

## Література

1. Тевяшев, А.Д. Интеллектуальная система обнаружения криминальных отборов из продуктопроводов [Текст] / А.Д. Тевяшев, К.В. Кобылинский // Бионика интеллекта: научн.-техн. журнал. – 2006. – №1(64). – С. 6 - 18.
2. Лурье, М.В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа. [Текст] / М.В. Лурье – М: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 336 с.
3. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей 4-е изд. [Текст] / Е. С. Вентцель. М.: Наука, 1969. - 576с

**Abstract**

*The article considers the analytical method of finding the point of intervention in the process of transportation of hydrocarbons - leaking or criminal deprivation.*

*The analytical method is the most efficient one for steady-state conditions of transport of hydrocarbons in the main delivery ducts. It permits to determine the location of the point of intervention in the process, as well as to evaluate the metrological characteristics of the method: the variance of this estimate of leak location, depending on the metrological characteristics of the measurement devices of process parameters of hydrocarbons (pressure, flow, temperature and density), the variance of estimates and heat transfer coefficients.*

*The suggested method could be the most effective for the main delivery ducts, which have the distance between the metering units of five - ten kilometers. Nowadays, the designed method is tested at one of the condensate lines*

**Keywords:** *delivery duct, criminal deprivation, hydrocarbons*

В статті описано метод розпізнавання періодичного еталонного сигналу при наявності адитивної періодичної завади, яка накладається на нього на частотах, що невідомі заздалегідь. Відомою є полоса частот завади, однак її спектральна характеристика невідома

**Ключові слова:** *розпізнавання періодичного сигналу, функції непропорційностей, адитивна завада, періодична завада*

В статье описан метод распознавания периодического эталонного сигнала при наличии аддитивной периодической помехи, которая накладывается на него на заведомо неизвестных частотах. Известна полоса частот, занимаемая помехой, однако ее спектральная характеристика неизвестна

**Ключевые слова:** *распознавание периодического сигнала, функции непропорциональностей, аддитивная помеха, периодическая помеха*

УДК 517.17:681.518.5:004.93:004.522

## РАСПОЗНАВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ЭТАЛОННЫХ СИГНАЛОВ ПРИ НАЛОЖЕНИИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПОМЕХ

**В. В. Авраменко**

Кандидат технических наук, доцент\*

Контактный тел.: 099-555-40-06

E-mail: avr@sumdu.edu.ua

**Ю. И. Прохненко**

Аспирант\*

Контактный тел.: 066-962-89-31

E-mail: prokhnenko.mail@yandex.ru

\*Кафедра компьютерных наук

Сумской государственной университет

ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, Украина, 40007

### 1. Введение

Распознавание эталонных сигналов при наличии аддитивной помехи является актуальной задачей и рассматривается во множестве работ [1, 2, 3]. Однако в основном рассматривается случай, когда помеха носит

случайный характер. На практике часто встречаются задачи, когда помеха является периодической и ее спектр частично накладывается на спектр эталонного сигнала на заведомо неизвестных частотах. В частности, подобная задача возникает при автоматическом распознавании голосовых команд в случае, когда на

них накладывается чужая речь или периодический шум от работающего механизма.

В общем случае спектр такой помехи неизвестен, но может быть определена полоса занимаемых ею частот. В этих условиях необходимо отфильтровать помеху и затем распознать, какой из заданного множества эталонных сигналов имеется в анализируемом.

То, что спектр помехи неизвестен и накладывается на спектр эталонного сигнала на неизвестных частотах, усложняет применение такой оптимальной фильтрации, которая не привела бы к искажению эталона.

Задача еще более усложняется, если в анализируемом сигнале присутствует лишь фрагмент одного из эталонов и, к тому же, требуется распознать его в текущий момент времени.

## 2. Постановка задачи

Дано конечное множество эталонных функций  $f_i(t)$ , описывающих эталонные сигналы, где  $i=1,2,...,M$ , где  $M$  - количество эталонов.

Анализируемый сигнал имеет вид

$$y(t) = kf_1(t) + \eta(t), \quad (1)$$

где  $k$  - коэффициент, значение которого неизвестно;

$\eta(t)$  - помеха;

$t$  - время.

Эталонные функции и помеха периодические, гладкие и имеют производные  $M$ -го порядка. Помеха  $\eta(t)$  удовлетворяет условиям, необходимым для её разложения в ряд Фурье, и не имеет постоянной составляющей.

Необходимо по известным в текущий момент времени  $t$  значениям анализируемого сигнала  $y(t)$  и его производных распознать, фрагмент какого эталонного сигнала и с каким коэффициентом при нем присутствует в анализируемом сигнале.

## 3. Описание метода

Условия, которым удовлетворяет помеха, позволяют представить анализируемый сигнал в виде

$$y(t) = kf_1(t) + \sum_{j=1}^N (a_j \cos \omega_j t + b_j \sin \omega_j t), \quad (2)$$

где  $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$ ,  $T$  - период помехи,  $\omega_j = j\omega_0$ ,  $N$  - количество гармоник,  $a_j, b_j$  - неизвестные коэффициенты разложения помехи в ряд Фурье.

Для нахождения этих коэффициентов предлагается использовать алгоритм, основанный на вычислении функций непропорциональностей [4]. Конкретно предлагается использовать функцию непропорциональности по производной 1-го порядка для функций, заданных параметрически. Например, для некоторых функций  $x(t)$  и  $y(t)$  эта непропорциональность  $y(t)$  по  $x(t)$  имеет вид

$$@d_{x(t)}^{(1)}y(t) = \frac{y(t)}{x(t)} - \frac{dy/dt}{dx/dt}. \quad (3)$$

Здесь  $@$  - символ вычисления непропорциональности;  $d$  - от англ. derivative. Читается «эт  $d$  один  $y(t)$  по  $x(t)$ ». Основным свойством данной функции является то, что она принимает нулевые значения в случае, когда между  $x(t)$  и  $y(t)$  существует пропорциональная связь независимо от значения коэффициента пропорциональности [4]. Обозначим непропорциональность (3) некоторой функции  $f_a(t)$  по другой функции  $f_b(t)$  как

$$F_{ab}(t) = @d_{f_b(t)}^{(1)}f_a(t). \quad (4)$$

Представим анализируемый сигнал (2) как сумму  $L = 2N + 1$  функций с неизвестными коэффициентами при них

$$f_0(t) = k_1 f_1(t) + k_2 f_2(t) + \dots + k_L f_L(t), \quad (5)$$

где  $f_0(t)$  - анализируемый сигнал,  $k_1$  - неизвестный масштабный множитель при эталоне,  $f_j(t), j=2..L$  - функции, представляющие разложение помехи в ряд Фурье, с неизвестными коэффициентами  $k_j$  при них. Таким образом, вид функций  $f_2(t), \dots, f_L(t)$  известен, однако неизвестны коэффициенты при них. Вместо  $f_i(t)$  предполагается поочередно подставлять каждый из эталонных сигналов из заданного множества  $f_i(t)$ , ( $i=1,2,...,M$ ).

## 4. Алгоритм распознавания

Входными данными для системы распознавания являются анализируемый сигнал, набор эталонов и основная частота помехи.

В [5] рассматривается случай, когда анализируется сигнал, представляющий собой сумму одной или нескольких эталонных функций с неизвестными коэффициентами при них.

Алгоритм предполагает вычисление непропорциональности (4) функции, представляющей анализируемый сигнал, по какой-либо одной из эталонных функций. Кроме того, вычисляются непропорциональности (4) каждой из остальных эталонных функций по выбранной. Пусть, например, выбрана эталонная функция  $f_1(t)$ , тогда, поскольку непропорциональность  $F_{11}(t)$  функции  $k_1 f_1(t)$  по  $f_1(t)$  равна нулю независимо от значения коэффициента  $k_1$ , уравнение непропорциональности  $F_{01}(t)$  функции  $f_0(t)$  по  $f_1(t)$  имеет вид

$$F_{01}(t) = k_2 F_{21}(t) + \dots + k_L F_{L1}(t). \quad (6)$$

Далее аналогично выбирается одна из непропорциональностей, полученных в правой части уравнения, и вычисляются непропорциональности одних ранее вычисленных непропорциональностей по выбранной. Допустим, выбрана непропорциональность  $F_{21}(t)$  функции  $f_2(t)$  по  $f_1(t)$ , тогда

$$F_{0121}(t) = k_3 F_{3121}(t) + \dots + k_L F_{L121}(t).$$

При каждом таком вычислении количество слагаемых уменьшается. В конце концов, находится единственная непропорциональность. Условимся называть ее старшей непропорциональностью. Полученные при последовательном вычислении непропорциональностей результаты позволяют вычислить коэффициенты при всех слагаемых, входящих в распознаваемое изображение [5].

Этот алгоритм предлагается использовать для решения поставленной задачи. Для этого в качестве  $f_i(t)$  в (5) следует подставлять поочередно  $i$ -й эталонный сигнал,  $i=1,2,..M$ . Так как заведомо неизвестно, фрагмент которого из эталонов входит в  $f_0(t)$ , то необходимо вычислять непропорциональности (4) вплоть до получения старшей непропорциональности для каждого эталонного сигнала  $f_i(t), i=1,2,..M$ . В случае, если фрагмент эталона  $f_i(t)$  входит в анализируемый сигнал на определенном интервале времени, значение старшей непропорциональности на этом интервале будет нулевым. Для всех остальных эталонов, не входящих в  $f_0(t)$ , старшая непропорциональность не будет равняться нулю.

После того, как определен фрагмент эталона  $f_i(t)$ , содержащийся в текущий момент времени в анализируемом сигнале, предоставляется возможность вычислить коэффициенты  $k_1, k_{L-1}, ..., k_2$  для гармоник помехи и коэффициент  $k_1$  при эталонном сигнале в уравнении (5). Для этого используется треугольная матрица коэффициентов, полученная в результате последовательного вычисления непропорциональностей при подстановке в (5)  $i$ -го эталона [5].

Знание этих коэффициентов может быть использовано при необходимости отфильтровать помеху.

### 5. Пример

Пусть множество эталонных сигналов состоит из двух осциллограмм речевых команд "run" и "stop". Условимся команду «run» считать первым эталоном.

Рассмотрим пример, когда имеет место голосовая команда "run" и на нее накладывается помеха от вращающегося механизма с известной полосой частот, но неизвестным спектром.

Коэффициент усиления эталонного сигнала  $k_1 = 3.12$ . Эталонные сигналы изображены на рис. 1.

Для иллюстрации работы алгоритма моделируется помеха, спектр которой частично пересекается со спектрами обоих эталонов. Основная частота помехи 50 Гц. Кроме того, ее большая амплитуда не позволяет на слух определить какая из команд содержится в зашумленном сигнале. Помеха описывается выражением:

$$\eta(t) = k_2(100 \cos \omega_0 t) + k_3(100 \sin \omega_0 t) + k_4(100 \cos 2\omega_0 t) + k_5(100 \sin 2\omega_0 t) + k_6(100 \cos 3\omega_0 t) + k_7(100 \sin 3\omega_0 t)$$

где  $\omega_0 = 314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ,  $k_2 = 81.24$ ;  $k_3 = -15.25$ ;  $k_4 = -111.14$ ;  $k_5 = 50.6$ ;  $k_6 = -7.15$ ;  $k_7 = -141.65$ . Значения коэффициентов выбраны произвольно.

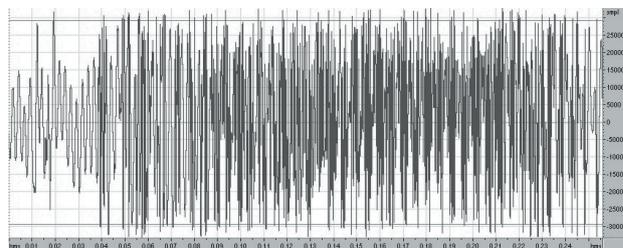


Рис. 2. Анализируемый сигнал (зашумленный первый эталон)

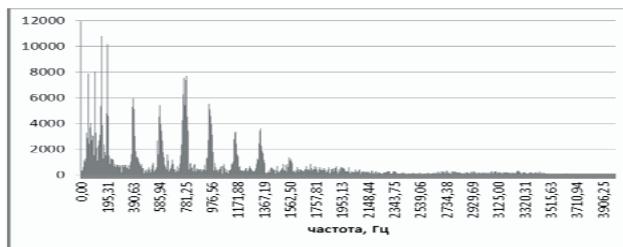
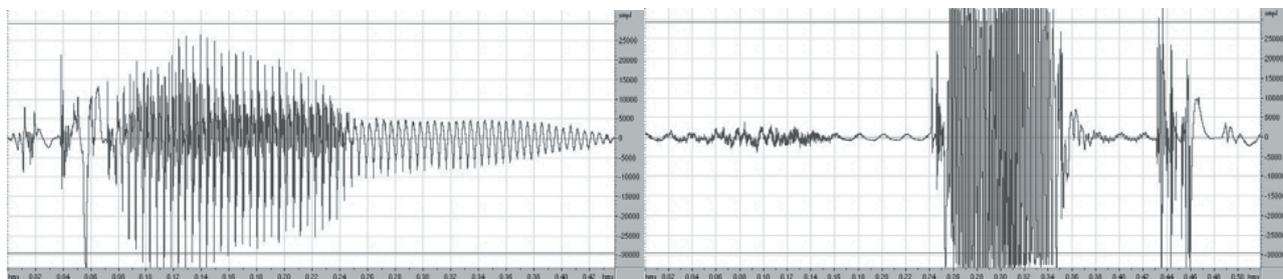


Рис. 3. Спектр анализируемого сигнала

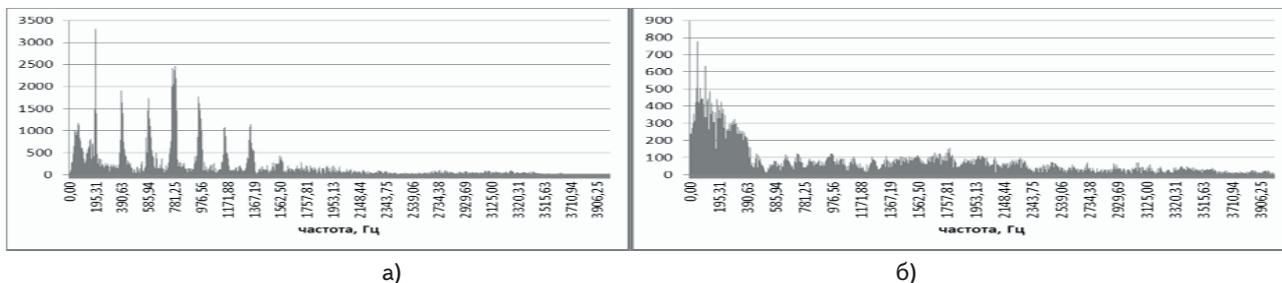
Анализируемый сигнал представлен на рис. 2, а его спектр – на рис. 3.

Амплитудные спектры первого и второго эталонов представлены на рис. 4. Для наглядности на рис. 5 показаны искаженные помехой части спектров первого и второго эталонных сигналов. На приведенных графиках видно, что амплитуды около гармоник 50 Гц, 100 Гц, 150 Гц значительно больше соседних вследствие суммирования с помехой.

При вычислении непропорциональностей (4) по первому эталону получаем значения старшей непропорциональности равные нулю (рис. 6а). В данном примере старшая непропорциональность равна нулю во всей области задания первого эталонного сигнала, что свидетельствует о том, что он весь входит в анализируемый сигнал.



а) б) Рис. 1. Осциллограммы речевых команд: а) «run», б) «stop»



а) б)  
Рис. 4. Спектры эталонных сигналов: а) первого; б) второго



а) б)  
Рис. 5. Наложение спектра помехи на спектры первого (а) и второго (б) эталонных сигналов



а) б)  
Рис. 6. Значения старшей непропорциональности при вычислении ее по первому (а) и второму (б) эталонам

Ниже приведены значения коэффициентов, вычисленных в соответствии с алгоритмом, приведенным в [5]

$$k_1 = 3,12000; \quad k_2 = 81,24000;$$

$$k_3 = -15,24999; \quad k_4 = -111,14000;$$

$$k_5 = 50,59999; \quad k_6 = -7,15036; \quad k_7 = -141,64976.$$

Их значения практически совпадают с масштабным множителем при первом эталонном сигнале и коэффициентами, заданными при моделировании помехи. Для второго эталона старшая непропорциональность существенно отклоняется от нуля либо вообще не может быть вычислена (рис. 6б). Здесь заштрихованными областями на графике показаны значения старшей непропорциональности, которые

вычислить невозможно вследствие деления на ноль. Это значит, что анализируемый сигнал не содержит фрагментов второго эталона.

## 6. Выводы

Предложенный метод позволяет оперативно распознать фрагмент какого из эталонных сигналов входит в анализируемый и с каким масштабным коэффициентом при нем. Его основным преимуществом является оперативность, т.к. нет необходимости наблюдения за сигналом на протяжении полного периода эталона, что особенно актуально при распознавании низкочастотных сигналов. Программная реализация предложенного алгоритма показала свою эффективность на конкретном примере.

## Литература

1. Пуятин Е.П. Нормализация и распознавание изображений [Электронный ресурс] / Сумский гос. ун-т, летняя научно-практическая школа «Интеллектуальные системы». – Режим доступа : \www/ URL: <http://sumschool.sumdu.edu.ua/is-02/rus/lectures/pytyatin/pytyatin.htm/> - 13.11.2012 г. – Загл. с экрана.
2. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции [Текст] Т. 1: пер. с англ. – М., Советское радио, 1972.

3. Signal shape recognition in a sum of two signals [Текст] : отчет о НИИ / Informatique, signaux et systemes de Sophia Antipolis, H. Rix. – ISRN I3S/RR-2010-12-FR.–UNSA-CNRS, 2010.
4. Авраменко, В.В. Характеристики непропорциональности числовых функций и их применения при решении задач диагностики [Текст] / В.В. Авраменко // Вісник Сумського державного університету. - 2000. - №16.
5. Авраменко, В.В. Распознавание фрагментов заданных эталонов в анализируемом сигнале с помощью функций непропорциональности [Текст] / В.В. Авраменко, А.П. Карпенко // Вісник Сумського державного університету. - 2002 - №1 (34) – С. 96.

### Abstract

*There are many publications devoted to the problem of recovery of reference signal superimposed on a random noise. In many practical cases, however, both the signal and the additive noise are periodic processes. Processing such a signal usually starts with filtering the noise. However, when the spectra of the signal and the noise are superimposed, the filtering will distort the spectrum of reference signal. The correlation methods that require observation of the signal over the full period are only effective in cases where no real-time recognition is necessary. Based on that the disproportion functions have been chosen as a measure of deviation between the reference and the analyzed signal. These functions are invariant to the scaling factor that allows recognizing the reference signal with unknown scaling. Moreover, there is no need for long-time monitoring of the analyzed signal. To work out the disproportion function it is enough to know just the magnitude and the first derivative of the analyzed signal. The real-time recognition method has been developed. Its efficiency has been proven on recognition of the speech commands superimposed on a high intensity periodic noise*

**Keywords:** *periodic signal recognition, disproportion functions, additive noise, periodic noise, speech command, signal fragment*

*На основі апарату канонічних розкладів випадкових послідовностей отримано алгоритм прогнозу економічного стану сільськогосподарського підприємства, який дозволяє оцінити результати його роботи в майбутньому при здійсненні певної реорганізації (зміна земельних ресурсів, трудових ресурсів, основних засобів)*

*Ключові слова: випадкова послідовність, канонічний розклад, алгоритм екстраполяції*

*На основе аппарата канонических разложений случайных последовательностей получен алгоритм прогноза экономического состояния сельскохозяйственного предприятия, который позволяет оценить результаты его работы в будущем при осуществлении определенной реорганизации (изменение земельных ресурсов, трудовых ресурсов, основных средств)*

*Ключевые слова: случайная последовательность, каноническое разложение, алгоритм экстраполяции*

УДК 519.216

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЕГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

**И. П. Атаманюк**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра высшей и прикладной математики\*  
Контактный тел.: 098-797-12-34  
E-mail: atamanyuk\_igor@mail.ru

**Н. Н. Сиренко**

Доктор экономических наук, профессор  
Кафедра финансов\*

E-mail: sirenko@mdau.mk.ua

**И. В. Барышевская**

Аспирант\*

\*Николаевский национальный аграрный университет  
ул. Парижской коммуны, 9, г. Николаев, Украина, 54010

### 1. Введение

Экономическое состояние является важнейшим критерием деловой активности и надежности предприятия,

определяющим его конкурентоспособность и потенциал в эффективной реализации экономических интересов всех участников хозяйственной деятельности. Для обеспечения успешной работы руководству предприятия