спектральных полос в ИК-области спектра для жидкостей, представляется возможность построить основу алгоритма распознавания, контроля качества и провести паспортизацию объектов-оригиналов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Melnikov G.A., Verveyko V.N., Polyansky A.V. // International Journal of Thermophysics. 2011. 32. P. 901.

2. Melnikov G.A., Verveyko V.N., Melikhov Yu. F. [et. al.] // Vestnik MGTU. Estestvennye Nauki. 2011. 3. P. 108.

3. Melnikov G.A., Ignatenko N.M., Cherkasov E.N. // Irreversible processes in nature and technology. Proceedings of the VIII National Conference. Part 3. M.: Bauman, 2015. P. 21–25.

4. Спектрометрическая паспортизация материалов / А.И. Андреев, В.А. Никитенко, А.В. Пауткина, С.М. Кокин // Необратимые процессы в природе и технике: тр. восьмой Всерос. конф. (27–29 января 2015 года). Ч. I. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. С. 38–41.

УДК 004.934

***Я.Н. Имамвердиев, Л.В. Сухостат***
e-mail: yadigar@lan.ab.az, lsuhostat@hotmail.com

*Институт информационных технологий НАНА, Баку, Азербайджан*

## *ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРИЗНАКОВ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭМПИРИЧЕСКОГО ВЕЙВЛЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ*

*В работе предлагается метод извлечения периода основного тона речевого сигнала на основе эмпирического вейвлет преобразования.*

Выбор алгоритма для оценки периода основного тона всегда состоит в нахождении компромисса между временем, робастностью и вычислительной сложностью [1]. Мы предлагаем метод построения семейства адаптивных вейвлетов для выделения периода основного тона речевого сигнала.

Рассмотрим реальный сигнал $x(t)$, который дискретизируется на частоте $f_s$. Вначале к дискретному сигналу $x(k)$ применяется быстрое преобразование Фурье для получения спектра частот $X(\omega)$, а затем находится множество максимумов в спектре Фурье с помощью магнитуды и порогов разности частот и выводится соответствующая им частота $\omega_i$. Учитывая этот набор частот $\omega = \{\omega_i\}_{i=1,2,\ldots,M}$ спектр Фурье $[0, f_s/2]$ разбивается на $M$ сегментов, где каждый сегмент определяется как $\Lambda_i = [\Omega_{i-1}, \Omega_i]$ [2]. Предполагая, что $\Omega_0 = 0$ и $\Omega_M = f_s/2$, границы $\Omega_i$ определяются как $\Omega_i = \dfrac{\omega_i + \omega_{i+1}}{2}$, $1 \le i \le M-1$, где $\omega_i, \omega_{i+1}$ – частоты.

Эмпирические вейвлеты [2] определяются как полосовые фильтры на каждом $\Lambda_i$. Тогда для всех $i > 0$ определяем эмпирическую масштабируемую функцию $\widehat{\varphi}_1(\omega)$ и эмпирические вейвлеты $\widehat{\psi}_i(\omega)$ согласно (1) и (2), соответственно

$$\widehat{\varphi}_1(\omega) = \begin{cases} 1, & \textit{если} \quad |\omega| \le (1-\gamma)\Omega_1 \\ \cos\left[\pi/2\, \beta(\gamma, \Omega_1)\right], & \textit{если} \quad (1-\gamma)\Omega_1 \le |\omega| \le (1+\gamma)\Omega_1 \\ 0, & \textit{в противном случае} \end{cases} \tag{1}$$

и

$$\widehat{\psi}_i(\omega) = \begin{cases} 1, & \textit{если} \quad (1+\gamma)\Omega_i \le |\omega| \le (1-\gamma)\Omega_{i+1} \\ \cos\left[\pi/2\, \beta(\gamma, \Omega_{i+1})\right], & \textit{если} \quad (1-\gamma)\Omega_{i+1} \le |\omega| \le (1+\gamma)\Omega_{i+1} \\ \sin\left[\pi/2\, \beta(\gamma, \Omega_i)\right], & \textit{если} \quad (1-\gamma)\Omega_i \le |\omega| \le (1+\gamma)\Omega_i \\ 0, & \textit{в противном случае.} \end{cases} \tag{2}$$

Здесь $(1-\gamma)\Omega_{i+1}$ – параметр, учитывающий отсутствие дублирования между двумя переходными областями [2].

Эмпирическое вейвлет преобразование (Empirical Wavelet Transform, EWT) может быть определено подобно обычному вейвлет преобразованию. Коэффициенты аппроксимации получены

скалярным произведением рассматриваемого сигнала $x$ и эмпирической масштабируемой функции

$$W_x(0,t) = \langle x, \varphi_1 \rangle = \int x(\tau)\varphi_1(\tau - t)d\tau.$$

Детализирующие коэффициенты получены скалярным произведением рассматриваемого сигнала $x$ с эмпирическими вейвлетами

$$W_x(i,t) = \langle x, \psi_i \rangle = \int x(\tau)\psi_i(\tau - t)d\tau.$$

Это показывает, что данный метод может точно извлекать информацию из различных частотных компонентов, присутствующих в сигнале.

Эмпирическая мода (Intrinsic Mode Function, IMF) $f_i$ определяется следующим образом:

$$f_0(t) = W_x(0,t) * \varphi_1(t),$$
$$f_i(t) = W_x(i,t) * \psi_i(t).$$

После получения IMF, для нахождения мгновенной частоты и мгновенной амплитуды применяется дискретный алгоритм разделения энергии (Discrete Energy Separation Algorithm, DESA) [3]. Далее определяется период основного тона речевого сигнала.

Предлагаемый метод автоматически оценивает точное количество IMF на основе частотных компонент. Результаты показали, что этот метод высоко адаптивен, что делает его пригодным для речевых сигналов в режиме реального времени.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики – Грант № EİF-RİTN-MQM-2/İKT-2-2013-7(13)-29/18/1.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A comparative performance study of several pitch detection algorithms / L. Rabiner, M.J. Cheng, A.E. Rosenberg, C.A. McGonegal // IEEE Trans. on Acoust., Speech and Signal Proc. 1976. N. 5. P. 399–417.

2. Gilles J. Empirical Wavelet Transform // IEEE Transactions on Signal Processing. 2013. Vol. 61. № 16. P. 3999–4010.

3. Schlotthauer G., Torres M. E. and Rufiner H. L. A new algorithm for instantaneous F0 speech extraction based on Ensemble Empirical Mode Decomposition // Proc. 17th European Signal Processing Conf. 2009. P. 2347–2351.