

Мужицька Н.В., к.т.н, ст. викладач
Житомирський державний технологічний університет
Справа М.О., аспірант
Житомирський державний технологічний університет
Тимчик Г.С., д.т.н, проф.
Національний технічний університет України «КПІ»

ЗАСТОСУВАННЯ ПОКАЗНИКА ХЬОРСТА ДЛЯ АНАЛІЗУ ГОЛОСУ ЛЮДИНИ

Сучасна медична діагностика має в своєму арсеналі методи та засоби аналізу біологічних сигналів, які дозволяють отримати достовірний діагностичний висновок в автоматичному режимі. Серед таких діагностичних систем, зокрема, система оцінки загального стану людини через аналіз голосу. Що ж стосується вимірювання характеристик звукової хвилі для діагностики безпосередньо голосового тракту людини, то в цьому напрямку наукові дослідження перебувають лише на початковому етапі.

З метою оцінки стану голосового апарату людини фахівці пропонують реєструвати голосові хвилі під час вимови голосного звуку протягом деякого тривалого проміжку часу (~1 хв).

Подальша обробка зареєстрованих звуків полягає, перед усім, у виділенні інформативної складової сигналу на фоні шумів та завад, що супроводжують процес запису голосу. До цієї задачі пред'являються досить високі вимоги, що пояснюється, власне, подальшою інтерпретацією голосних звуків. Вона полягає у виділенні основних формант звуку, що був записаний, з подальшим аналізом гармонік нижчих порядків. Саме ці низькочастотні гармоніки, які відповідають за індивідуальне забарвлення голосу, несуть в собі інформацію про стан голосового апарату людини. Ефективність даного методу безпосередньо пов'язана з тим, наскільки якісно будуть відділені інформативні компоненти голосового запису від шумів, завад та артефактів.

Для розв'язання задачі фільтрації сигналу сьогодні застосовують широкий спектр методів цифрової обробки, проте більшість з них є ефективною, коли достеменно відомо співвідношення між рівнем корисного сигналу та рівнем шуму. Для реальних сигналів реалізувати точну оцінку рівня шумових компонент в комплексному сигналі майже неможливо.

Дана проблема може бути розв'язана шляхом використання методів фрактального аналізу, які дозволяють виявляти самоподібність, персистентність в сигналах різної природи. Один з методів фрактального аналізу, що пов'язаний з обчисленням коефіцієнту Хьорста часових послідовностей, - метод RS-аналізу. Даний метод був з успіхом застосований для виявлення закономірностей поведінки різноманітних сигналів, що породило велику кількість його модифікацій. Так, окрім класичного RS-аналізу, пропонується використовувати швидкий та рандомізований алгоритми розрахунку коефіцієнта Хьорста. Пов'язано це з тим, що класичний алгоритм через свою обчислювальну складність вимагає тривалих часових затрат, що є неприйнятним з точки зору сучасної медичної діагностики. Використання швидкого алгоритму RS-аналізу вимагає вибору певних початкових умов, від яких, ймовірно, залежить точність розрахунку коефіцієнта Хьорста.

Рандомізований алгоритм – це модифікація методу, розроблена спеціально для роботи в умовах шумів та завад. В даній роботі проведено дослідження точності розрахунку коефіцієнта Хьорста при різних модифікаціях швидкого алгоритму розрахунку показника Хьорста.

В ході експерименту було реалізовано запис голосних літер «а», «о», «у», «і», «е» на лабораторному зразку приладу діагностики за голосом людини «Голос-1», розробленому на кафедрі автоматики і управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету. Частота дискретизації становила 8 кГц, тривалість процедури запису голосу – 15 с. Файли з записом голосу були інтерпретовані в програмний комплекс для реалізації RS-аналізу з використанням різних алгоритмів. Результати експерименту представлені таблицею 1.

Аналіз таблиці 1 підтверджує той факт, що класичний алгоритм RS-аналізу, незважаючи на свою точність, не може бути застосований в діагностичній практиці, оскільки для нього час реалізації значно перевищує час реєстрації голосових хвиль.

Швидкий алгоритм достатньо наближується до класичного при певних початкових умовах. Так, аби оцінити наскільки зменшується точність при переході до швидкого алгоритму обчислення показника Хьорста, був обрахований коефіцієнт кореляції Пірсона для векторів, що містять показники Хьорста, отримані різними методами. За основу прийнято класичний алгоритм аналізу.

Наведені в таблиці 1 середні значення коефіцієнтів кореляції для серед усіх записаних літер дають підстави стверджувати, що швидкий алгоритм наближається до класичного при розмірі початкової комірки $d_0 = 200$ відліків. Проте і в цьому випадку коефіцієнт кореляції є недостатньо високим (~0.5), що змушує шукати альтернативні методи обчислення показника Хьорста для голосових сигналів.

Таблиця 1.

Розрахунок коефіцієнту Хьорста для записів голосних літер з використанням різних модифікацій RS-аналізу

Алгоритм RS-аналізу Запис літери (120000 відліків)	Класичний алгоритм	Швидкий алгоритм					
		початкова комірка $d_0 = 10$	початкова комірка $d_0 = 20$	початкова комірка $d_0 = 50$	початкова комірка $d_0 = 100$	початкова комірка $d_0 = 200$	початкова комірка $d_0 = 500$
«а»	1	0,7180	0,7331	0,7409	0,7621	0,7875	0,7634
«о»	0,7025	0,6402	0,6108	0,5785	0,5513	0,5119	0,3957
«е»	0,8000	0,6800	0,6839	0,7204	0,7654	0,8070	0,8383
«у»	0,8652	0,5719	0,5217	0,4932	0,4938	0,5009	0,5482
«і»	0,8092	0,5310	0,4886	0,4518	0,4955	0,5944	0,7588
Коефіцієнт кореляції	-	0,3654	0,3993	0,3949	0,4432	0,5028	0,4987
Середній час реалізації, с	483,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1

Слід також відмітити різницю в середніх значеннях показника Хьорста для різних літер. Цей факт грає значну роль при виборі методів фрактального аналізу і, зокрема, RS-аналізу для обробки голосових сигналів в задачі медичної діагностики за характеристиками голосових хвиль.

Для уточнення взаємозв'язку між характеристиками звукової хвилі і величиною показника Хьорста слід провести ряд додаткових досліджень.

Таким чином, доведено можливість використання показника Хьорста для аналізу голосових сигналів в отоларингологічній діагностиці.

Встановлено, що класичний алгоритм, незважаючи на свою точність, не може бути використаний через високі часові затрати.

Серед модифікацій швидкого алгоритму RS-аналізу найприйнятнішим з точки зору вибраних сигналів виявився алгоритм з початковою коміркою даних розміром $d_0 = 200$ відліків.

МУЖИЦЬКА Наталія Віталіївна — к.т.н, старший викладач кафедри Автоматики і управління в технічних системах, Житомирський державний технологічний університет. Наукові інтереси: цифрова обробка сигналів, методи біотехнічних і медичних досліджень. E-mail : muzhitskaya_zh@rambler.ru

СПРАВА Марина Олександрівна – аспірант кафедри Автоматики і управління в технічних системах, Житомирський державний технологічний університет. Наукові інтереси: біофізика серцево-судинної системи; моделювання і методи обробки пульсових хвиль. E-mail: marina_ayb1@mail.ru

ТИМЧИК Григорій Семенович – д.т.н, професор, завідувач кафедрою виробництва приладів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». Наукові інтереси: технологія оптичного виробництва, інформаційно-вимірювальні системи і технології, біофізика і біомеханіка. E-mail : deanpb@kpi.ua