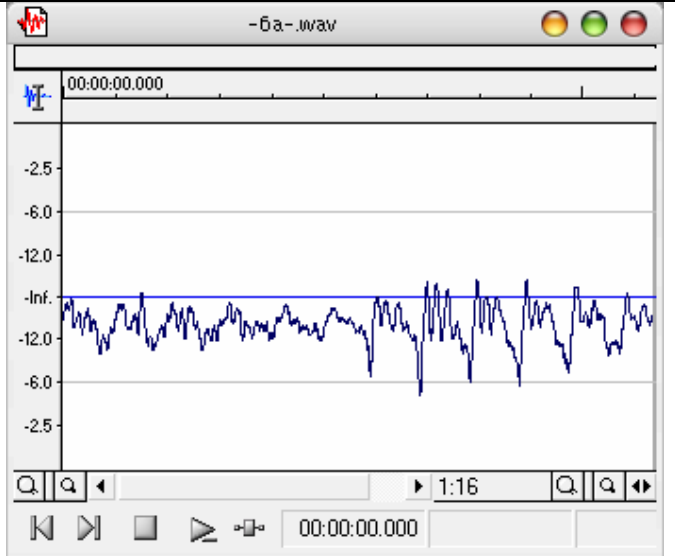
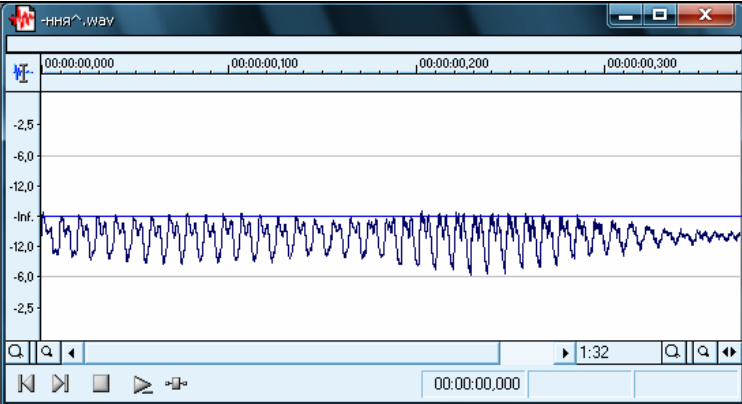
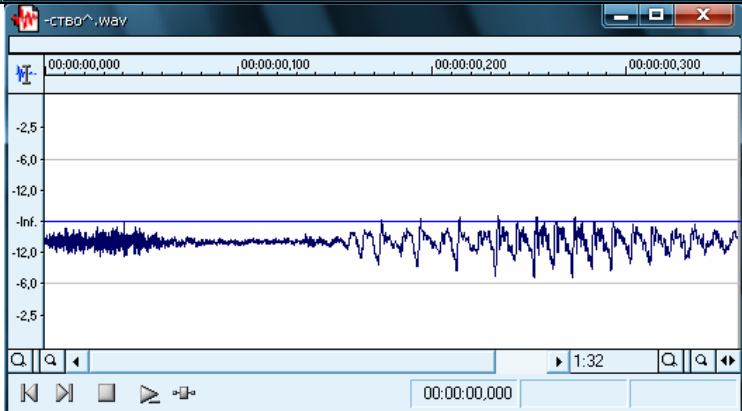


Рисунок: Кінцеві сегменти

# Приклади сегментів української мови

№	Тип та підтип сегменту	Текстове подання сегменту	Зображення голосового подання сегменту
1.	Початковий. Префікс. Ненаголошений.	#без	
2.	Початковий. Префікс з частиною кореня. Ненаголошений.	#зшк	

3	<p>Внутрішній. Складно- синтезований. Ненаголошений.</p>	жджа	
4	<p>Внутрішній. Склад. Ненаголошений.</p>	ба	

5	Кінцевий. Подвоєння приголосних. Ненаголошений.	ння^	
6	Кінцевий. Складно- синтезований. Ненаголошений.	ство^	

Для покриття всієї множини слів української мови побудовано повну базу текстових орфографічних сегментів.

# Об'єктно-елементна модель конкатенативного сегментивного синтезу

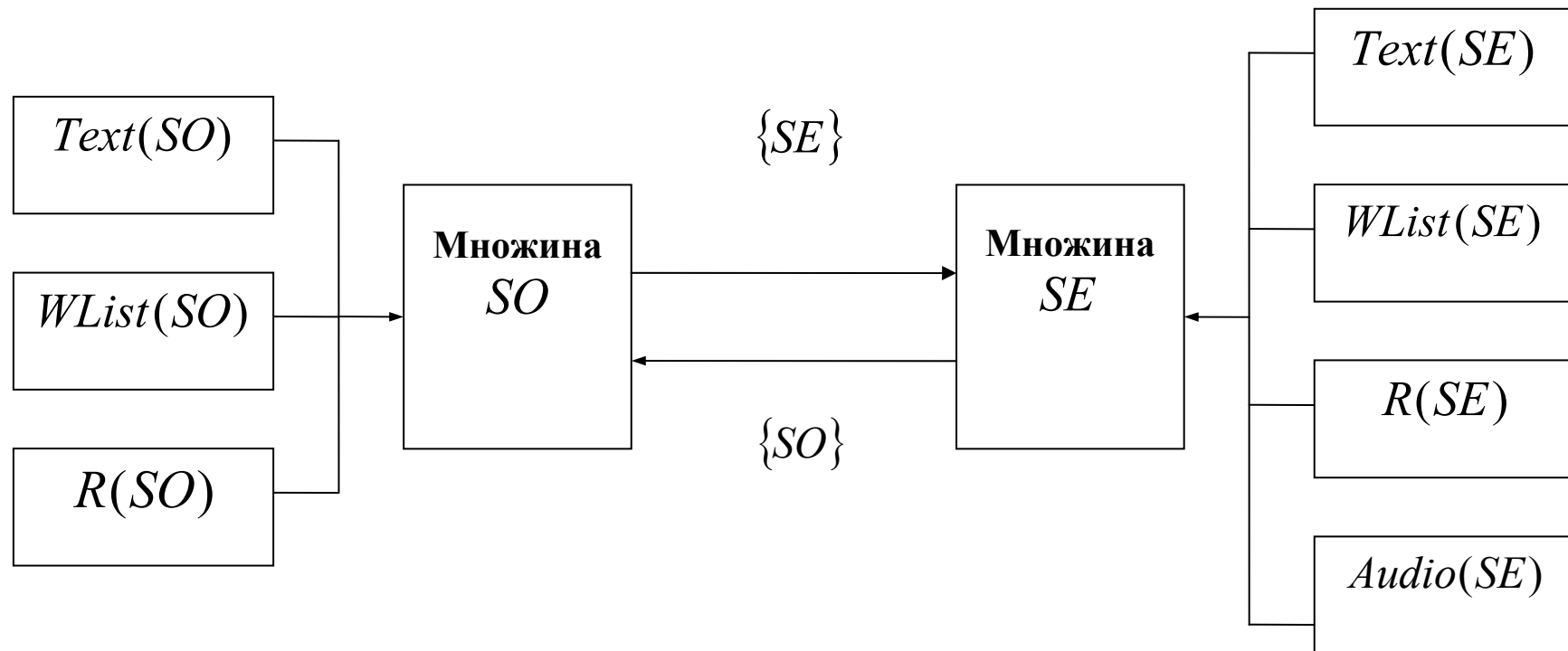


Рисунок: Об'єктно-елементна модель конкатенативного сегментивного синтезу

Об'єктно-елементна модель направлена на створення об'єктів синтезу та на розробку, на їх основі, мінімального корпусу слів для створення звукових сегментів.



# Приклад об'єкту синтезу та його елементів

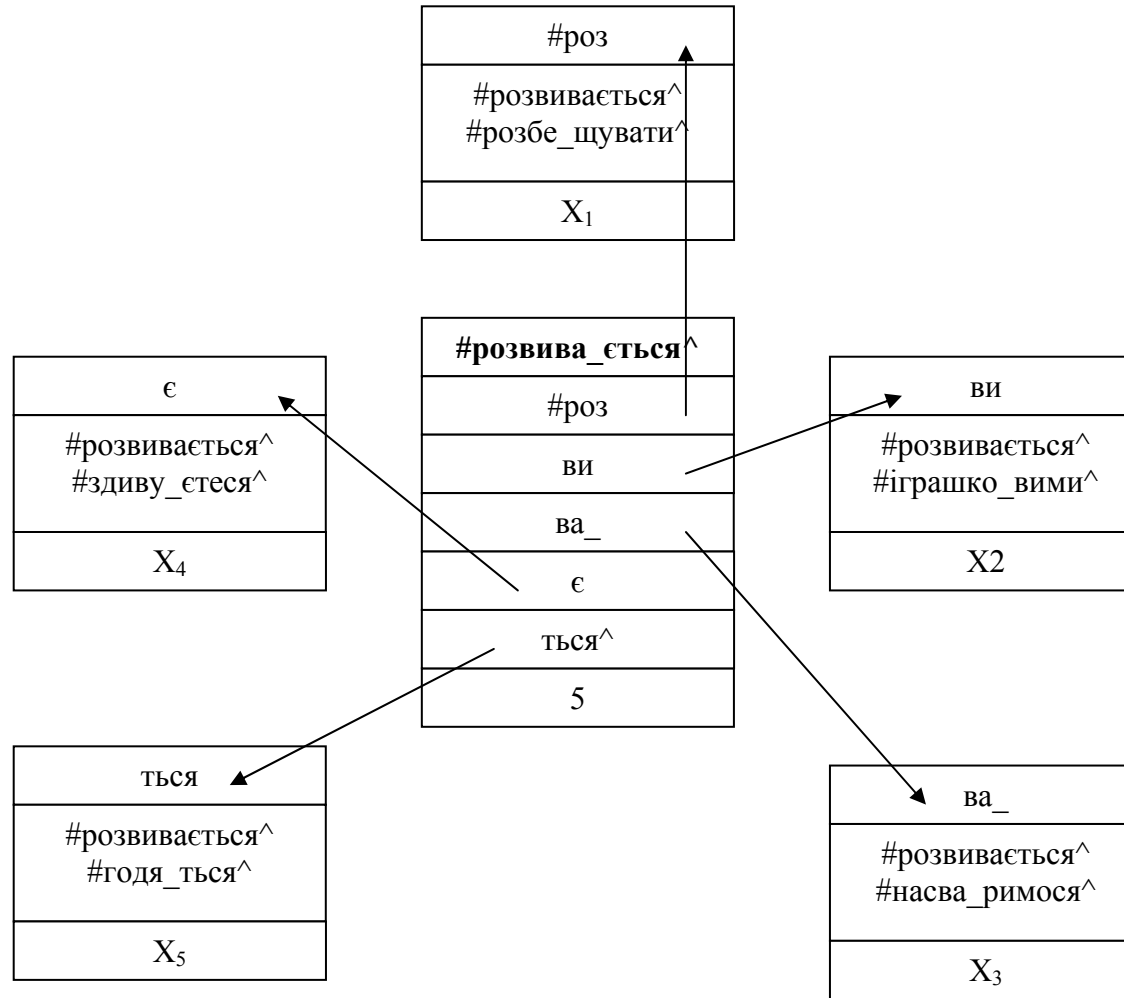


Рисунок: Об'єкт синтезу [#розвива\_ється^] та елементи синтезу, які його формують

де X<sub>1</sub>, ..., X<sub>5</sub> – кількість слів в яких містяться відповідні сегменти

## Структура об'єктів синтезу об'єктно-елементної моделі конкатенативного сегментивного синтезу

№	Слово	Початкові сегменти	Внутрішні сегменти	Кінцеві сегменти	Рейтинг $R(SO)$
1.	#розро_блення^	#роз	ро_, б, ле	ка^	5
2.	#за_собів^	#за_	со, бі	в^	4
3.	#комп'ю_терного^	#ко	м, п'ю_, те, р, но	го^	7
4.	#конкатенати_вного^	#ко	н, ка, те, на, ти_, в, но	го^	9
5.	#сегменти_вного^	#се	г, ме, н, ти_, в, но	го^	8
6.	#си_нтезу^	#си_	н, те	зу^	4
7.	#га^	односегментний об'єкт синтезу			1
8.	#розпізнава_ння^	#роз	пі, з, на, ва_	ння^	6
9.	#украї_нського^	#у	к, ра, ї_, нсь, ко	го^	7
10	#мо_влення^	#мо_	в, ле	ння^	4

Наводиться лише декілька прикладів, які демонструють функціонування об'єктно-елементної моделі. Загалом, множина всіх елементів синтезу (сегментів) покриває всю множину слів української мови, що робить можливим голосовий синтез довільних слів української мови.

# Модель побудови текстового корпусу слів для створення бази текстових елементів синтезу для задачі сегментивного синтезу

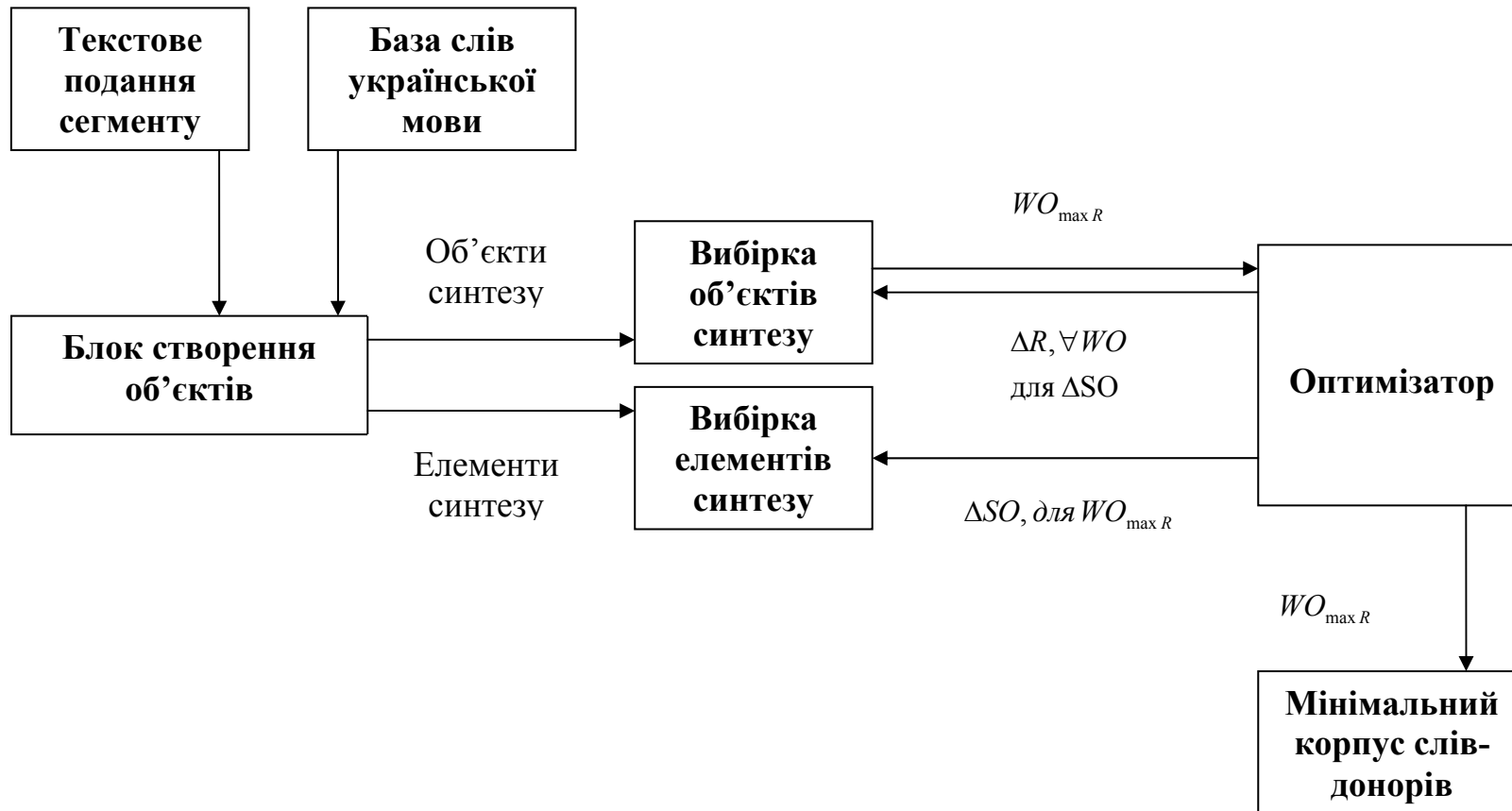


Рисунок: Схема роботи моделі побудови вибірки слів для створення бази текстових елементів синтезу

# Алгоритми сегментації та конкатенації текстової та звукової інформації для задачі конкатенативного сегментивного синтезу української мови

Алгоритм сегментації текстової інформації для задачі конкатенативного сегментивного синтезу української мови	Алгоритм конкатенації текстової інформації для задачі конкатенативного сегментивного синтезу української мови
<p><i>Алгоритм:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вибираємо <math>i</math>-те (на <math>l</math>-му кроці <math>i = 1</math>) слово з вхідної послідовності слів.</li> <li>2. Вибираємо <math>j</math>-тий сегмент (на <math>l</math>-му кроці <math>j = 1</math> і <math>j</math>-тий сегмент найдовший, бо множина сегментів упорядкована за довжиною, тобто кількістю символів) з множини префіксних сегментів.</li> <li>3. Якщо <math>i</math>-те слово починається з <math>j</math>-го сегменту, то:</li> <li>4. Даний <math>j</math>-тий сегмент вибираємо як елемент для подальшої конкатенації (в множину елементів синтезу поточного <math>i</math>-го слова).</li> <li>5. Видаляємо цей сегмент з поточного слова.</li> <li>6. Вибираємо <math>k</math>-тий сегмент (на <math>l</math>-му кроці <math>k = 1</math> і <math>k</math>-тий сегмент найдовший, бо множина сегментів упорядкована за довжиною, тобто кількістю символів) з множини суфіксних сегментів.</li> <li>7. Якщо слово закінчується <math>k</math>-тим сегментом, то</li> <li>8. Даний <math>k</math>-тий сегмент вибирається як останній елемент синтезу для послідовності конкатенації.</li> <li>9. Видаляємо цей елемент зі слова.</li> <li>10. Якщо довжина <math>i</math>-го слова більша нуля, то</li> <li>11. Вибираємо <math>l</math>-тий сегмент (на <math>l</math>-му кроці <math>l = 1</math> і <math>l</math>-тий елемент найдовший, бо множина сегментів упорядкована за довжиною, тобто кількістю символів) з множини внутрішніх сегментів.</li> <li>12. Якщо слово починається з <math>l</math>-го сегменту, то:</li> <li>13. Даний <math>l</math>-тий сегмент вибираємо як елемент для подальшої конкатенації (в множину елементів синтезу поточного <math>i</math>-го слова)</li> <li>14. Видаляємо цей сегмент з поточного слова.</li> <li>15. Якщо довжина поточного слова більша нуля, то повертаємось в п.11, інакше:</li> <li>16. Послідовність елементів синтезу поточного слова (тобто, поточного об'єкту синтезу) вибираємо як елемент для подальшої конкатенації в вихідну послідовність об'єктів синтезу</li> <li>17. Якщо вхідна послідовність слів не порожня (довжина вхідної послідовності більша нуля), то повертаємось в п.1, інакше:</li> <li>18. Кінець алгоритму сегментації. На виході алгоритму отримано послідовність сегментованих об'єктів синтезу.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Створюємо «пустий» вихідний потік звукових даних.</li> <li>2. Вибираємо <math>i</math>-тий (на <math>l</math>-му кроці <math>i = 1</math>) сегментований об'єкт синтезу (слово).</li> <li>3. В <math>i</math>-му слові вибираємо <math>j</math>-тий (на <math>l</math>-му кроці <math>j = 1</math>) текстовий сегмент.</li> <li>4. Зіставляємо <math>j</math>-му текстовому сегменту відповідний звуковий сегмент.</li> <li>5. Конкатенуємо звуковий сегмент у вихідний потік звукових даних.</li> <li>6. Якщо <math>j</math> менше довжини сегментованого об'єкту синтезу, переходимо в п.3, інакше:</li> <li>7. Якщо <math>i</math> менше довжини послідовності об'єктів синтезу, то переходимо в п.2., інакше:</li> <li>8. Зберігаємо вихідний потік звукових даних, тим самим, отримуємо синтезований сигнал.</li> </ol>

# Засоби аналізу мовної інформації для задачі конкатенативного сегментивного синтезу української мови

Розроблена система дослідження кількості входжень всіх фонем в базу слів української мови, з врахуванням наступної фонемі та наголошеності.

Система призначена для дослідження входжень в заданий файл всіх фонем з урахуванням наступної фонемі та наголошеності. Програма дозволяє відкривати файли формату \*.txt та \*.html, що спрощує доступ до інформації, що досліджується.

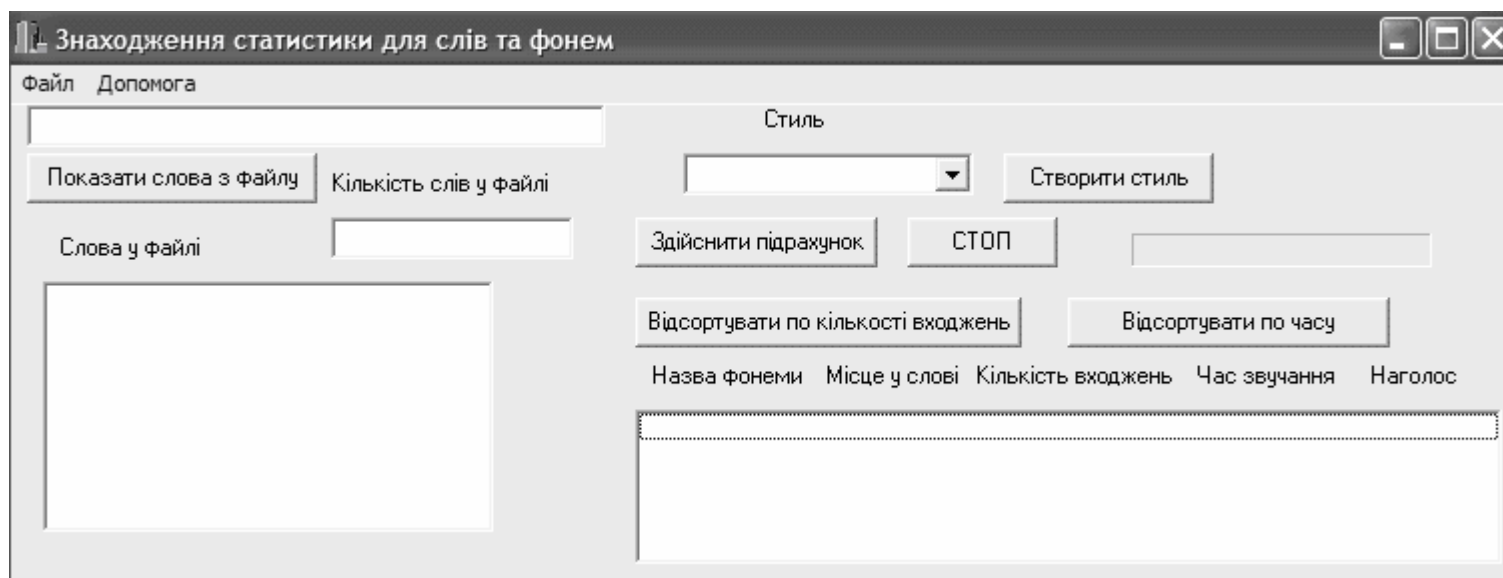


Рис. 9. Зовнішній вигляд системи дослідження кількості входжень всіх фонем української мови

# **Аналіз кількості фонетично та морфологічно обумовлених складових мовлення в базі слів української мови**

Розроблено такі засоби аналізу кількості фонетично та морфологічно обумовлених складових мовлення в базі слів української мови:

- кількості відкритих наголошених та ненаголошених складів;
- кількості наголошених та ненаголошених три-, чотири-, п'ятибуквенних сегментів;
- кількості наголошених та ненаголошених сегментів з подвоєнням приголосних;
- кількості наголошених та ненаголошених м'яких та пом'якшених сегментів;
- кількості наголошених та ненаголошених сегментів з апострофами;
- кількості слів з різними складносинтезованими сегментами, наприклад, [тьс], [дз], [дж], [бдж], [ждж], [ськ] тощо.

# **Бази даних слів, текстових та мовленнєвих об'єктів та елементів конкатенативного сегментивного синтезу українського мовлення**

Розроблено такі БД лів, текстових та мовленнєвих об'єктів та елементів конкатенативного сегментивного синтезу українського мовлення, як:

- БД слів та словоформ української мови;
- БД текстових сегментів;
- БД об'єктів синтезу;
- БД текстових елементів синтезу;
- обмежена демонстраційна БД звукових елементів синтезу.

## Висновки

1. Розроблено модель взаємозв'язку ознак природності звучання українського мовлення – позиційності, наголошеності та мультифонемності, яка дозволяє врахувати коартикуляційні та просодичні ознаки звучання українського мовлення та їх взаємовпливи з метою підвищення натуральності та розбірливості комп'ютерно синтезованих слів українського мовлення.

2. Розроблено модель подання інформації для задачі конкатенативного сегментивного синтезу українського мовлення.

3. Розроблено об'єктно-елементну модель подання інформації для конкатенативного сегментивного синтезу українського мовлення.

3. Розроблено модель побудови мінімального корпусу слів для створення бази даних сегментів конкатенативного сегментивного синтезу українського мовлення.

4. Створено та програмно реалізовано алгоритми для розв'язування комплексу науково-практичних задач з комп'ютерного аналізу природної української мови та комп'ютерного синтезу штучного українського мовлення.

5. Побудовано базу даних слів української мови.

6. Побудовано базу даних текстових сегментів.

7. Побудовано обмежену базу даних звукових сегментів.

8. Проведений експеримент з голосового озвучення заданої текстової інформації на основі розроблених засобів продемонстрував високу природність звучання синтезованого мовлення.