

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮКА

На правах рукопису

ШАДРІНА

Галина Михайлівна

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ
ЗВУКОВОГО СИГНАЛУ ПРИ СИНТЕЗІ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ
ДЛЯ РЕАБІЛІТАЦІЇ ВТРАЧЕНОЇ ФУНКЦІЇ МОВЛЕННЯ

Спеціальність 05.13.02. Математичне моделювання
в наукових дослідженнях

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Тернопіль-1996

001:57

Дисертацією є рукопис

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00743835 (U)

Роботу виконано в Тернопільському інституті ім. Івана Пулюя.

Науковий керівник - кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Яворський Богдан Іванович

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор Мандзій Богдан Андрійович; кандидат фізико-математичних наук, доцент Кривень Василь Андрійович.

Провідна організація - Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України, м. Львів

Захист дисертації відбудеться "10" січня 1997р. о 12 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради К12.02.02 при Тернопільському приладобудівному інституті ім. Івана Пулюя, 282001, Тернопіль, вул. Руська, 56.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Тернопільського приладобудівного інституту ім. Івана Пулюя.

Автореферат розіслано "10" грудня 1996р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради К.Т.Н.

Петрик М.Р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. У будь-якому цивілізованому суспільстві важливою проблемою є дослідження та розробка засобів та методів реабілітації втрачених функцій організму людини, його систем, органів. Втрата внаслідок хвороби чи нещасного випадку таких функцій організму як слух та мовлення є частковим випадком проблеми, коли виникає необхідність у створенні відповідних засобів реабілітації.

Якщо прийняти (згідно оцінок академіка М.А.Преображенського), що загальне число людей глухих і з поганим слухом у світі перевищує 5%, то вважаючи, що населення Землі вже досягло 5 мільярдів чоловік, кількість людей різного віку з дефектами слуху складе 250 мільйонів.

З точки зору техніки, функції слуху та мовлення відносяться до властивостей людини відбирати, передавати, зберігати та перетворювати інформацію, що уможливує розгляд людини як складної системи. Однією з ознак складності такої системи є наявність різноманітних паралельних каналів сприймання світу.

Аудіоканал (акустичний, слуховий канал) є одним з найважливіших каналів сприймання людиною оточуючого середовища. Він забезпечує зворотній зв'язок, наявність якого дозволяє людині правильно і розбірливо говорити. При пошкодженні акустичного каналу виникає проблема його заміни одним з наявних паралельних каналів.

На практиці при реабілітації втраченої функції мовлення використовують впливи на слуховий (якщо є залишки слуху), тактильний та зоровий канали сприймання. Проте існуючі технічні засоби реабілітації не дають можливості тому, хто тренується, судити про якість відтвореної ним мови.

З розвитком засобів цифрової обчислювальної техніки було досягнуто особливих успіхів при вивченні мовного апарату людини. В Україні сформувалися наукові школи під керівництвом Т.К.Вінника (Інститут кібернетики АН України), М.П. Держака (Львівський університет), М.Ф.Бондаренка (Харківський інститут радіоелектроніки), О.М.Карпова (Дніпропетровський університет), Т.О.Бровченко (Одеський університет), які займаються даною проблемою. Їх розробки стосуються

Дніпропетровський
Львівський
Одеський
університет)
які
університет)
Стефанька
АН України

автоматичного розпізнавання та синтезу мови.

У світі цієї проблемою займаються такі фірми як Dragon Systems, IBM, Covox, Creative Technology, Multi Verbex та ін.

Відомі програмно-апаратні засоби навчання мові, системи розпізнавання, призначені для мовного вводу інформації у комп'ютер, мовні кишенькові синтезатори-словники. Але ці системи дають мало користі для розв'язання проблеми реабілітації функції мовлення при втраченій функції слуху. До того ж іншомовні системи не підходять у випадку конкретної мови.

Одним з технічно можливих та перспективних шляхів розв'язання даної проблеми є заміна слухового каналу візуальним. При візуалізації звукового сигналу для розв'язування задачі реабілітації мовного апарату шляхом його тренування, виникає необхідність відповідного опису звукового сигналу. Це вимагає вибору та обґрунтування його моделі.

Відомі різні способи представлення сигналу (у часовій, і частотній областях, інші). Одним з можливих шляхів розв'язання проблеми пропонується використання спектральних характеристик, як інваріантних до часових зсувів, для опису звукового сигналу.

Робота з системою реабілітації складається з двох етапів: налагодження і тренування. Налаштування включає в себе фіксацію звуку пацієнта, проведення аналізу моделі, створення еталону. При тренуванні пацієнт намагається самостійно творити звук, використовувачи еталон.

Щоб впевнитися в коректності вибраної моделі і способу реабілітації, необхідно верифікувати модель. Верифікація моделі можна провести шляхом якісної оцінки стійкості системи, а саме, за часом латентного періоду реакції людини на візуальний стимул. Для цього можна скористатися власне структурним синтезом.

В дисертаційній роботі приведено результати теоретичних та експериментальних досліджень, які дозволяють розв'язати вказані актуальні проблеми.

Мета роботи - вибір і обґрунтування моделі звукового сигналу для структурного синтезу системи реабілітації втраченої функції мовлення. Для досягнення вказаної мети

необхідно було розв'язати наступні задачі:

- аналізу існуючих способів реабілітації функцій мовного апарату;
- вибору оптимального способу реабілітації мовного апарату;
- аналізу існуючих моделей сигналів;
- вибору оптимальної математичної моделі звукового сигналу для системи реабілітації втраченої функції мовлення;
- верифікації моделі звукового сигналу;
- розробки програмного забезпечення для верифікації вибраної моделі;

Методи дослідження. В роботі використано основні теоретичні положення теорії систем і сигналів, статистичної радіотехніки та найновіші наукові результати теорії нестационарних випадкових процесів, математичного моделювання.

Наукова новизна. Основні результати роботи є новими і одержані вперше.

1. Введено ієрархії моделей звукового сигналу для пошуку його інваріантів при структурному синтезі системи реабілітації втраченої функції мовлення та вибрано модель у вигляді періодично корельованого випадкового процесу.

2. Розроблено методику пошуку інваріантів звукового сигналу та вибору періоду корельованості.

3. Отримано основний критерій оптимальності структури системи для реабілітації втраченої мовної функції.

4. Проведено верифікацію вибраної моделі при допомозі структурного синтезу системи реабілітації.

Практична цінність роботи.

Одержані теоретичні результати розширять область застосування статистичних методів при проектуванні біомедицинської апаратури. Запропонована математична модель мовного сигналу може бути використана у системах тренування мовотворного апарату в школах для глухих, у центрах реабілітації втрачених, внаслідок нещасних випадків, функцій організму людини, в тому числі локомоційних та ін., для постановки вимови при вивченні іноземних мов, при розробці інтерфейсу "людина-машина" та систем штучного інтелекту.

Створений пакет програм експлуатується при проведенні лабораторних та курсових робіт студентів, науково-дослідних робіт, які дають позитивні результати. Отримані результати можуть бути основою для подальших досліджень.

Положення, що виносяться на захист:

1. Вибір моделі звукового сигналу для пошуку його інваріантів при структурному синтезі системи реабілітації втраченої мовної функції.

2. Метод пошуку інваріантів.

3. Спосіб верифікації вибраної моделі.

Впровадження роботи. Результати роботи використовувалися при розробці апаратури цифрової обробки сигналів для візуалізації інформації в ергатичних системах за держбюджетними темами Д14-91, номер держреєстрації 01930039359, інформаційний номер 02940000183; Д1-54/94, номер держреєстрації 01940030622; Д1-62/96, номер держреєстрації 01960012980.

Апробація роботи. Окремі результати роботи доповідалися на щорічних конференціях професорсько-викладацького складу ТАНГ (м.Тернопіль, 1982-1990 р.р.), на міжнародному симпозиумі "Імовірнісні моделі та обробка випадкових сигналів і полів" (Тернопіль, 1993 р.), на другій науково-технічній конференції "Прогресивні технології та обладнання в машино- і приладобудуванні" (м.Тернопіль, 1993 р.), на міжнародній науковій конференції, присвяченій 150-річчю від дня народження видатного українського фізика і електротехніка Івана Пулюя (м.Тернопіль, 1995 р.), на Другій Українській конференції з автоматичного керування "Автоматика-95" (м.Львів, 1995 р.), на Третій Українській конференції "Автоматика-96" (м.Севастополь, 1996 р.), на міжнародній конференції "Комп'ютерні технології друкарства; алгоритми, сигнали, системи ("Друкотехн-96")", (м.Львів, 1996 р.), на науково-технічних семінарах кафедри БМ ТПІ ім. І.Пулюя (м.Тернопіль, 1993-1996 р.р.).

Дисертація в цілому обговорювалась на засіданні науково-технічного семінару ТПІ ім.І.Пулюя.

Публікації по роботі. За матеріалами дисертації опубліковано 8 робіт.

Структура та об'єм дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, 4 розділів, висновку, списку використаної літератури, додатку. Робота містить 100 сторінок основного тексту, 24 рисунки, список літератури з 150 найменувань.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі коротко висвітлено досліджувану в роботі проблему, визначено актуальність і мету роботи. Вказано на наукову новизну отриманих в дисертації результатів, викладено основні положення, які виносяться на захист.

У першому розділі приведено загальні відомості про стан реабілітаційної техніки для тренування мовотворного апарату. Розглянуто підхід до розгляду людини, як складної системи із зворотнім зв'язком з багатьма паралельними каналами сприймання зовнішнього середовища.

Прованалізовано особливості акустичного та візуального каналів сприймання. Обґрунтовано можливість і доречність заміни пошкодженого акустичного каналу візуальним. В результаті виникає ергетична система, в якій замість слухового каналу задіяно візуальний. Для такої системи з'являється необхідність оперативного представлення звукового сигналу у вигляді візуального зображення для тренування мовного апарату людини з метою забезпечення функції мовлення.

Наголошено, що незважаючи на значні успіхи у створенні систем обробки мовних сигналів, проблема реабілітації втраченої функції мовлення залишається актуальною.

При розв'язуванні задачі тренування мовного апарату виникає необхідність вибору представлення звукового сигналу у вигляді візуального зображення для розпізнавання людини в масштабі часу мовлення. Візуальне зображення сигналу пропонується вибирати керуючись інформаційним підходом до опису сигналів.

Важливим поняттям тут стало поняття інформації, оскільки виникла необхідність вимірювання кількості відомостей, знання про об'єкт інтересу у деякому загальному розумінні. Вихідною величиною для визначення числової міри інформації є імовірність події. За означенням, прийнятим в теорії інформації, отримана інформація і рівна

$I = -\sum_i P_i \log P_i$, де P_i - імовірність кожного стану події.

В роботі використано розвиток цієї ідеї на випадкову величину (тоді P має сенс розподілу імовірності) і спектри - амплітудні чи потужності (P має сенс розподілу амплітуд чи потужностей по частотах).

Керуватися при виборі візуального зображення пропонується критерієм максимального збереження кількості інформації про даний сигнал, при мінімальній кількості елементів відображення на екрані. А для того, щоб таке зображення можна було використати в якості еталону для тренування мовного апарату у системі реабілітації, воно повинно бути стійким. Таким способом, обгрунтовано необхідність вибору математичної моделі звукового сигналу за відомими методами, що використовують обробку сигналів, враховуючи вищевказані вимоги до візуального зображення..

У другому розділі розглянуто основні методи опису сигналів та запропоновано ієрархії моделей звукового сигналу з дотриманням вимог до його візуального зображення.

У випадку детермінованих сигналів цим вимогам відповідають спектральні зображення (розклади за функційними базисами):

а) базисні функції інваріантні відносно перетворень замкнених у відповідному функційному просторі (сигналів);

б) техніка генерування таких функцій відносно проста.

Математичною основою спектральних методів аналізу є розклад вигляду Фур'є функції, що описує досліджуваний процес. Якщо сигнал $x(t)$ має скінченну енергію

$\int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt < \infty$, то розклад його в ряд за

ортонормованим базисом має вигляд: $x(t) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k e^{\frac{i k - t}{T}}$ де

$$c_k = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) e^{-\frac{i k - t}{T}} dt, \quad T - \text{період сигналу, } k=0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Перетворення Фур'є сигналу має вигляд (за умови, що сигнал

Фінітний) $S(\omega) = \int_{-T/2}^{T/2} x(t) e^{-i\omega t} dt$. Порівнявши c_k та $S(\omega)$

одержимо $c_k = \frac{1}{T} S(k \frac{2\pi}{T})$ - коефіцієнти Фур'є сигналу пропорційні відлікам спектру (перетворення Фур'є) на циклічних частотах ω_k . Оскільки c_k - комплексні числа, то $c_k = |c_k| e^{i\phi_k}$, де $|c_k|$ - модуль комплексного числа; $\phi_k = \arg c_k$ - фаза комплексного числа. Таким чином, для отримання візуального зображення звукового сигналу при детермінованій моделі можуть бути використані як зображення безпосередньо часової реалізації, так і зображення амплітудно- та фазо-частотних спектрів.

Метод спектральних розкладів значно збагачує теорію сигналів. Досить часто математична модель сигналу, представлена функцією $x(t)$, тобто в часовій області, є складною і недостатньо наочною. А опис цього сигналу в частотній області за допомогою спектральних функцій може виявитися простішим.

Серед випадкових (стохастичних) процесів розрізняють стаціонарні процеси та процеси, які мають певний вид нестаціонарності.

Описати стаціонарні випадкові сигнали можна функцією розподілу імовірностей їх значень, характеристичною функцією і т.ін.

Випадкова величина - це найпростіший приклад стохастичного сигналу $x(t) = \xi$, $t \in T$.

Такий стохастичний сигнал залишається сталим протягом інтервалу спостереження T , але змінюється непередбачуваним чином від спостереження до спостереження. Випадкова величина ξ характеризується множиною можливих значень x і розподілом імовірності $F_\xi(x)$, заданим на цій множині.

Повно (в імовірнісному розумінні) характеристикою випадкової величини є функція розподілу імовірності $F_\xi(x) = P(\xi < x)$.

Імовірнісні властивості випадкового сигналу можна також описувати характеристичною функцією, яка являє собою математичне сподівання випадкової величини $e^{it\xi}$. Тобто

$\psi(t) = M(e^{it\xi})$, де $t \in R$.

Розглянуті способи опису - еквівалентні.

Повний, в імовірнісному розумінні, опис випадкового процесу дає послідовність n -вимірних ($n = 1, 2, \dots$) функцій розподілу імовірності (n -вимірних характеристичних функцій)

$$F_{n\xi}(x_1, \dots, x_n; t_1, \dots, t_n) = P(\xi(t_1) < x_1, \dots, \xi(t_n) < x_n).$$

З точки зору вимог, висунутих до моделі звукового сигналу, перспективним є використання гармонічних інтегральних зображень випадкового процесу, оскільки гармоніки є власними функціями оператора зсуву і тому при лінійних інваріантних перетвореннях такі функції не змінюють свого вигляду.

Інтегральне зображення випадкового процесу має вигляд

$$\xi(\omega, t) = \int_{\Lambda} \varphi(t, \lambda) dz(\omega, \lambda),$$

де $\varphi(t, \lambda)$ - задана числова функція, $z(\omega, \Delta)$ - функція множин, яка задана на відповідному класі підмножин $\Lambda \subseteq R$, Δ - множина з цього класу.

Кореляційна функція

$$R(t_1, t_2) = \iint_{\Lambda \times \Lambda} \varphi(t_1, \lambda_1) \overline{\varphi(t_2, \lambda_2)} F(d\lambda_1, d\lambda_2),$$

де $F(d\lambda_1, d\lambda_2) = Mz(\omega, \lambda_1) \overline{z(\omega, \lambda_2)} = F(\Delta, \Delta')$ комплекснозначна спектральна міра. Розрізняють випадки:

- 1) міра $F(\Delta, \Delta')$ - зосереджена на головній діагоналі простору $\Lambda \times \Lambda$, функції $\varphi(t, \lambda) = \exp(jt\lambda)$ - представлення Карунена;
- 2) міра $F(\Delta, \Delta')$ - розподілена по всій площині $\Lambda \times \Lambda$, функції $\varphi(t, \lambda) = \exp(jt\lambda)$ - представлення Лоєва;
- 3) міра $F(\Delta, \Delta')$ - зосереджена на головній діагоналі простору $\Lambda \times \Lambda$, функції $\varphi(t, \lambda) = \exp(jt\lambda)$ - представлення Крамера.

Частковим випадком інтегральних зображень випадкових процесів є дискретні зображення, коли відповідний інтеграл

$$\text{зводиться до суми ряду } \xi(\omega, t) = \sum_{k=1}^{\infty} c_j(\omega) \psi_j(t),$$

де $c_j(\omega)$ - коефіцієнти розкладу; $\psi_j(t)$ - координатні функції. В залежності від того, яких значень набирають $c_j(\omega)$ та $\psi_j(t)$,

розклади можна класифікувати:

- 1) $c_j(\omega)$ - некорельовані коефіцієнти розкладу,
 $\psi_j(t)$ - ортогональні функції;
- 2) $c_j(\omega)$ - корельовані коефіцієнти розкладу,
 $\psi_j(t)$ - ортогональні функції;
- 3) $c_j(\omega)$ - некорельовані коефіцієнти розкладу,
 $\psi_j(t)$ - лінійно незалежні функції;
- 4) $c_j(\omega)$ - корельовані коефіцієнти розкладу,
 $\psi_j(t)$ - лінійно незалежні функції.

За деяких додаткових умов розклади першого та другого типів називають ортогональними, причому перший - розклад Карунена - Лоєва; третій дає канонічний розклад Пугачова; останній називають загальним розкладом.

Здійснення гармонічного розкладу називають гармонічним або спектральним аналізом. Його застосовують для стаціонарних у широкому сенсі процесів.

Випадковий процес є стаціонарним у широкому розумінні, якщо його математичне сподівання $M\zeta_t$ не залежить від t , а кореляційна функція залежить тільки від різниці $t-s$:

$$M\zeta_{t+h} = M\zeta_t, \quad R(t+h, s+h) = R(t, s) \quad \text{або}$$

$$M\zeta_t = m, \quad R(t, s) = R(t-s) = \text{cov}(\zeta_{s+t}, \zeta_s)$$

В кореляційній теорії стаціонарних випадкових процесів, для однорідних в часі процесів, кореляційна функція доповнює чи навіть заміняє поняття спектру.

З цієї причини в теорії сигналів поняття кореляції стало більш важливим, ніж поняття ентропії інформації, оскільки в жодній з численних областей техніки зв'язку неможливо відмовитися від поняття частотного спектру. При цьому принципове розширення теоретичного базису здійснюється за рахунок відмови від амплітудного спектру - коефіцієнтів Фур'є - і переходу до спектру потужності, який не містить фазових

співвідношень сигналу:
$$W(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} R(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau$$

В цьому випадку зворотне перетворення Фур'є дає не початкову функцію часу, а її кореляційну функцію:

$$R(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega \quad \text{де } \tau - \text{ величина зсуву між}$$

вибірками реалізації випадкового процесу.

Таким чином, при підході до розгляду звукового сигналу як випадкового стаціонарного процесу, в якості еталону для системи реабілітації можна використати візуальне зображення функції розподілу, кореляційної функції або спектру потужності.

Нестаціонарні випадкові процеси не утворять ніякого класу. Відокремлення за тими чи іншими ознаками класів випадкових функцій, з притаманними їм властивостями та характерним для них математичним апаратом, відкриває нові можливості використання випадкових сигналів для розв'язання прикладних задач.

Для нестаціонарних випадкових процесів, починаючи з 40-50-х років, здобуто багато наукових результатів, але теорія таких процесів до останнього часу була далека від завершення. М.Лозв ввів розклад такого нестаціонарного випадкового процесу на гармоніки і назвав таку властивість гармонізованість. Останнім часом Я.П.Драганом була введена гармонізованість для випадкових процесів із скінченною енергією, та скінченною середньою потужністю.

Оскільки звуковий сигнал має скінченну потужність то

$$\text{Його можна зобразити у вигляді: } \xi(\omega, t) = \int_{\Lambda} \varphi(t, \lambda) Z(\omega, d\lambda),$$

де $\varphi(t, \lambda)$, $\lambda \in \Lambda \subset \mathbb{R}$ - функційний базис, $Z(\omega, d\lambda)$ - випадкова міра. Тоді кореляційна функція має зображення

$$R(t, s) = \iint_{\Lambda\Lambda} \varphi(t, \lambda) \overline{\varphi(s, \mu)} F(d\lambda, d\mu),$$

$F(d\lambda, d\mu)$ - спектральна міра, $\overline{\varphi(s, \mu)}$ - функція, комплексно спряжена до $\varphi(t, \lambda)$.

Періодично корельовані випадкові процеси (ПКВП) - це процеси, кореляційна функція $R(t, s)$ і математичне сподівання $m(t)$ яких є періодичними по t з періодом $T \in \mathbb{R}$, який називається періодом корельованості. Тобто

$$R(t+T, s+T) = R(t, s), \quad m(t+T) = m(t) \quad T > 0.$$

ПКВП для фіксованої ω мають зображення $\xi(t) = \int_{\Lambda} e^{it\lambda} Z(d\lambda)$,

а їх кореляційна функція - зображення

$$R(t, s) = \iint_{\Lambda\Lambda} e^{it\lambda} e^{is\mu} Z(d\lambda) Z(d\mu) = \iint_{\Lambda\Lambda} e^{it\lambda - s\mu} F(d\lambda, d\mu),$$

у цьому випадку $F(d\lambda, d\mu)$ - двопараметрична спектральна міра, особливістю якої є те, що вона зосереджена на множині паралельних прямих $\lambda - \mu = p \frac{2\pi}{T}$, $p = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$.

Тоді при вивченні ПКВП зручно користуватися параметричною характеристикою - коваріацією $b(t, u) = \int_{\Lambda} e^{it\lambda} f(t, d\lambda)$

де $u = t - s$, $f(t, \Delta)$ - спектр, Δ - носій спектру. Ці функції є

періодичними, тому $b(t, u) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} e^{it \frac{2\pi k}{T}} B_k(u)$,

$B_k(u)$ - так звані кореляційні компоненти, та

$$f(t, \Delta) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} e^{it \frac{2\pi k}{T}} F_k(\Delta),$$

де $F_k(\Delta)$ - відповідно спектральні компоненти.

При такому підході до розгляду звукового сигналу в якості його візуального зображення слід використати зображення кореляційних чи спектральних компонент.

Розглянуті моделі скомпоновано в ієрархічному вигляді (див. рис.1.).

У третьому розділі запропоновану ієрархію моделей сигналів використано для виявлення інваріантів мовного сигналу та для розробки методики такого пошуку. Були проведені експериментальні дослідження можливості отримання стійкого візуального зображення звукового сигналу (на прикладі голосного звуку "а") з використанням різних моделей, шляхом отримання та візуалізації їх характеристик,

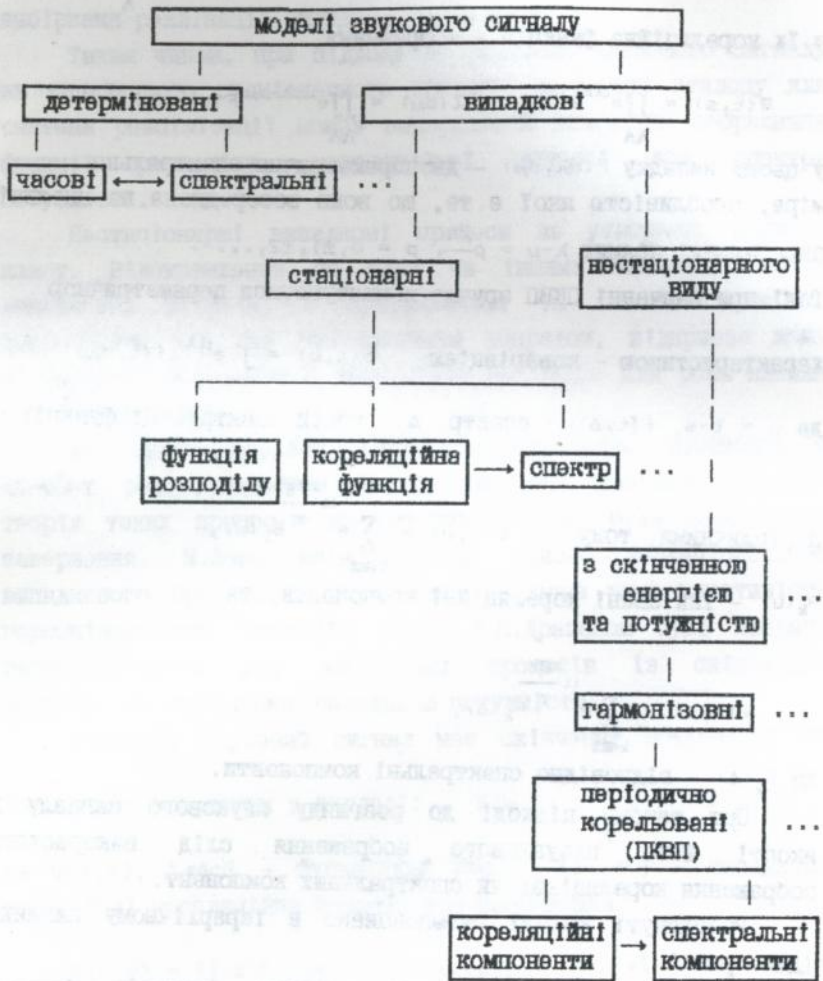


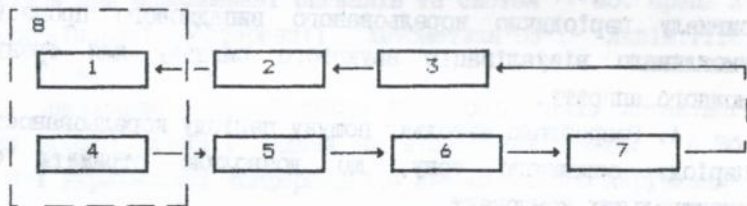
Рис. 1.

рекомендованих у другому розділі. Це дозволило вибрати та обґрунтувати в якості моделі звукового сигналу - періодично корельованого випадкового процесу (ПКВП), а в якості еталону для системи реабілітації - візуального зображення спектральних компонент ПКВП.

Обґрунтовано вибір періоду основного тону звукового сигналу за період корельованості та запропоновано методику його знаходження, що дало можливість отримати характеристики звукового сигналу як ПКВП (зокрема, значення спектральних компонент).

Розроблене програмне забезпечення для обчислення статистичних характеристик звукового сигналу дозволило отримати візуальне зображення спектральних компонент як еталону для системи реабілітації; запропонувати методику тренування мовного апарату та уможливило проведення верифікації отриманої моделі при структурному синтезі системи реабілітації втраченої функції мовлення.

У четвертому розділі проведено верифікацію вибраної моделі при допомозі структурного синтезу системи реабілітації. Блок-схему системи для реабілітації втраченої функції мовлення приведено на рис.2.



1-зоровий центр; 2-орган зору; 3-блок візуалізації звукового сигналу; 4-моторні центри; 5-орган мовлення; 6-мікрофон; 7-блок попередньої обробки; 8-головний мозок).

Рис.2.

Обґрунтовано вибір часу виконання операцій відбору, пересилки, обробки значень звукового сигналу та візуалізації характеристик його моделі в якості критерію верифікації моделі звукового сигналу. Встановлено, що даний час не повинен бути більшим за латентний період реакції людини на

візуальний стимул, оскільки тільки при такій умові процес тренування мовного апарату буде ефективним. Вибір процедури верифікації у вигляді структурного синтезу ергатичної системи реабілітації втраченої функції мовлення дозволив оцінити можливість реалізації такої системи.

У додатку приведено програми: відбору звукового сигналу READADC, формування компонент для процедури відшукування періоду основного тону COMFON, обчислення математичного сподівання, дисперсії, кореляційної функції вибірки, обчислення та виводу спектральних компонент CORREL (з використанням процедури FOURIER).

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Обґрунтовано вибір візуального каналу як оптимального, що дозволило забезпечити зворотній зв'язок у ергатичній системі реабілітації втраченої функції мовлення.

2. Введено ієрархії моделей сигналів для пошуку інваріантів мовного сигналу та розроблено методику такого пошуку, що дозволило ввести для характеристики звукових сигналів єдину міру.

3. Обґрунтовано умови вибору в якості моделі звукового сигналу періодично корельованого випадкового процесу, що уможливило візуалізацію звукового сигналу для тренування мовного апарату.

4. Розроблено методику пошуку періоду корельованості, як періоду основного тону, що дозволило отримати оцінки спектральних компонент.

5. Вибрано критерій оптимальності структури ергатичної системи для реабілітації втраченої мовної функції, що дозволило розробити рекомендації щодо методів структурного синтезу системи.

6. Синтезовано структуру ергатичної системи реабілітації втраченої функції мовлення, що дозволило верифікувати вибрану модель звукового сигналу.

ПУБЛІКАЦІЇ

1. Яворський Б.І., Олексій Б.В., Криль (Шадрина) Г.М., Демченко В.Е. Определение оптимального варианта чередования резонаторов при аппаратурной реализации рекурсивных полосовых цифровых фильтров. // Методи и средства анализа случайных пространственно-временных полей. - Львов: Изд-во ВНИИМУС, 1983. - С. 73-80.

2. Яворський Б.І., Прус М.Л., Шадрина Г.М. Ймовірнісна модель ретинограм для норми. // Інформаційні технології та розпізнавання образів: Зб. наук. праць міжнародн. симпозиуму "Ймовірнісні моделі та обробка випадкових сигналів і полів". - Львів-Харків-Тернопіль, 1993. Том 3, Частина 2. - С. 101.

3. Шадрина Г.М. Візуалізація звукових сигналів. // Прогресивні матеріали, технології та обладнання в машино-приладобудуванні: Тез. доп. другої наук.-техн. конф. ТПШ. - Тернопіль. - 1993. - С. 16.

4. Шадрина Г.М. Візуалізація звукових образів // Тез. доп. Міжнародн. наук. конф. присвяченої 150-річчю від дня народження видатного українського фізика і електротехніка Івана Пулюя. - Тернопіль. - 1995. - С. 83.

5. Яворський Б.І., Шадрина Г.М., Прус М.Л. Методи теорії управління при моделюванні сигналів та систем // Зб. праць 2-ї всеукраїнської конференції "Автоматика-95". - Львів:ІТІС, 1995. - Т. 4. - С. 75.

6. Яворський Б.І., Шадрина Г.М. Оцінювання латентного періоду мовної реакції людини на візуальний стимул. // Зб. праць 3-ї української конференції з автоматичного керування "Автоматика-96". - Севастополь: СевГТУ, 1996. - Т. 2. - С. 94.

7. Драган Я.П., Шадрина Г.М., Яворський Б.І. Вплив оцифровки майже періодичного процесу на точність слідування за ним. // Зб. праць 3-ї української конференції з автоматичного керування "Автоматика-96". - Севастополь: СевГТУб 1996. -Т.2. - С. 169.

8. Шадрина Г.М., Яворський Б.І. Оперативна графіка у людино-машинних системах // Наук. праці конф. Комп'ютерні технології друкарства: алгоритми, сигнали, системи "Друкотехн-96". - Львів. - 1996. - С. 170.

АННОТАЦІЯ

Шадріна Г.М. Розробка і дослідження математическої моделі звукового сигналу при синтезі структури системи для реабілітації утраченої функції речі.

Дисертація на соиск. уч. степені канд. техн. наук по спеціальності 05.13.02 - Математическе моделювання в научних дослідженнях. Тернопольський приборостроительний інститут ім.Івана Пулюя. Тернополь. 1996.

Защищается 8 научных работ, которые содержат теоретические исследования методов и средств эффективного использования математического моделирования для системы реабилитации утраченной функции речи. Обоснованы условия выбора визуального канала как оптимального для обеспечения обратной связи в системе реабилитации речи и периодически коррелированного случайного процесса в качестве модели звукового сигнала для такой системы. Разработана методика нахождения инвариантов речевого сигнала. Предложена методика верификации модели звукового сигнала методом структурного синтеза системы реабилитации утраченной функции речи.

SUMMARY

Shadrina G.M. The Development and Investigation of the Sound Signal Mathematic Model for the Structure Synthesis of the System for Rehabilitation of the Lost Speaking Abilities . Thesis on the competition for the Candidate Degree (Engineering) in specialily 05.13.02 - Mathematic Modelling in The Scientific Investigations. Ternopil Instrument-Making Institute named after Ivan Pul'uj, Ternopil, 1996.

The conditions of the selection of the visual channel as optimal one for the providing of the feedback in the rehabilitation system for lost speaking abilities and the periodic corellated stochastic process as the mathematic model of the sound signal were grounded. The method of the virification of the sound signal model by means of the structural synthesis of the rehabilitation system was suggested.

Ключові слова: звуковий сигнал, спектр, періодично корельований випадковий процес, спектральні компоненти, структурний синтез, верифікація.

282001, м. Тернопіль, вул. Руська 56
Віддруковано на видавничій системі $\overline{\text{RX}}^{4300}$
в Тернопільському приладобудівному
інституті ім. Ів. Пулюя. Тираж 100 прим.

29 28 78

AB 36.398