

Ідентифікація диктофонів за параметрами спрацьовування системи активації

Шевченко А. І., Старушко Д. Г.

Донецький державний інститут штучного інтелекту

Україна, 340048, м. Донецьк, вул. Артема, 118-б

Телефон, факс (0622) 926-082

E-mail: kis@iai.donetsk.ua

Article is denoted development and realization of strategy to identifications the dictaphones for the sound expert operations. For identifications is offered to use temporary parameters of operating a system to activation's by the voice. Principles of feature extraction are described In the article for the recognition, for what is offered single-purpose device on the base developed by authors numerical frequency meter. Article is kept test and experimental material.

ВСТУП

Під час проведення фоноскопичних експертиз перед експертами досить часто постає завдання ідентифікації технічних засобів, завдяки яким була виготовлена подана для дослідження фонограма. При цьому найбільш складним аспектом проблеми є вибір ідентифікуючих ознак, тобто компонентів фонограм і матеріалів, що досліджуються, які несуть інформацію про конструктивні та інші особливості технічних засобів запису. Досить часто в ролі подібних ознак постають характеристики носія запису, обумовлені геометричними параметрами записуючого пристрою, наприклад, формою й розташуванням записуючої магнітної голівки, відстанню між стираючою та записуючою голівками і таке інше. Наступним, не менш важливим джерелом інформації про засіб запису, є сам сигнал. Швидкість руху стрічки, коефіцієнт детонації, власні шуми механічних та електронних підсистем, характерні викривлення сигналу та інші параметри засобів запису знаходять своє відображення в структурі записаного сигналу і можуть бути використані при вирішенні завдань ідентифікації. Треба відзначити, що існуюча технологічна база дозволяє проводити вимірювання та аналіз ознак другої групи значно детальніше, ніж першої. Саме тому зусилля авторів були сконцентровані, в основному, навколо проблем, пов'язаних з виділенням ідентифікуючих ознак безпосередньо з сигналу, що досліджується. Подана робота розглядає проблему ідентифікації звукозаписуючого пристрою, застосовуючи її до фонограм, виготовлених за допомогою малогабаритних диктофонів.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДИКТОФОНІВ

У фоноскопичній практиці досить часто в ролі об'єкта досліджень фігурують фонограми, виконані на мікрокасетах з використанням диктофонів. При цьому необхідно підтвердити або заперечити припущення про те, що фонограма була виготовлена за допомогою поданого експертам диктофону. Біль-

шість сучасних диктофонів з метою економії магнітної стрічки обладнані системою активації запису за вхідним сигналом. Принцип роботи цієї системи простий: якщо під час запису протягом певного часу рівень вхідного сигналу не перевищує певного порогового значення, двигун диктофону вмикається аж до появи вхідного сигналу достатнього рівня, після чого двигун знову вмикається, і запис фонограми поновлюється. Проведені дослідження показали, що часові параметри розгону стрічки при спрацьовуванні системи мають досить стабільний характер, практично повністю визначаються характеристиками самої системи і досить слабо залежать від носія запису, що використовується. Таким чином, існують передумови щодо використання інформації про часові характеристики спрацьовування системи активації в ролі ідентифікуючої ознаки.

Опишемо детальніше, яким чином спрацьовування системи позначається на структурі сигналу, який записується. Розглянемо ідеалізовану модель стрічкопротягуючого механізму, яка складається з нерухомої голівки читання/запису H і носія запису - стрічки T , яка переміщується відносно голівки. Будемо й далі вважати процес запису/відтворення лінійним, тобто стверджувати, що сигнал, який прочитано з частини носія запису, є пропорційним записаному на цій частині сигналу, причому коефіцієнт пропорційності не залежить від характеру переміщення стрічки відносно голівки. Це досить не точне припущення, виправдане, відверто кажучи, тільки для систем з магніточутливими голівками. Однак, на даному етапі воно може бути застосовано. Отже, в початковий момент часу стрічка нерухома, голівка розташована над її початком, і система активується гармонійним сигналом $S(t)$ з постійною частотою ω_0 , тобто

$$S(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0).$$

Після спрацьовування системи активації стрічка починає рухатися, причому відстань між поточною позицією записуючої голівки та її початковою позицією на стрічці змінюється за законом $l(t)$. Конкретний вигляд функції $l(t)$ визначається параметрами пристрою, апіорі про неї можна сказати наступне:

1. $l(0) = 0$.
2. $l(t)$ монотонно зростає на всій області визначення.

3. $l(t)$ асимптотично наближається до лінійної функції $y(t) = y_0 + \tilde{g}t$ зі збільшенням t , де \tilde{g} – установлена швидкість руху стрічки під час запису, y_0 – деяка константа.

4. Існує зворотна до $l(t)$ функція, позначим її $g(x) = l^{-1}(x)$.

Нехтуючи коефіцієнтом детонації, будемо вважати, що в процесі відтворення голівка, що зчитує, рухається з постійною швидкістю \mathcal{G} , при цьому відстань $l_2(\tau)$ між позицією голівки і початком стрічки змінюється за законом $l_2(\tau) = \mathcal{G}\tau$, де τ – час, який минув від початку відтворення запису. Беручи до уваги припущення стосовно лінійності запису/відтворення, можна записати, що відтворений сигнал дорівнює

$$\tilde{S}(\tau) = kA \cos(\omega_0 g(\mathcal{G}\tau) + \varphi_0).$$

Повна фаза такого сигналу дорівнює $\varphi(\tau) = \omega_0 g(\mathcal{G}\tau) + \varphi_0$, а його миттєва частота

$$\omega(\tau) = \frac{d\varphi(\tau)}{d\tau} = \omega_0 g'(\mathcal{G}\tau) \mathcal{G}.$$

Застосовуючи теорему про похідну зворотної функції, маємо

$$\omega(\tau) = \frac{\omega_0 \mathcal{G}}{l'(g(\mathcal{G}\tau))}.$$

Таким чином, похідний сигнал, записаний під час встановлення швидкості руху стрічки при спрацюванні системи активації, підлягає частотній модуляції згідно з наведеним виразом. Знаменник наведеного виразу повністю визначається динамічними характеристиками стрічки, що розгоняється, які залежать від конструкції системи активації, тому, при відомій швидкості зчитування сигналу, в ролі динамічної характеристики системи активації може поставити наступна функція

$$\Omega(\tau) = \frac{\omega(\tau)}{\omega_0} = \frac{\mathcal{G}}{l'(g(\mathcal{G}\tau))}.$$

Методика її експериментального визначення, згідно з вищенаведеним, постає у наступному:

1. Диктофон, увімкнений в режимі запису і зупинений системою активації при відсутності вхідного сигналу, активується звуковим сигналом повної частоти (наприклад, 1 КГц).
2. Записується частина сигналу певної тривалості (2 – 3 сек.).
3. Стрічка перемотується назад, і отримана фонограма відтворюється з постійною швидкістю. Вихідний сигнал диктофону оцифровується для подальшого дослідження.
4. Визначається миттєва частота введеного сигналу, і формується динамічна характеристика системи $\Omega(\tau)$.
5. Якщо необхідно, експеримент можна повторити.

Найбільш складним етапом експерименту є етап визначення миттєвої частоти сигналу. Тут треба відзначити, що в реальних системах сигнал підлягає

різним нелінійним викривленням, як на етапі запису, так і на етапі відтворення, що призводить до появи у спектрі сигналу вищих гармонік записаної частоти. Типовий приклад спектрограми подібного сигналу наведено на рис.1. На ньому виразно видно зону спрацювання системи активації та зону усталеного руху стрічки. У тих випадках, коли рівень вищих гармонік досить невеликий, для визначення динамічної характеристики системи з успіхом може бути використаний розроблений авторами цифровий частотний детектор, детально описаний в [1].

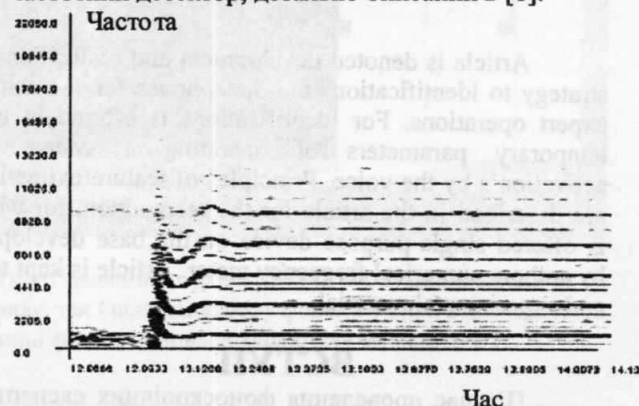


Рис.1 Спектрограма сигналу, записаного під час спрацювання системи активації.

У тих випадках, коли рівень вищих гармонік та/або шумів занадто високий, найбільш доцільно застосовувати методику визначення динамічної характеристики системи, яка базується на обчисленні миттєвих спектрів сигналу. Нижче наведено спрощений опис методики:

1. У зоні усталеного руху стрічки береться відрізок тривалістю біля сотих часток секунди.
2. На обраному відрізці обчислюється миттєвий спектр сигналу. Для зменшення небажаних ефектів, пов'язаних з малою тривалістю відрізка, при обчислюванні спектру доцільно використовувати зважування відрізка підходящим цифровим вікном, наприклад, вікном фон Ханна або Блекмена.
3. Визначається місцезнаходження на осі частот локальних максимумів спектру потужності, відповідних до гармонік базової частоти.
4. Далі обробка відбувається у циклі, на кожній ітерації якого робочий відрізок зсувається з певним кроком (біля кількох мілісекунд) до початку сигналу. Цикл завершується, коли середній рівень сигналу в робочому відрізку стає нижче за порогове значення, тобто робочий відрізок виходить за межі зони спрацювання системи активації.
5. Інакше знову обчислюється миттєвий спектр потужності робочого відрізка сигналу і визначається місцезнаходження локальних максимумів. Відбувається побудова траєкторій гармонік базової частоти, при якій продовженням траєкторії для кожної гармоніки вважається позиція на осі частот локального максимуму, найближчого до вже побудованого на попередній ітерації циклу.
6. Цикл повторюється.
7. Після закінчення циклу для кожної траєкторії обчислюється співвідношення у вигляді

$$\Omega_i(n) = \frac{\omega_i(n)}{\omega_{i,0}}, \text{ де } n - \text{ індекс ітерації, } \omega_i(n) -$$

траєкторія i -ї гармоніки, отримана на n -й ітерації, $\omega_{i,0}$ - значення траєкторії, обчислене на кроці 3.

8. На підставі отриманих даних обчислюється динамічна характеристика системи активації за

$$\text{формулою } \Omega(n) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Omega_i(n), \text{ де } N - \text{ кількість}$$

отриманих траєкторій.

Нижче, на рис. 2, подано динамічну характеристику системи активації диктофону фірми SONY, отриману під час обробки визначеним способом сигналу, спектрограма якого була наведена вище.

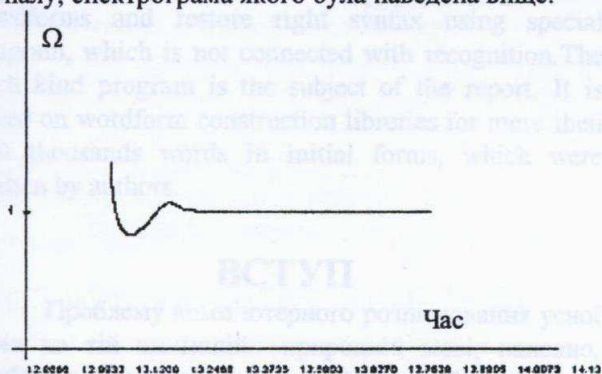


Рис. 2. Динамічна характеристика системи активації диктофону.

Таким чином, може бути сформована множинність, що навчає систему розпізнавати образи, які можна використати під час ідентифікації диктофонів. Наступним завданням є визначення динамічної характеристики системи активації диктофону, за допомогою якого була виготовлена фонограма, що досліджується. Для цього можна скористатися відомим з теорії мовоутворення [4] фактом, згідно якому спектри голосних звуків мають лінійчатую структуру. Приклад спектрограми голосного звуку "О" наведено на рис. 3.

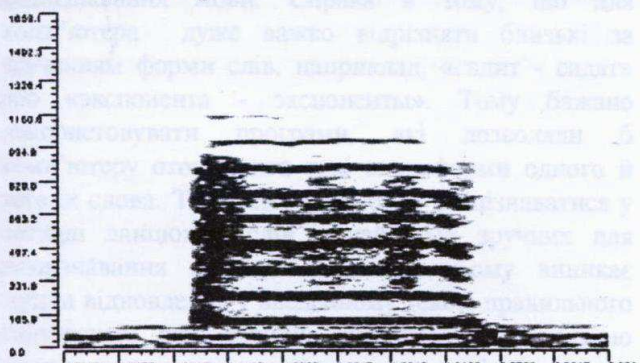


Рис.3. Спектрограма звуку «О»

Очевидно, що при активації диктофону голосним звуком, описаному вище викривленню підлягають усі його спектральні компоненти; окрім того, час спрацьовування системи активації замалий порівняно з часом інтонаційних змін основного тону мовлення. Тому для визначення динамічної характеристики невідомого диктофона достатньо застосувати описану вище методику з тією лише різницею, що дослідженню підлягає відрізок

фонограми, виконаний при активації диктофона голосним звуком або коротким приголосним з наступним голосним. Як приклад, на рис. 4 подано спектрограму сигналу, отриманого при активації диктофону, який фігурував раніше, словом "ДА", а на рис. 5 - динамічна характеристика системи активації, отримана на основі цього сигналу.

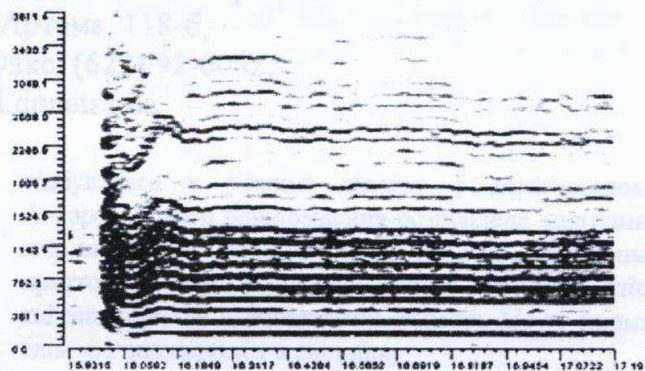


Рис. 4. Спектрограма сигналу активації з цього видно, що отримані різними способами характеристики практично співпадають.

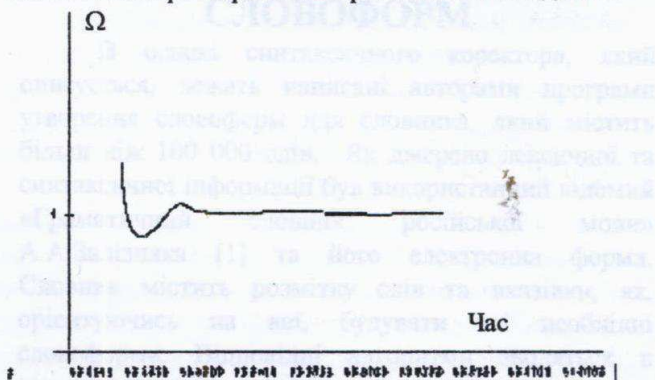


Рис. 5. Динамічна характеристика диктофону.

Отримані таким чином характеристики з успіхом можуть бути використані під час розв'язання завдання ідентифікації засобів запису. Вибір класифікатора, що використовується, визначається постановкою завдання ідентифікації у кожному конкретному випадку.

ВИСНОВКИ

У роботі запропоновано підхід до розв'язання проблеми ідентифікації диктофонів; обґрунтовано і розглянуто метод ідентифікації за динамічною характеристикою системи активації запису; стисло описано використані при цьому методики та алгоритми. Розглянуто приклади.

ЛІТЕРАТУРА

1. Старушко Д.Г., Шевченко А.И. Цифровой частотный детектор. Донецк, ДонГИИИ, «Искусственный Интеллект» №1, 1998.
2. Старушко Д.Г., «Быстрый алгоритм дискретного преобразования Хартли». Ялта, Материалы конференции KDS - 97, 1997.
3. Н. Ахмед, К. Рао, «Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов». М.: Связь, 1980.
4. Фант Г. «Акустическая теория речеобразования». М.: Наука, 1964.

флюиди, выходящие при извлечении нефти из пластов, являются объектом исследования. В процессе исследования были использованы методы газовой хроматографии, инфракрасной спектроскопии, масс-спектрометрии и др. В результате исследования были получены следующие результаты:



Рис. 1. Хроматограмма пробы нефти. 1 - метан; 2 - этан; 3 - пропан; 4 - н-бутан; 5 - изобутан; 6 - пентан; 7 - гексан; 8 - гептан; 9 - октан; 10 - нептан.

В процессе исследования были получены следующие результаты:

В процессе исследования были получены следующие результаты:

ВЫВОДЫ

В процессе исследования были получены следующие результаты:

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С. И. Иванов, А. П. Петров, В. С. Сидоров, М. А. Федорова, В. И. Кузнецов, "Нефтяное хозяйство", 1991, № 10, с. 45-48.
2. С. И. Иванов, А. П. Петров, В. С. Сидоров, М. А. Федорова, В. И. Кузнецов, "Нефтяное хозяйство", 1992, № 12, с. 50-53.
3. С. И. Иванов, А. П. Петров, В. С. Сидоров, М. А. Федорова, В. И. Кузнецов, "Нефтяное хозяйство", 1993, № 8, с. 60-63.
4. С. И. Иванов, А. П. Петров, В. С. Сидоров, М. А. Федорова, В. И. Кузнецов, "Нефтяное хозяйство", 1994, № 5, с. 70-73.
5. С. И. Иванов, А. П. Петров, В. С. Сидоров, М. А. Федорова, В. И. Кузнецов, "Нефтяное хозяйство", 1995, № 3, с. 80-83.

В процессе исследования были получены следующие результаты:

В процессе исследования были получены следующие результаты:

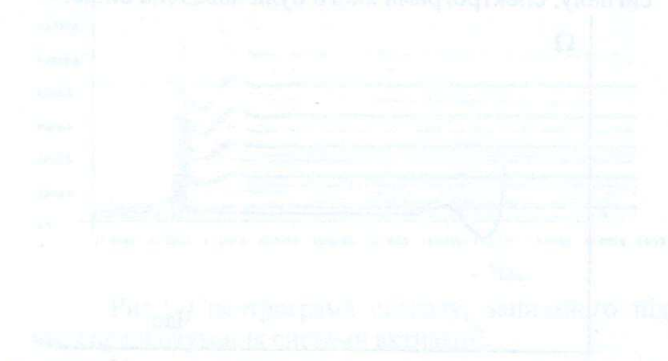


Рис. 2. Хроматограмма пробы нефти. 1 - метан; 2 - этан; 3 - пропан; 4 - н-бутан; 5 - изобутан; 6 - пентан; 7 - гексан; 8 - гептан; 9 - октан; 10 - нептан.

В процессе исследования были получены следующие результаты:

В процессе исследования были получены следующие результаты:

В процессе исследования были получены следующие результаты: