

РАДІОТЕХНІЧНІ КОЛА ТА СИГНАЛИ

УДК 621.372,061:391.266

АЛГОРИТМ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗВУКОВИХ СИГНАЛІВ

Рибін О.І., Мельник А.Д.

Запропоновано алгоритм та класифікатори для ідентифікації звукових сигналів, Роботу класифікаторів проілюстровано на прикладі розрізнення звуків "а", "о", "у".

Вступ» Постановка задачі

Розпізнавання образів в техніці є однією з найважливіших задач технічної, медичної та лінгвістичної діагностики. Для аналізу (та подальшого синтезу) мовних сигналів велике значення має розпізнавання окремих звуків. Серед найскладніших для ідентифікації є голосні звуки "а", "о", "у", які в безголосному звучанні часто неможливо "на слух" відрізнити. Тому при проведенні досліджень, з метою створення класифікаторів звуку основна увага приділялася розпізнаванню саме вищезгаданих звуків.

Опис запропонованого методу

Існує ряд методів класифікації сигналів, поширених сьогодні в практиці розпізнавання образів. Це, наприклад, методи, основані на класичній лінійній погодженій фільтрації [1], нелінійній косинусній [2], нормалізованій [3-14] і т.ін. Використання цих методів для розпізнавання звуків "а", "о", "у" показало їх слабку чутливість до фіксації відмін графоелементів цих звуків. Тому було запропоновано використовувати класифікатор, який базується на модифікації перетворення Карунена - Лоева [15,16], при використанні якого за непрямим критерієм (дискримінантне число) оцінюється умовна ймовірність належності до даного класу. Для обчислення дискримінантного числа D за перетворенням Карунена - Лоева слід побудувати кореляційну матрицю сигналів певного класу

$$\overline{\overline{Cor}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \overline{\Delta x_i} \cdot \overline{\Delta x_i}^T, \quad (1)$$

де M - кількість сигналів того самого класу, $\overline{\Delta x_z}$ - вектор-стовпець відхилення i - то сигналу від математичного очікування сигналів даного класу.

Тоді дискримінантне число

$$D = \overline{\overline{\Delta \tilde{x}}^T} \overline{\overline{Cor}}^{-1} \overline{\overline{\Delta \tilde{x}}}, \quad (2)$$

де $\overline{\overline{\Delta \tilde{x}}}$ - стовпець відхилення досліджуваного сигналу від математичного очікування сигналів даного класу (для яких побудована матриця $\overline{\overline{Cor}}$). Якщо число D менше деякого порогового значення D_{0b} то досліджуваний сигнал (з великою ймовірністю) належить до даного класу. Якщо D більше порога D_{0z} , то ймовірність належності до даного класу мала.

Окремою проблемою при реалізації (2) є необхідність обернення мат-

риці $\overline{\overline{Cor}}$, яка звичайно містить багато нульових власних значень.

$$\overline{\overline{Cor}}^{-1} = \overline{\overline{\Pi}} \lambda \overline{\overline{\Pi}}^{-1} \quad (3)$$

де $\overline{\overline{X}}$ - діагональна матриця власних значень; $\overline{\overline{\Pi}}$ - матриця стовпців - власних векторів; T - знак транспонування.

Більш простим для реалізації є критерій оцінки належності досліджуваного сигналу до наданого класу за формулою

$$\delta = \left\| \overline{\overline{\Pi}} \overline{\overline{Cor}} \overline{\overline{\Pi}}^{-1} - \lambda \right\|, \quad (4)$$

За цією формулою, якщо матриця $\overline{\overline{Cor}}$, обчислена за (1), норма

$\left\| \overline{\overline{\Pi}} \overline{\overline{Cor}} \overline{\overline{\Pi}}^{-1} - \lambda \right\| = \delta$ дорівнюватиме нулю, оскільки, як відомо,

$$\overline{\overline{Cor}} = \overline{\overline{\Pi}} \lambda \overline{\overline{\Pi}}^{-1} \quad (5)$$

Для досліджуваного сигналу, як і в (2), знайдемо вектор - стовпець $\tilde{A}\tilde{x}$ і утворимо "миттєве значення" \tilde{Cor} матриці $\overline{\overline{Cor}}$, тобто

$$\tilde{Cor} = \Delta\tilde{x} \cdot \Delta\tilde{x}^T \quad (6)$$

Після обчислення

$$\tilde{\lambda} = \overline{\overline{\Pi}} \tilde{Cor} \overline{\overline{\Pi}}^{-1} \quad (7)$$

одержимо недіагональну матрицю \tilde{X} , яка буде близькою до матриці $\overline{\overline{X}}$ наданого класу, якщо досліджуваний сигнал належить до цього класу, та сильно відрізнятиметься від $\overline{\overline{X}}$, якщо досліджуваний сигнал належить іншому класу. Норму $\left\| \overline{\overline{\Pi}} \overline{\overline{Cor}} \overline{\overline{\Pi}}^{-1} - \lambda \right\|$ обчислюють або як суму квадратів різниці $\tilde{A} - \overline{\overline{A}}_j$ або як суму модулів, або як найбільші з одержаних відніманням (за модулем) чисел.

Ілюстрація одержаних результатів

Для створення класифікатора використовувалися зображення (в часовій області) сигналів "а", "о", "у". На рис. 1 зображено загальний вигляд звуку "а"; на рис.2,3 збільшені за масштабом (у часі) фрагменти цього сигналу (з відліку номер 350 по відлік номер 1450 та з відліку 1450 по відлік 2500, відповідно).

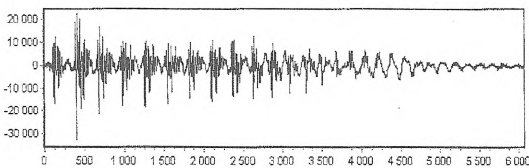


Рис.1

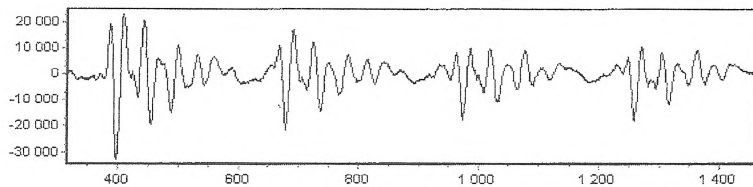


Рис.2

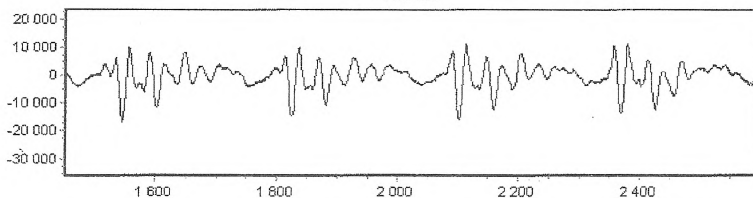


Рис.3

Як видно з рис.2, 3 звук "а" складається з майже однакових фрагментів. На рис.4 зображено звук "о", на рис.5 - звук "у", а на рис.6 - звук "е". Усі ці звуки складаються з окремих фрагментів, аналогічно до звуку "а".

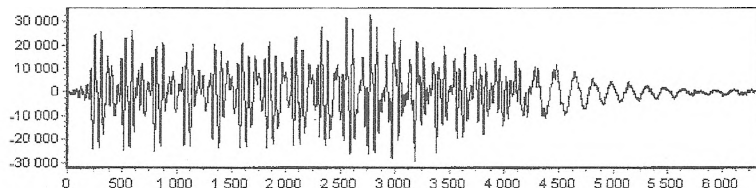


Рис.4

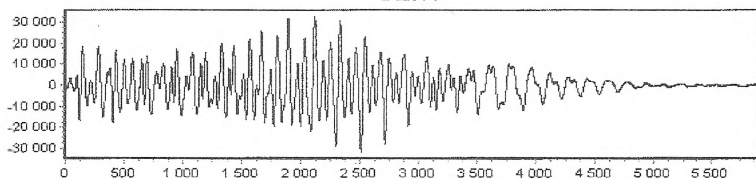


Рис.5

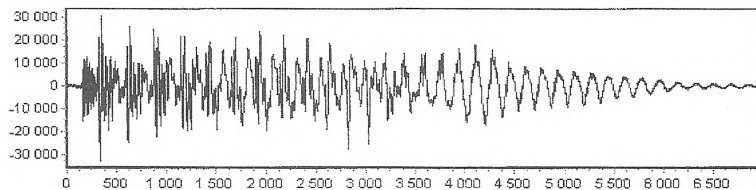


Рис.6

За фрагментами звуку "а" (попередньо нормованими за амплітудою і за часом звучання фрагменту) було знайдено математичне очікування фрагментів звуку "а", після чого за формулами (1), (5) проведено навчання класифікатора за звуком "а". Після створення класифікатора за звуком "а" було проведено оцінку чутливості і надійності класифікації за дискримінантними числами (коефіцієнтами подібності 1/5). Для фрагментів звуку "а" при класифікації (4) класифікатором "а" одержано коефіцієнти подібності, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

№ фрагмента	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Коефіцієнт подібності $\frac{1}{S} \cdot 10^3$	12,33	0,34	0,00	1,82	47,87	0,56	3,44	15,75	28,35

Середнє значення коефіцієнта подібності $S_{сер} = 13,80$. В таблиці 2 наведено результати класифікації звуку "е" класифікатором "а".

Таблиця 2

№ фрагмента	1	2	3	4	5	6	7	8
Коефіцієнт подібності $\frac{1}{\delta} \cdot 10^3$	143,08	130,52	141,12	162,16	164,53	146,98	174,51	150,19

Середнє значення коефіцієнта подібності $S_{серед} = 151,64$

Таблиця 3

В табл. 3, 4 наведено результати класифікації звуків "о" та "у" класифікатором "а". Причому середні значення коефіцієнтів подібності

№ фрагмента	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Коефіцієнт подібності $\frac{1}{S} \cdot 10^5$	192,97	175,99	139,37	146,21	193,42	207,95	198,91	171,11	191,08

$\hat{S}_{сер оа} = 194,54$, $S_{сер уа} = 374,24$

Таблиця 4

Як видно з одержаних результатів, коефіцієнти подібності (поточні та середній) для класифікації звуку "а" класифікатором "а" на порядок відрізняється від випадків класифікації інших звуків класифікатором "а".

№ фрагмента	1	2	3	4	5	6	7
Коефіцієнт подібності $\frac{1}{S} \cdot 10^3$	12,33	0,34	0,00	1,82	47,87	0,56	3,44

Висновки

Запропонований метод класифікації голосних є чутливим і достатньо надійним. Алгоритм навчання класифікатора простий і не потребує обернення кореляційної матриці. Отримані результати доречно використати для створення класифікатора всіх звуків української мови.

Література

1. Финк Л. М. Теория передачи дискретных сообщений. - Сов. радио», 1970. 728с.

2. Ян И. Нелинейные согласованные фильтры для анализа различий // Радиоэлектроника-1999. №6. -С.51-58. (Изв.высш.учеб. заве деней).
3. Рыбин А.И. Нормализация дискретных ортогональных преобразований тестовым сгалаалом/Традиоэлектроника. 2004. №7. С.39-46. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Рыбин А.И., Григоренко Е.Г. Алгоритм подстройки дискретного ортогонального преобразования под тестовый сигнал // Вісник НТУУ "КПІ" Серія Приладобудування. - 2004. - №27. - €122-128.
5. Рибін О.І., Шарпан О.Б. Діагностичні можливості процедури нормалізації ортогональних функцій при аналізі пульсограм // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. - 2004. -т.1. -№4. - С. 144-149.
6. Рибін О.І., Сакалош Т.В., Шарпан О.Б. Аналіз пульсограм на базі процедури нормалізації ортогональних перетворень REX//Наукові вісті НТУУ "КПІ. 2005. №4. С.25-33.
7. Рыбин А.И., Шарпан О.Б., Григоренко Е.Г., Сакалош Т.В. Коэффициенты трансформант нормализованных ортогональных преобразований и диагностика пульсограмм//Вісник НТУУ "КПІ. Приладобудування. 2005. Вшї.30. С.148-156
8. Рибін О.І., Данилевська В.Г. Погоджена фільтрація на базі нормалізації ортогональних перетворень // Вісник НТУУ "КПІ". Радіотехніка. Радиоапаратобудування. - 2007. - Вип.35. - С. 15-20.
9. Данилевська В.Г., Рибін О.І., Шарпан О.Б. Особливості і можливості діагностики за нормалізованим перетворенням // Електроніка і зв'язь. 2006. №2. С.49-54.
10. Рибін О.І., Мельник А.Д. Погоджена фільтрація сигналів при зміні масштабу їх аргументів на базі нормалізованих вейвлет-функцій // Вісник НТУУ "КТО". - Серія Радіотехніка. Радиоапаратобудування. - 2007. - Вип.34. - С18-24.
11. Мельник А.Д., Рибін О.І. Нормалізація тестового сигналу зі збереженням еквівалентного кроку дискретизації // Вісник НТУУ "КПІ". Радіотехніка, Радиоапаратобудування. 2007. Вип.34. С.24-29,
12. Мельник А.Д., Рыбин А.И. Нормализация эталонного сигнала с постоянным шагом дискретизации // Радиоэлектроника. - 2008. - №1. - С.71-75 (Изв. вузов).
13. Рыбин А.И., Мельник А.Д. Согласованная нормализованная фильтрация сигналов // Радиоэлектроника, - 2008, - № 2. - С.77-80 (Изв. высш. учеб. заведений).
14. Мельник А.Д., Рыбин А.И. Согласованная вейвлет-фильтрация сигналов с измененным масштабом // Радиоэлектроника. 2008. - № 3. - С.76-80 (Изв. вузов).
15. Продеус А.Н., Захарова Е.Н. Экспертные оценки в медицине. К.:ВЕК+1998. 320с.
16. Абакумов В.Г., Рибін О.І., Сватош Й. Біомедичні сигнали. Генезис, обробка, моніторинг. — К.: Нора-принт. 2001. — 516с.

Ключові слова: класифікація сигналів, звукові сигнали, обробка сигналів	
Рыбин А.И., Мельник А.Д.	Rybin OX, MelnikAD.
Алгоритм классификации звуковых сигналов	Algorithm of classification of sound signals
Предложен алгоритм и классификаторы идентификации звуковых сигналов, работа которых проиллюстрирована на примере распознавания звуков "a", "o", "y"	The algorithm and qualifiers for identification of sound signals is offered. The work of qualifiers illustrated on an example of recognition of sounds "a'v' o'V'y".

УДК 621.372.061

МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА РЕАЛИЗАЦИИ ПАСИВНОГО ДВУХПОЛОСНИКА С ПОТЕРЯМИ ПО ФОСТЕРУ.

Ястребов Н.И.

Предложена методика реализации двухполосника с потерями по Фостеру, позволяющая повысить формализацию решения и значительно упростить математические выкладки, по сравнению с методом Бруне.

Известно, что синтез пассивного двухполосника по Фостеру сводится к разложению входной схемной функции $F(p)$ ($Z(p)$ – входного сопротив-