УДК 615.478:616.28-008.14

Г. Шадріна

ІЄРАРХІЯ МОДЕЛЕЙ МОВНОГО СИГНАЛУ ДЛЯ СИСТЕМИ РЕАБІЛІТАЦІЇ ФУНКЦІЇ МОВЛЕННЯ

Розглядається проблема реабілітації функції мовлення, окреслюється коло задач, які вимагають тренування мовного апарату. Пропонується ієрархія моделей мовного сигналу (у випадку детермінованого підходу до опису сигналу), візуальне зображення спектральних характеристик яких може використовуватися як еталон для сприймання через зоровий канал у системі реабілітації функції мовлення.

Розробка засобів та дослідження методів реабілітації функцій організму людини, втрачених внаслідок хвороби, нещасного випадку, тощо є важливою задачею. В основі процесу реабілітації лежить тренування органу, функції якого слід відновити, з використанням інформації, отриманої завдяки діючим органам відчуттів. Відчуття виникають внаслідок впливу зовнішніх факторів на сенсорні (або рецепторні) клітини - спеціально призначені для отримання інформації з оточуючого середовища. Сенсорні клітини піддаються подразненню, перетворюють його у нервові сигнали, які передаються по нервових волокнах (нервових каналах) у мозок [1]. Ці канали надалі називатимемо інформаційними каналами або просто каналами. Фактично існує вісім різних каналів сприймання людиною навколишнього світу, а саме: зір, слух, нюх, дотик, смак, температурні відчуття, почуття розміщення і руху, відчуття болю, які з різною ефективністю діють і паралельно [2]. Одним з найважливіших каналів є аудіоканал (акустичний, слуховий). Слух відіграє першорядну роль при мовленні, оскільки він забезпечує зворотній зв'язок, наявність якого дозволяє людині чітко і розбірливо говорити [3]. Слухове сприймання мови підкріплюється роботою мовного апарату. У випадку пошкодження слухового каналу пошкоджується або навіть втрачається функція мовлення. При розв'язуванні задачі реабілітації мовного апарату, тобто відновлення функції мовлення у людей, у яких її втрата спричинена лише порушенням або відсутністю слуху, виникає необхідність заміни пошкодженого слухового каналу іншим з метою відновлення розірваного зворотнього зв'язку, необхідного для мовлення. Перспективною є система реабілітації, у якій слуховий канал замінено візуальним [4]. На рис.1 приведено блок-схему системи реабілітації функції мовлення.

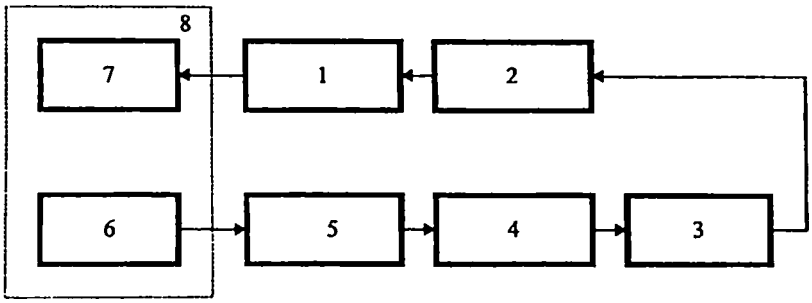

Рис. 1. Блок-схема системи для реабілітації функції мовлення: 1 - орган зору; 2 - блок візуалізації; 3 - блок попередньої обробки; 4 - мікрофон; 5 - орган мовлення; 6 - моторний мовний центр мозку; 7 - зоровий центр; 8 - головний мозок

У випадку такої системи виникає необхідність відповідного опису моделі звукового сигналу з метою візуалізації його характеристик і використання їх як еталону (зразка, до якого повинна прагнути людина, творячи відповідний звук і одночасно

бачачи на екрані його візуальне зображення) у системі реабілітації. Складність задачі полягає в тому, що маємо справу з людиною (адже людина сама тренуватиме свій мовний апарат, використовуючи запропонований еталон), і слід враховувати особливості притаманні лише людині, а відомості про них є часто неповними. Це, зокрема, стосується механізму перетворення сенсорних нервових імпульсів у відчуття, формування у мозку образу та його розпізнавання. Крім того, очевидно, що психічний стан людини та стан її органу зору повинні допускати можливість реабілітації з використанням зорового каналу, а також мовотворний апарат повинен бути в нормі (під нормою будемо розуміти наявність зв'язку між моторним мовним центром мозку і мовним апаратом, функціональну придатність мовного апарату тощо).

Говорячи про модель звукового сигналу для системи реабілітації функції мовлення, слід окреслити можливі випадки, коли виникає необхідність у тренуванні мовного апарату:

1. Людина від народження не розмовляла через відсутність слуху.

2. Людина втратила слух внаслідок хвороби чи нещасного випадку (рівень передачі по нервових каналах від слухового рецептора до слухового центру мозку -40дб і більше в смузі звукових частот) і тому має вади мовлення.

3. Людина чує, але має вади мовного апарату, які можна виправити тренуванням.

4. Людина чує і говорить, але хоче надати голосу певної потрібної якості (висоти тону, тембру, гучності).

Останній випадок теж вимагає тренування мовного апарату хоч і не стосується проблеми реабілітації мовної функції.

Для кожного з цих випадків модель звукового сигналу повинна давати опис, характеристики якого однозначно, повно і просто відтворюють зміни сигналу. Їх відображення на екрані монітора повинно бути оптимальним для представлення через зоровий канал. На такому рівні варто розглянути опис характеристик звукового сигналу в інформаційному вигляді [5]. Інформація про звуковий сигнал, що міститься у його візуальному образі повинна бути якомога повнішою. Аналізувати речення чи слова дуже складно, значно простіше, виходячи із задачі тренування мовного апарату, аналізувати голосні звуки. При творенні голосних звуків в рамках пропонованої системи тренування важливою є часова стабільність ознак візуального зображення (інваріантність до трансляцій у часі). Вказану властивість мають спектри. Враховуючи фізику творення голосних звуків розглядатимемо неперервні сигнали з обмеженою потужністю, яким властива періодичність [6].

Періодична функція - це функція така, що $f(t) = f(t+T), n=1,2,\ldots$ T - період, $t, T, f(o) \in \mathbf{R}$. Така функція може бути представлена рядом Фур'є [7]

$$f(t) = \sum_{\infty}^{0} c_k e^{ik\frac{2\pi}{T}t}, \qquad (1)$$

$$\text{де } c_k = \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} f(t) e^{-ik\frac{2\pi}{T}t}\, dt,\ k = 0,\pm1,\pm2,\ldots,\ c_k \in \mathbf{R}.$$

Дана функція повинна задовільняти умови Діріхле: вона повинна мати скінченну кількість максимумів, мінімумів і точок розриву на період; функція $f(t)$ повинна бути абсолютно інтегровною на періоді:

$$\int_{-T/2}^{T/2} |f(t)|dt < \infty$$

При цих умовах представлення функції рядом Фур'є збігається до її дійсного значення. Оскільки звуковий сигнал має скінченну потужність, то:

$$\lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_{-\infty}^{\infty}|f(t)|^2dt<\infty$$

тобто його можна розкласти в ряд (1).

Існують і інші класи періодичних функцій, які можна використати як моделі звукового сигналу.

Квазіперіодична функція з періодами $T_1,T_2,...,T_n$ - функція $f(t)$ така, що $f(t)=F(t,t,...,t)$ для деякої неперервної функції $F(t_1,t_2,...,t_n)$ від n змінних, періодичної по $t_1,t_2,...,t_n$ з періодами $T_1,T_2,...,T_n$ відповідно. Всі $T_1,T_2,...,T_n$ строго додатні, і їх обернені величини $p_1,p_2,...,p_n$ є раціонально лінійно незалежними. Квазіперіодична функція допускає представлення виду:

$$f(t)=\sum c_{k_1...k_n}e^{i(k_1p_1+...+k_np_n)t},$$

якщо $c_{k_1...k_n}=c_k$ такі, що $\sum|c_k|^2<\infty$ [8].

Майже періодична функція - це функція, яка може бути представлена узагальненим рядом Фур'є виду:

$$f(x)\approx\sum_k A_{\lambda_k}e^{i\lambda_k k^x}, \qquad (2)$$

де $\lambda_k\in\mathbf{R}$, коефіцієнти $A_{\lambda_k}\in\mathbf{C}$, k=1,2,....

Крім того, існують різні способи означення класів майже періодичних функцій, які базуються на поняттях замикання, майже періоду, зсуву. Кожен з класів майже періодичних функцій отримується в результаті замикання в тому чи іншому сенсі однієї і тієї ж сукупності кінцевих тригонометричних сум,

Нехай $D_G[f(x),\varphi(x)]$ - відстань між функціями $f(x),\varphi(x)$ в метричному просторі G. Далі в якості G будемо розуміти один з просторів U, S_l^p, W^p, B^p, де U - сукупність неперервних обмежених на дійсній осі функцій з метрикою

$$D_U[f(x),\varphi(x)]=\sup_{-\infty<x<\infty}|f(x)-\varphi(x);|$$

S_l^p, W^p, B^p - сукупності функцій, вимірних і сумовних з показником степеня p, $p\geq1$, в кожному кінцевому інтервалі дійсної осі з відповідними метриками.

Нехай T - множина тригонометричних поліномів виду (2). Через $H_G(T)$ позначають замикання в просторі G множини T. Класи $H_U(T)=U$- майже періодичних, $H_{S_l^p}(T)=S_l^p$ - майже періодичних, $H_{W^p}(T)=W^p$ - майже періодичних, $H_{B^p}(T)=B^p$ - майже періодичних називаються відповідно класами рівномірних майже періодичних функцій, або Бора майже періодичних функцій, Степанова майже періодичних функцій, Вейля майже періодичних функцій, Безиковича майже періодичних функцій [9].

На рис.2. приведено структурну схему детермінованих сигналів за виглядом їх спектрів.

Аналогічну картину можна подати і для випадкових стаціонарних та нестаціонарних сигналів. Виникає ієрархія моделей сигналів. Означення квазі- і майжеперіодичності як і означення періодичності для випадкових процесів чи навіть

умова інтегровності з квадратом для випадкових, зокрема нестаціонарних процесів, можуть будуватися на різних виглядах норм та метрик простору, в якому моделюється процес. Виникають нові ієрархічні вітки, вигляд яких залежить від вимог конкретної задачі, і в рамках задачі будь-який елемент такої ієрархії може бути використаний як модель звукового сигналу для системи реабілітації функції мовлення.

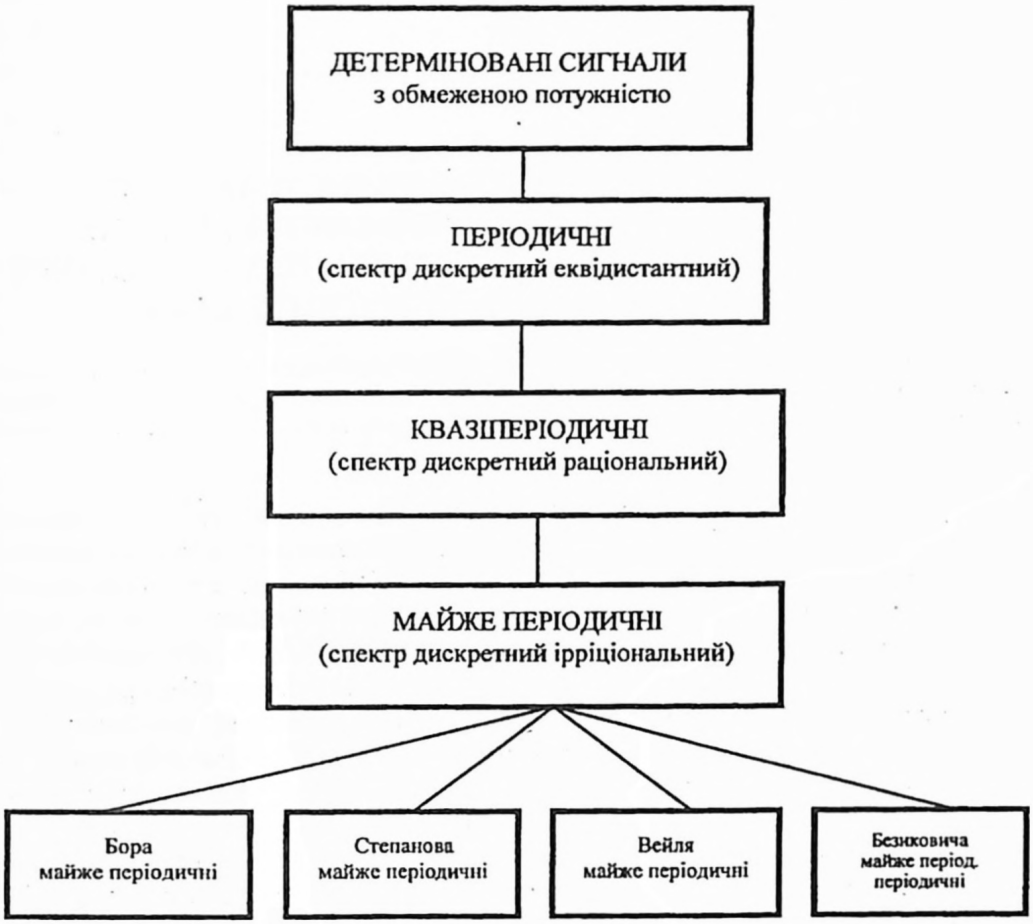

Рис.2.

Summary. The problem of the reabilitation of speaking abilities and the cases, which need the training of the speech organ are shown. The hierarchy of the sound signal models is proposed (for the deterministic case), visual representation of their spectral characters may be used as an example for perception through visual channel in the system for reabilitation of speaking abilities.

Література

1. Адам Д. Восприятие, сознание, память. Размышления биолога. -М.: Мир, 1983. -152с.
2. Бельтюков В.И. Взаимодействие анализаторов в процессе восприятия и усвоения устной речи (в норме и патологии). -М.: Педагогика, 1977. -176с.
3. Шадріна Г.М. Проблема візуалізації звукового образу для ергатичної системи реабілітації втраченої функції мовлення // Праці третьої всеукраїнської міжнародної конф. Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів "УкрОБРАЗ'96". -Київ: Вид. Укр. асоц. з обробл. інформ. та розпізнав. обр. -1996. С.259-261.
4. Шадріна Г.М. Візуалізація звукових сигналів // Прогресивні матеріали, технології та обладнання в машино- і приладобудуванні: Тез. доп. другої наук.-техн. конф. ТПІ. -Тернопіль. -1993. -С.16.
5. Яворський Б.І., Шадріна Г.М. Критерії вибору базисів зображення випадкових процесів для ергатичних систем. - Тернопіль: Вісник ТПІ, 2/96. -С.133-137.

6. Фланаган Дж.Л. Анализ, синтез и восприятие речи / Перев. с англ. под ред. А.А.Пирогова. -М.: Связь, 1968. - 396с.
7. Залманзон Л.А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях. -М.:Наука. Гл.ред.физ.-мат.лит., 1989. -496с.
8. Математическая энциклопедия / Гл. ред. И.М.Виноградов. -М.: Советская Энциклопедия. т. 2, 1984. - С. 818-819.
9. Математическая энциклопедия / Гл. ред. И.М.Виноградов. -М.: Советская Энциклопедия. т. 4., 1984. - С. 543-544.