

Учреждение образования  
«Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ  
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ: НАУЧНЫЙ  
И МЕТОДИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ**

Сборник материалов  
Республиканской научно-практической конференции,  
посвященной 450-летию со дня рождения Г. Галилея

Брест, 17–18 апреля 2014 года

Брест  
БрГУ имени А.С. Пушкина  
2014

УДК 002+004+4+37+51+53+330+347+371+372+373+378+417+510+511+  
512+513+514+515+517+519+524+530+531+535+536+537+539+621+681  
ББК 22.2+22.6+74.58  
М 34

*Рекомендовано редакционно-издательским советом Учреждения образования  
«Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»*

*Рецензенты:*

кандидат физико-математических наук, доцент

**Г.Е. Хурсевич**

кандидат педагогических наук, доцент

**Г.Н. Груздев**

*Под общей редакцией*

кандидата физико-математических наук, доцента **Н.Н. Сендера**

**М 34**     **Математические** и физические методы исследований: научный и методический аспекты : сб. материалов Респ. науч.-практ. конф., посвящ. 450-летию со дня рождения Г. Галилея, Брест, 17–18 апр. 2014 г. / Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина ; под общ. ред. Н.Н. Сендера. – Брест : БрГУ, 2014. – 298 с.  
ISBN 978-985-555-196-7.

В сборник включены материалы конференции, посвященные решению актуальных проблем физики, математики и информатики, а также отражающие опыт преподавания соответствующих дисциплин в высших и средних учебных заведениях.

Материалы могут быть использованы научными работниками, аспирантами, преподавателями и студентами высших учебных заведений, специалистами системы образования.

Ответственность за языковое оформление и содержание материалов несут авторы.

УДК 002+004+4+37+51+53+330+347+371+372+373+378+417+510+511+  
512+513+514+515+517+519+524+530+531+535+536+537+539+621+681  
ББК 22.2+22.6+74.58

ISBN 978-985-555-196-7

УО «Брестский государственный  
университет имени А.С. Пушкина», 2014

УДК 534.44; 534.785

**В.В. МИТЯНОК**

Пинск, ПолесГУ

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АППРОКСИМАЦИИ В ЗАДАЧАХ, СВЯЗАННЫХ С АВТОМАТИЧЕСКИМ РАСПОЗНАВАНИЕМ РЕЧИ**

В [1, 2] предложен метод аппроксимации для разложения некоторой функции  $y_i = y(x_i)$ , представляющей собой сумму (почти) гармонических функций, на исходные слагаемые. Метод основан на функционале

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - b_{0i} - \sum_{k=1}^{\eta} a_{k_i} \sin(\omega_k i) - \sum_{k=1}^{\eta} b_{k_i} \cos(\omega_k i))^2 + \alpha \sum_{i=1}^{n-1} (b_{0i} - b_{0,i+1})^2 + \alpha \sum_{k=1}^{\eta} \sum_{i=1}^{n-1} (b_{k_i} - b_{k,i+1})^2 + \alpha \sum_{k=1}^{\eta} \sum_{i=1}^{n-1} (a_{k_i} - a_{k,i+1})^2, \quad (1)$$

где  $a_{k_i}$ ,  $b_{k_i}$ ,  $b_{0_i}$  – соответственно дрейфующие амплитуды аппроксимируемых синус- и косинус-волн и дрейфующее начало отсчета,  $l_i$  – количество аппроксимирующих функций,  $\omega_i$  – их частоты,  $\alpha$  – коэффициент гладкости,  $n$  – количество известных точек. Набор частот  $\omega_i$  представляет собой так называемую «ловящую сеть».

Первая сумма (1), не содержащая  $\alpha$ , несет ответственность за близость аппроксимируемой и аппроксимирующей функций, а остальные суммы, умноженные на  $\alpha$ , – за гладкость дрейфующих амплитуд и начала отсчета.

Вычисление частных производных  $S$  по  $a_{k_i}$ ,  $b_{k_i}$ ,  $b_{0_i}$  и приравнивание их нулю приводит к составлению системы линейных алгебраических уравнений относительно  $a_{k_i}$ ,  $b_{k_i}$ ,  $b_{0_i}$ , решив которую, можно получить решение задачи аппроксимации.

Таким путем были найдены некоторые закономерности в поведении фаз различных мод, из которых состоят звуки от различных респондентов, что открывает возможность разработки программы автоматического распознавания человека по голосу [3].

Метод аппроксимации требует как можно более точного знания несущих частот аппроксимируемой функции. Нулевое приближение несущих частот может быть получено традиционным методом преобразований Фурье. Ниже покажем, как можно, используя тот же метод аппроксимации, уточнить набор несущих частот для некоторых звуков.

Методом преобразований Фурье были найдены начальные приближения несущих частот звука «З» (в исполнении автора) – 0.023, 0.043, 0.064, 0.087.

0.127, 0.186, 0.342, 0.548, 0.676, 0.809, 0.91, 1.092, 1.134, 1.36. (За единицу принята частота  $44100/(2\pi) \approx 7018.7$  Гц). Затем для этого набора частот методом аппроксимации было найдено, что дрейфующая синус-амплитуда первой моды ( $\omega_1 = 0.023$ ) имеет вид, представленный на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, на плавный график накладываются некие новые колебания. Частота накладывающихся колебаний близка к значению 0.0115, то есть к 1/2 от нижней частоты ловящей сети. Причем эти новые колебания действуют не постоянно, они как бы хаотически вспыхивают, их усредненная интенсивность мала и не проявляется на спектре Фурье.

На дрейфующие амплитуды моды номер 2 ( $\omega_2 = 0.043$ ) также накладываются колебания с частотой 0.0115. А вот на дрейфующие амплитуды моды номер 3 ( $\omega_3 = 0.064$ ) накладываются колебания с частотой 0.0345, что в 1.5 раза больше, чем базовая частота.



Рисунок 1 – Фрагмент дрейфующей синус-амплитуды первой моды ( $\omega_1 = 0.023$ ) (Дрейфующая косинус-амплитуда принципиально такая же)

Кроме того, для других мод просматриваются и более высокие частоты, которые остались “без присмотра” из-за того, что в использованной ловящей сети не оказалось частот, близких к реально существующей несущей частоте рассматриваемого звукового сигнала.

Таким образом, число частот ловящей сети следует увеличить. Кроме того, номиналы некоторых частот были несколько подправлены, так как это приводило к меньшей остаточной невязке. В результате оказалось, что лучшие результаты дает ловящая сеть, состоящая из 32 частот, номиналы которых равны 0.0115, 0.023, 0.0345, 0.046, 0.0642, 0.187, 0.344, 0.5, 0.534, 0.58, 0.61, 0.663, 0.71, 0.813, 0.887, 1.033, 1.1, 1.155, 1.301, 1.374, 1.443, 1.558, 1.708, 1.828, 1.948, 2.068, 2.188, 2.308, 2.428, 2.548, 2.668, 2.788.

Последние 10 частот являются эквидистантными, соответствующие им амплитуды незначительны, их назначение – принимать на себя присутствующие в сигнале «З» высокие частоты, возникающие, скорее всего, в ре-

зультате появления между зубами человека стоячих волн, которые не несут никакой полезной информации, но которые могут «оседлать» и «подпортить» более низкие информативные частоты.

После выбора новой лоящей сети вновь было произведено разложение звуковой кривой звука «З». Как и ожидалось, в результате усовершенствования лоящей сети дрейфующие синус- и косинус-амплитуды мол очистилась от примесных колебаний. Так, например, синус-амплитуда моды номер 1 первой лоящей сети приняла вид, указанный на рисунке 2.



Рисунок 2 – Дрейфующая синус-амплитуда моды с  $\omega_1 = 0.023$  усовершенствованной лоящей сети

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Митянок, В.В. О числовых характеристиках некоторых низкочастотных звуков человеческой речи / В.В. Митянок // Техническая акустика [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа : <http://www.ejta.org>.
2. Митянок, В.В. Определение числовых характеристик высокочастотных звуков речи на основе аппроксимации гармоническими функциями / В.В. Митянок // Изв. НАН Беларуси, Сер. физ.-мат. наук. – 2009. – № 2 – С. 111.
3. Митянок, В.В. Применение фазового анализа звуков речи для распознавания человека по его голосу / В.В. Митянок, Н.В. Коновалова // Техническая акустика [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа : <http://www.ejta.org>.