

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ЗВ'ЯЗКУ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КПІ»  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОШИЦЕ  
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

*Пам'яті професора  
Ю.П. Кунченка*

# П Р А Ц І

VII Міжнародної  
науково-практичної конференції

## "ОБРОБКА СИГНАЛІВ І НЕГАУСІВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ"

23 – 24 травня 2019 р.,  
м. Черкаси, Україна

Черкаси



2019

УДК 621.3;681.3;519.2;519.6

СПІВГОЛОВИ ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ:

**Маломуж М.Г.** екс-голова служби зовнішньої розвідки України,  
**Кунченко-Харченко В.І.** д.т.н., професор, ЧДТУ, президент Благодійного фонду  
«Наукова школа ім. професора Ю.П. Кунченка»,  
**Палагін В.В.** д.т.н., професор, Черкаський державний технологічний університет  
**Сікора Л.С.** д.т.н., професор, Національний університет «Львівська політехніка».

ЧЛЕНИ ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ:

**Безрук В.М.** д.т.н., професор, ХНУРЕ;  
**Білецький А.Я.** д.т.н., професор, НАУ;  
**Ващенко В.А.** д.т.н., професор, ЧДТУ;  
**Велев Дімітер Георгієв** д.т.н., професор, Університет національного та  
світового господарства, Софія, Болгарія;  
**Верлань А.Ф.** д.т.н., професор, Інститут проблем моделювання  
в енергетиці ім. Г.Є. Пухова;  
**Власенко В.О.** д.т.н., професор, університет Ополя, Польща;  
**Возняк Мірослав** д.т.н., професор, Технічний університет Острави, Чеська Республіка;  
**Волочій Б.Ю.** д.т.н., професор, Львівський національний  
університет «Львівська політехніка»;  
**Воробієнко П.П.** д.т.н., професор, ректор ОНАЗ;  
**Гордієнко В.І.** д.т.н., професор; ЧДТУ;  
**Долгов Ю.О.** д.т.н., професор, Придністровський державний  
університет ім. Т.Г. Шевченка, Тирасполь, Молдова;  
**Драган Я.П.** д.т.н., професор, Львівський національний  
університет «Львівська політехніка»;  
**Дурняк Б.В.** д.т.н., професор, ректор Української академії друкарства;  
**Жук С.Я.** д.т.н., професор, НТУУ «КПІ»;  
**Красильников О.І.** к.ф.-м.н., доцент, Інститут технічної теплофізики НАНУ;  
**Лега Ю.Г.** д.т.н., професор, ЧДТУ;  
**Лужецький В.А.** д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет;  
**Луценко В.І.** д.ф.-м.н., с.н.с., Інститут радіофізики та електроніки ім. А.Я. Усікова НАНУ;  
**Мархевський С.** д.т.н., професор, Технічний університет Кошице, Республіка Словаччина;  
**Мачуський Є.А.** д.т.н., професор, декан НТУУ «КПІ»;  
**Медиковський М.О.** д.т.н., професор, Львівський національний університет «Львівська політехніка»;  
**Парвіз Алі Зада** д.т.н., професор, Університет Окан, Стамбул, Туреччина;  
**Петренко І.М.** заступник директора ТОВ «НВС Телематичні Системи»;  
**Політанський Л.Ф.** д.т.н., професор, Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича;  
**Продеус А.М.** д.т.н., професор, НТУУ «КПІ»;  
**Тихонов В.А.** д.т.н., професор, ХНУРЕ;  
**Сагатов М.В.** д.т.н., професор, Ташкентський державний технічний університет, Узбекистан;  
**Саліга Я.** д.т.н., професор, Технічний університет Кошице, Республіка Словаччина;  
**Ю. Стертен** доцент, керівник проектів OPL, SID, PhD,  
Норвезький університет науки і технології (NTNU), Норвегія;  
**Юхар Й.** д.т.н., професор, Технічний університет Кошице, Республіка Словаччина;  
**Шлезінгер М.І.** д.ф.-м.н., професор, Міжнародний науково-навчальний центр ЮНЕСКО  
інформаційних технологій і систем на базі Інституту кібернетики НАН України.

**Відповідальний редактор Філіпов В.В.**, к.т.н., доцент, ЧДТУ.

**П70 Праці VII Міжнародної науково-практичної конференції «Обробка сигналів і негаусівських процесів»**, присвяченої пам'яті професора Ю.П. Кунченка: Тези доповідей. [Електронний ресурс] – Черкаси: ЧДТУ, 2019. – 211 с. – Назва з титульного екрана.

У виданні відображено результати актуальних наукових і прикладних досліджень, пов'язаних із опрацюванням інформації, зокрема, наукової школи професора Ю.П. Кунченка з обробки сигналів і негаусівських процесів, що охоплюють широке коло сучасних аспектів розвитку науково-технічного прогресу: створення математичних моделей сигналів та систем; синтез і аналіз методів та алгоритмів обробки сигналів та статистичних даних; розробка апаратних та програмних засобів опрацювання сигналів та даних; комп'ютерне моделювання.

УДК 621.3;681.3;519.2;519.6

© Автори, 2019

© Макет кафедри радіотехніки, телекомунікаційних і  
робототехнічних систем ЧДТУ, 2019



*Присвячується пам'яті  
професора  
Юрія Петровича Кунченка*

# Математичні моделі сигналів та систем

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ ДИНАМИЧЕСКИХ РЯДОВ ИНТЕРВАЛОВ СЕРДЦЕБИЕНИЯ С ФРАКТАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Н.Т. Абдуллаев, И.Д. Ибрагимова, Х.Р. Ахмедова

Азербайджанский Технический Университет

Физиологические сигналы обладают мультифрактальными свойствами, присущими явлению турбулентности, и могут быть эффективно смоделированы мультипликативными каскадами. Динамика физиологических процессов, протекающих в организме человека, является хаотической и может быть описана с позиции теории нелинейных динамических систем, причем хаотичность сердечного ритма связывается с деятельностью парасимпатической нервной системы [1]. Понятие мультифрактальности тесно связано с понятиями кратковременной зависимости (КВЗ) и долговременной зависимости (ДВЗ). Классическим признаком присутствия ДВЗ в стационарном случайном процессе  $S(t)$  является бесконечное характеристическое время корреляции  $T_k$ , при котором интеграл от автокорреляционной функции (АКФ)

$$C(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T [S(t) - \bar{S}][S(t - \tau) - \bar{S}] 2\tau$$

( $\bar{S}$  – среднее значение процесса) расходится [14]:

$$T_{kt} = \int_0^t C(\tau) \frac{1}{\tau} d\tau \rightarrow \infty$$

Для широкого класса стационарных фрактальных ДВЗ-процессов применяется степенная аппроксимация АКФ.

$$C(\tau) \sim \tau^{-\gamma} \quad (1)$$

где  $\gamma$  – параметр, определяющий скорость затухания АКФ. При этом в качестве основной характеристики ДВЗ для таких процессов используется показатель Херста  $H$ , связанный с параметром  $\gamma$  выражением  $H = 1 - \gamma/2$ . Для оценки показателя Херста ДВЗ-процесса обычно используется

флуктуационный анализ (Fluctuation analysis-FA). При анализе долговременных реализаций реальных процессов условие стационарности часто не выполняется. Для анализа подобных процессов был предложен метод флуктуационного анализа с исключением тренда (Detrended fluctuation analysis-DFA) [2]. В применении к дискретному временному ряду  $S_i$  метод DFA состоит из двух этапов. На первом этапе вычисляется профиль (кумулятивная сумма) элементов временного ряда  $S_i$ .

$Y_k = \sum_{i=1}^k (S_i - \bar{S})$ , который затем подразделяется на  $N_s = \lfloor N/S \rfloor$  сегментов равной длительности, состоящих из  $S$  отсчетов каждый ( $\lfloor \cdot \rfloor$ -оператор взятия целой части). Для решения проблемы некратности длины записи и размера окна используется аппроксимация в два прохода, выполняемых в разных направлениях, начиная с первого и последнего отсчетов соответственно. На втором этапе из данных удаляется тренд за счет вычисления полиномиальной аппроксимации  $P_v(k)$  временного фрагмента  $S_i$  в каждом окне  $v$ , после чего выявляется флуктуационная функция

$$F^2(s, v) = \frac{1}{S} \sum_{k=1}^S \{Y[(v-1)S+k] - P_v(k)\}^2$$

Результирующая флуктуационная функция вычисляется усреднением по всем окнам  $v$

$$F(S) = \left\{ \frac{1}{2N_s} \sum_{v=1}^{2N_s} F^2(s, v) \right\}^{1/2} \tag{2}$$

Для фрактального ДВЗ процесса выполняется асимптотическое представление

$$F(s) \sim s^H \tag{3}$$

где  $H$ -показатель Херста. Некоррелированному процессу соответствует  $H=0.5$ , область  $0 < H < 0.5$  соответствует отрицательной корреляции, и область  $0.5 < H < 1$  положительной. При этом для процессов со степенным затуханием АКФ для показателя Херста выполняется соотношение:

$$\exists S_{min}: \forall s > s_{min}, H = \alpha \neq 0.5, \alpha = const \tag{4}$$

(“ $\exists$ ” и “ $\forall$ ” – означают, соответственно, «существует» и «для любого»).

Напротив, для КВЗ-процессов.

$$\exists S_{min}: \forall s > s_{min} \quad H=0,5 \quad (5)$$

Для характеристик КВЗ и ДВЗ в терминах моментов более высоких порядков, а также дробных моментов, в работе [2] был предложен метод MF-DFA (Multifractal Detrended Fluctuation Analysis) или кратко MDFA, в рамках, которого вычисляется семейство флуктуационных порядков  $q$ :

$$F_q(s) = \left\{ \frac{1}{2N_s} \sum_{v=1}^{2N_s} [F^2(v, s)]^{q/2} \right\}^{1/q} \quad (6)$$

Для фрактального нестационарного ДВЗ-процесса можно записать:

$$S_{min}: \forall s > s_{min} F_q(s) \sim s^{H(q)} \quad (7)$$

где  $H(q)$  называют обобщенным показателем Херста для случайного процесса  $S_i$ . При распределению обобщенных показателей Херста  $H(q)$  можно делать вывод о монофрактальности исследуемого процесса при  $H(q) = H = const$  (независимо от  $q$ ) и его мультифрактальности при  $H(q) \neq const$ , а также о наличии КВЗ при выполнении асимптотических соотношений (7) при малых  $S_{min}$  или наличии ДВЗ при немалых значениях  $S_{min}$  в соотношении (7). В последнем случае нужно проверять выполнение соотношений (7) при  $S > 10^3$ , поскольку MF-DFA может вносить искажения при  $S < 10^3$ . Присутствие в случайном процессе КВЗ (и в особенности ДВЗ) значительно влияет на статистику интервалов между превышениями процессом заданного порога  $Q$ . Поэтому заслуживают особого внимания полученные результаты в отношении статистики интервалов между превышениями фиксированных порогов  $Q$  для моно- и мультифрактальных процессов.

### Литература

1. Stanly H.F., Amoral L.A.N., Goldberger A.I., Havlin S, Rosenblum M.G., and Peng C-R. Statistical physics and physiology monofractal and multifractal properties//Physica A.,270, 309 (1999).
2. Detecting long-range correlation with, detrended fluctuation analysis //J.W.Kantelhardt, S.A.Koscienly-Bunde, H-H.A.Rego et al.// Physica A. 2001.vol. 295. P. 441-454.

## УСЕЧЕННЫЙ АЛГОРИТМ БЕСПОИСКОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ БИНАРНЫХ СИГНАЛОВ

**Богущ Р.П.**

Полоцкий государственный университет

211440, Новополоцк, ул. Блохина, 29, тел. (+375214)423031

E-mail: r.bogush@psu.by

Известно, что процедура беспойсковой синхронизации требует умножения входного сигнала, который может быть представлен в виде вектора, на матрицу-циркулянт, строками которой являются все циклические сдвиги синхросигнала, и поиска максимальной компоненты в результирующем векторе. Уменьшение сложности вычисления для бинарных сигналов, при этом, достигается путем факторизации матрицы-циркулянта и последовательного умножения вектора на слезозаполненные матрицы-сомножители [1]. Однако, быстрых алгоритмов вычисления векторно-матричного произведения для нелинейных сигналов с хорошими корреляционными свойствами (на основе квадратичных вычетов, характеристических последовательностей и др.) пока не существует. Известны лишь алгоритмы ускоренного вычисления [2,3]. Дальнейшее уменьшение времени беспойсковой синхронизации может быть достигнуто за счет синтеза и применения усеченных алгоритмов. При таком подходе вычислительные затраты уменьшаются за счет отбрасывания на каждом этапе данной процедуры значений, которые близки к нулю или являются минимальными.

Предложенный усеченный алгоритм беспойсковой синхронизации нелинейных бинарных сигналов с использованием факторизации матриц требует выполнения следующих шагов:

1. Факторизация матрицы-циркулянта с использованием алгоритма на основе оптимального блочного разбиения [3]:
2. Задание этапов, на которых производится усечение результатов



итерационного умножения входного сигнала на слабозаполненные матрицы.

3. Формирование пороговых величин для сравнения с полученными значениями на заданных этапах для усечения результатов вычисления.

4. Умножение входного вектор-сигнала на факторизованную матрицу-циркулянт с учетом шагов 2 и 3.

На рис. 1 показан пример вычислительного графа для усеченного алгоритма при использовании квадратичных вычетов длиной  $N=13$ .

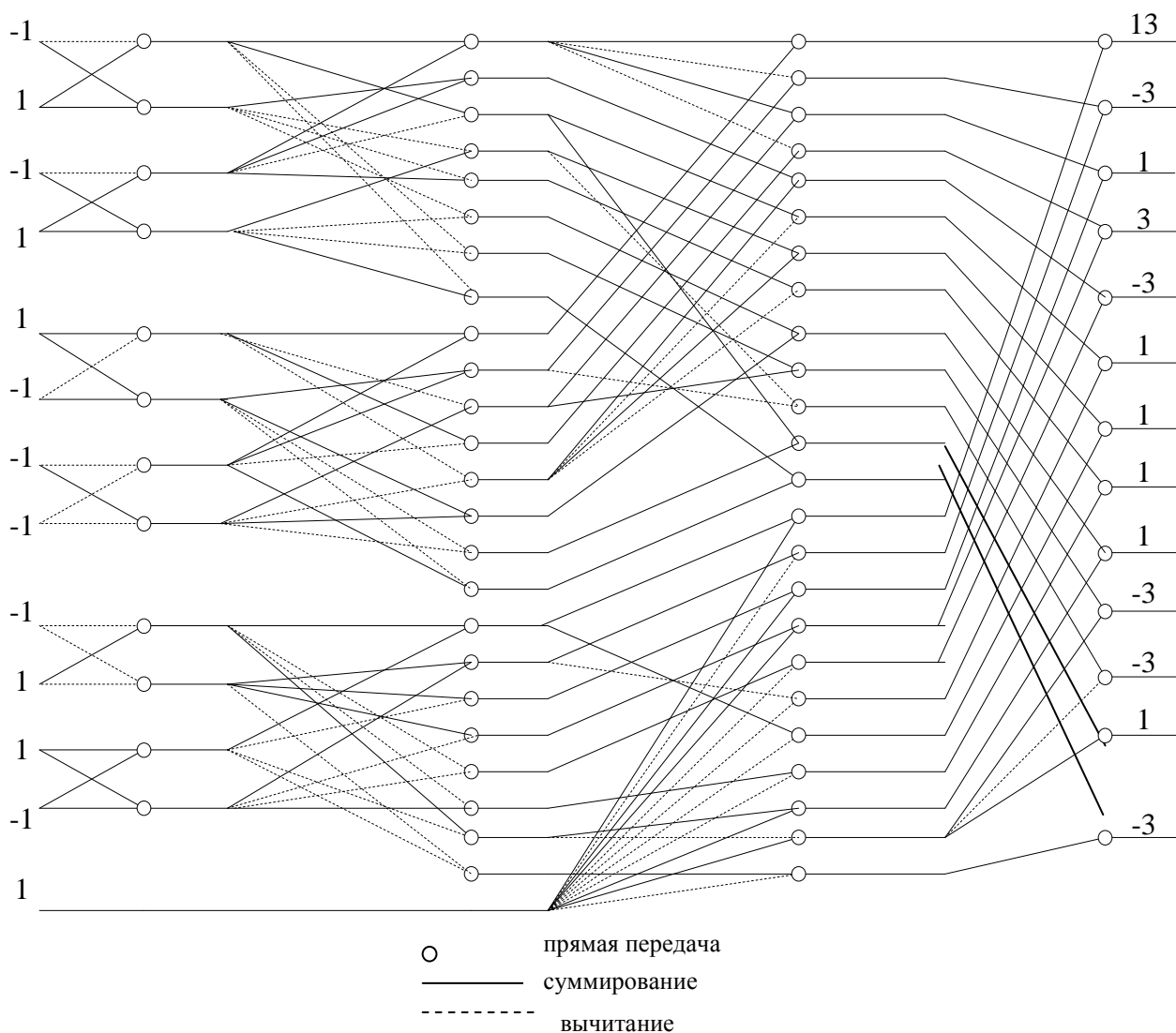


Рис. 1 – Вычислительный граф для квадратичных-вычетов при  $N=13$

Предложенный алгоритм требует выполнения операций сравнения и сортировки, необходимых для поиска и исключения узлов для усечения, что может быть выполнено на стадии разработки и в этом случае не потребует дополнительных временных затрат при беспойсковой синхронизации.

Для экспериментальных исследований использовались длинные  $N=(12..500)$  квадратичных вычетов и характеристических последовательностей и алгоритмы на основе прямого векторно-матричного произведения, векторно-матричного произведения с применением факторизации матриц и усеченных алгоритмов, с отбрасыванием на заданных этапах нулевых сумм и сумм, абсолютное значение которых меньше или равно 3. Анализ результатов показывает, что усеченный алгоритм с отбрасыванием нулевых сумм позволяет снизить вычислительные затраты до 10 раз по сравнению с прямым методом векторно-матричного произведения, и почти в 2 раза по сравнению с методом на основе факторизации матрицы с использованием оптимального блочного разбиения. Усеченный алгоритм с отбрасыванием наименьших сумм снижает вычислительные затраты до 50 раз по сравнению с прямым методом и до 7 раз при использовании факторизации матриц. Кроме этого, с увеличением длины сигнала наблюдается также рост выигрыша по вычислениям.

Также выполнены экспериментальные исследования для различных отношений сигнал/шум. Анализ результатов показывает, что при усеченном алгоритме синхронизации с отбрасыванием наименьших сумм наблюдается снижение помехоустойчивости. Следует отметить, что помехоустойчивость такой модификации предложенного алгоритма зависит от выбранных решающих условий, на основе которых происходит исключение части вычислений, а также от выбора этапов, на которых проводится усечение.

### Литература

1. Лосев В.В. Поиск и декодирование сложных дискретных сигналов / Лосев В.В., Бродская Е.Б., Коржик В.И. - М.: Радио и связь, 1988. - 244с.
2. Мальцев С.В. Обработка сигналов и изображений средствами векторно-матричных вычислений/С.В. Мальцев, С.В. Абламейко, Р.П. Богуш. - Новополюцк: ПГУ, 2011. – 212с.
3. Мальцев С.В., Богуш Р.П. Сокращение вычислительной сложности процедуры синхронизации нелинейных бинарных сигналов // Радиотехника. - 2004. - N 1. - С.12-16

## РЕГУЛЯРИЗАЦІЙНІ АЛГОРИТМИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕГРАЛЬНИХ ДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ ВІДНОВЛЕННЯ СИГНАЛУ

**Верлань А.Ф.**

Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАНУ,

03164, Київ, вул. Генерала Наумова, 15, тел. (044) 4243541

E-mail: a.f.verlan@gmail.com

Типовим підходом до розв'язування задач відновлення вхідних впливів (сигналів) динамічних об'єктів є застосування інтегральних рівнянь Вольтерра I роду [1], чисельне розв'язання яких пов'язане з певною некоректністю обернених задач і тим, що ядро і права частина системи рівняння зазвичай мають експериментальне походження. Слід також враховувати, що вимоги щодо швидкодії комп'ютерних засобів обробки сигналів у динамічних об'єктах приводять до доцільності використання прямих чисельних методів, на відміну від ітераційних. З цієї точки зору ефективним методом розв'язання інтегральних рівнянь є метод квадратур, важливою перевагою якого є простота його реалізації і висока стійкість обчислювальних алгоритмів, яка забезпечується за рахунок властивостей самого методу завдяки тому, що параметром регуляризації може бути крок квадратури. При цьому суттєво важливими є питання вибору квадратурної формули, отримання рекурентних обчислювальних алгоритмів, які не накопичують кількість операцій з ростом кроку обчислень. Саме остання властивість забезпечується ядром, що розділяється.

Необхідно зазначити, що використання формули лівих і середніх прямокутників, а також трапецій для розв'язання інтегральних рівнянь Вольтерра забезпечують збіжність методу завдяки специфічним співвідношенням ваг зазначених квадратур. Для пояснення цього твердження розглянемо розв'язування інтегрального рівняння Вольтерра I роду

$$\int_a^x K(x,s)\varphi(s)ds = f(x), \quad a \leq x \leq b \quad (1)$$

методом квадратур. При узгодженні певним чином кроку квадратури з мірою точності вихідних даних, а також за відсутності похибок у заданих ядрі і правій частині рівняння (1), метод квадратур, заснований на апроксимації інтеграла квадратурною формулою правих прямокутників, є збіжним, тобто

$\max_{1 \leq x \leq n} |\varphi(x_i) - \varphi_h(x_i)|_{h \rightarrow 0} \rightarrow 0$ , де  $\varphi_h(x_i)$  задовольняє системі лінійних

алгебраїчних рівнянь  $h \sum_{j=1}^i K(x_i, x_j) \cdot \varphi_h(x_j) = f(x_i)$ , де  $i = \overline{1, n}$ ;  $x_i = i \cdot h$ ;

$n \cdot h = b - a$ ;  $h$  - крок квадратури, а  $\varphi(x_i)$  - значення точного розв'язку рівняння (3.24) в точці  $x_i$ .

При перенесенні цих же результатів на випадок лівих і середніх прямокутників отримуємо відповідно:  $|\varepsilon_h(x_i)| = |\varphi(x_i) - \varphi_h(x_i)| \leq O(h)$  і

$h \sum_{j=0}^{i-1} K\left(x_i, x_{j+\frac{1}{2}}\right) \cdot \varphi_h\left(x_{j+\frac{1}{2}}\right) = f(x_i)$ , де  $i = \overline{1, n}$ ;  $n \cdot h = b - a$ ;  $x_{j+\frac{1}{2}} = a + \left(j + \frac{1}{2}\right) \cdot h$ ,

при цьому швидкість збіжності оцінюється величиною  $h^2$ , тобто

$$\left| \varepsilon_h\left(x_{i+\frac{1}{2}}\right) \right| = \left| \varphi\left(x_{i+\frac{1}{2}}\right) - \varphi_h\left(x_{i+\frac{1}{2}}\right) \right| \leq O(h^2).$$

Формула трапецій є проміжною між квадратурними формулами прямокутників і формул більш високого порядку точності (типу Грегорі, Сімпсона та ін.). Незважаючи на те, що ваги в крайніх вузлах формули трапецій відмінні від ваг в інших вузлах сітки, метод квадратур, заснований на формулі трапецій, є збіжним. Слід зазначити, що швидкість збіжності, як і у випадку середніх прямокутників, має порядок  $h^2$ . Таким чином, метод квадратур у випадку використання формул лівих і середніх прямокутників, а також трапецій породжує алгоритм наближеного розв'язку рівняння, який сходиться.

Для однозначного розв'язку рівняння (1) на ядро рівняння  $K(x, s)$ , праву частину  $f(x)$  і її похідну  $f'(x)$  накладаються різні обмеження. У загальному випадку, рівняння (3.24) має в інтервалі  $[a, b]$  єдиний

безперервний розв'язок, якщо функції  $f(x)$  і  $K(x,s)$  мають безперервні похідні  $f'(x)$ ,  $\frac{\partial K}{\partial x}$  і  $f(a)=0$ , а  $K(x,s)$  не перетворюється на нуль на  $[a,b]$ .

При розв'язанні інтегрального рівняння (1) методом квадратур використовується рівняння

$$\sum_{j=1}^{i-1} A_j K(x_i, x_j) \cdot \varphi(x_j) = f(x_i), \quad (2)$$

де  $A_j$  – коефіцієнти квадратурної формули,  $\varphi(x_j)$  – наближені значення шуканої функції в вузлах  $x_j$ ,  $j=1,2,\dots,i$ ;  $x_i = (i-1) \cdot h$ ;  $i = \overline{1,n}$  і  $h$  – крок квадратури.

У системі (2) невідоме значення  $\varphi(0)$ , так як при  $x = x_1 = a$  інтеграл в рівнянні (1) дорівнює нулю і  $f(a) = f_1 = 0$ . Тому для визначення  $\varphi(0)$  можна скористатися виразом

$$\varphi(0) = \frac{f'(0)}{K(a,0)}, \quad (3)$$

що дозволяє послідовно визначити шукані наближені значення за рекурентною формулою

$$\tilde{\varphi}(x_j) \cong \frac{1}{A_j K(x_i, x_i)} \cdot \left( f(x_i) - \sum_{j=1}^{i-1} A_j K(x_i, x_j) \cdot \tilde{\varphi}(x_j) \right). \quad (4)$$

На практиці можна скористатися різними інтерполяційними способами, зокрема, використання формули квадратичної інтерполяції дозволяє отримати вираз

$$f'(0) = \frac{1}{2h} [-3f(a) + 4f(a+h) - f(a+2h)]. \quad (5)$$

Остаточний розрахунковий вираз для наближеного розв'язку рівняння (5) методом квадратур з використанням формули трапецій має наступний вигляд:

при постійному кроці ( $h = \text{const}$ ):

$$\begin{cases} \tilde{\varphi}(a) = \frac{f'(a)}{K(a,a)}, & a = x_1, \quad i = 1 \\ \tilde{\varphi}(x_i) = \frac{2}{K(x_i, x_i)} \left( \frac{f(x_i)}{h} - \sum_{j=1}^{i-1} A_j K(x_i, x_j) \cdot \tilde{\varphi}(x_j) \right), & i = \overline{2, n}, \end{cases} \quad (6)$$

де  $A_j = \begin{cases} 0,5, & \text{при } j = 1, \\ 1, & \text{при } j > 1; \end{cases}$

при змінному кроці (загальний випадок):

$$\begin{cases} \tilde{\varphi}(a) = \frac{f'(a)}{K(a,a)}, & a = x_1, \quad i = 1 \\ \tilde{\varphi}(x_2) = \frac{f_2 - \frac{h_2}{2} K(x_2, x_1) \tilde{\varphi}(x_1)}{\frac{h_2}{2} K(x_2, x_2)}, & i = 2 \\ \tilde{\varphi}(x_i) = \frac{f_i - \frac{h_i}{2} K(x_i, x_1) \tilde{\varphi}(x_1) - \sum_{j=2}^{i-1} \left( \frac{x_{j+1} - x_{j-1}}{2} \right) K(x_i, x_j) \cdot \tilde{\varphi}(x_j)}{\frac{h_i}{2} K(x_i, x_i)}, & i = \overline{3, n}, \end{cases} \quad (7)$$

де  $f'(a) = [-3f(a) + 4f(a+h) - f(a+2h)] / 2h$ ,  $h_i = x_i - x_{i-1}$ .

Можна помітити, що при  $K(x_i, x_i) = 0$  в інтервалі інтегрування для наближеного розв'язку інтегрального рівняння (3.24) неможливо застосувати розрахункові вирази (3.29) і (3.30), так як при цьому необхідно виконувати операцію ділення на  $K(x_i, x_i) = 0$ . Однак, застосування формули середніх прямокутників знімає це обмеження, тому що згідно цієї формули, значення шуканої функції визначається у вузлах  $x_{j+\frac{1}{2}} = \left( j + \frac{1}{2} \right) \cdot h$ .

Розрахунковий вираз (6) при використанні формули середніх прямокутників представляється у вигляді

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{\varphi}\left(a + \frac{h}{2}\right) = \frac{f'(a)}{h \cdot K\left(a + \frac{h}{2}, a\right)}, \\ \tilde{\varphi}\left(x_{i-\frac{1}{2}}\right) = \frac{f(x_i) - h \sum_{j=0}^{i-2} K\left(x_i, x_{j+\frac{1}{2}}\right) \cdot \tilde{\varphi}\left(x_{j+\frac{1}{2}}\right)}{h \cdot K\left(x_i, x_{i-\frac{1}{2}}\right)}, i = 2, 3, \dots \end{array} \right. \quad (8)$$

Як видно з виразів (6) і (8), при розв'язуванні рівнянь Вольтерра I роду з довільним ядром час обчислення шуканої функції  $\tilde{\varphi}(x_i)$  залежить від числа кроків дискретизації, тобто зі збільшенням кількості кроків дискретизації пропорційно збільшується кількість циклів по  $j$ , отже і кількість обчислювальних операцій.

Виходом із цієї ситуації є представлення ядра, точно чи наближено, у виродженій формі. Але у деяких випадках існує можливість точного переходу до ядра виродженої форми і, тим самим, скористатися швидкодійними алгоритмами.

Дійсно, стаціонарні ВП описуються інтегральними рівняннями з ядрами степеневого ряду, що дозволяє перейти до ядра, що розділяється, тобто маємо

$$\begin{aligned} K(x, s) &= \sum_{l=1}^m q_l \frac{(x-s)^{l-1}}{(l-1)!} = \frac{1}{(m-1)!} \sum_{l=1}^m C_{m-1}^l x^{m-1-l} s^l = \\ &= \sum_{l=1}^m \alpha_l(x) \beta_l(s), \quad (l = \overline{1, m}), \quad m \in N, \end{aligned} \quad (9)$$

де  $q_l$  - невідомі величини,  $x$  і  $s$  - незалежні змінні,

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}, \quad \alpha_l(x) = C_{m-1}^l x^{m-1-l}, \quad \beta_l(s) = s^l.$$

З урахуванням (3.31) рівняння (3.24) приймає вигляд

$$\sum_{l=1}^m \alpha_l(x) \int_a^x \beta_l(s) \varphi(s) ds = f(x). \quad (10)$$

Застосування методу квадратур до виразу (10) дозволяє отримувати рекурентні співвідношення для наближеного розв'язку у вигляді:

– методом трапецій при постійному кроці ( $h=const$ ):

$$\left\{ \begin{aligned} \tilde{\varphi}(a) &= \frac{f'(a)}{\sum_{l=1}^m \alpha_l(a)\beta_l(a)}, a = x_1, i = 1, \\ \tilde{\varphi}(x_i) &= \frac{\left[ f(x_i) - \sum_{l=1}^m \alpha_l(x_i) \sum_{j=1}^{i-1} A_j \beta_l(x_j) \cdot \tilde{\varphi}(x_j) \right]}{A_i \sum_{l=1}^m \alpha_l(x_i)\beta_l(x_i)}, i = \overline{2, n}; \end{aligned} \right. \quad (11)$$

– методом трапецій при довільному кроці (загальний випадок)

$$\left\{ \begin{aligned} \tilde{\varphi}(a) &= \frac{f'(a)}{\sum_{l=1}^m \alpha_l(a)\beta_l(a)}, a = x_1, i = 1; \tilde{\varphi}(x_2) = \frac{f(x_2) - \sum_{l=1}^m \alpha_l(x_2) \frac{h_2}{2} \beta_l(x_1) \cdot \tilde{\varphi}(x_1)}{\frac{h_2}{2} \sum_{l=1}^m \alpha_l(x_2)\beta_l(x_2)}, i = 2; \\ \tilde{\varphi}(x_i) &= \frac{f(x_i) - \sum_{l=1}^m \alpha_l(x_i) \left( \frac{h_2}{2} \beta_l(x_1) \cdot \tilde{\varphi}(x_1) + \sum_{j=2}^{i-1} \frac{x_{j+1} - x_{j-1}}{2} \beta_l(x_j) \cdot \tilde{\varphi}(x_j) \right)}{\frac{h_i}{2} \sum_{l=1}^m \alpha_l(x_i)\beta_l(x_i)}, i = \overline{3, n} \end{aligned} \right. \quad (12)$$

де  $f'(a) = [-3f(a) + 4f(a+h) - f(a+2h)] / 2h$ ,  $h_i = x_i - x_{i-1}$ ;

– методом середніх прямокутників при  $h=const$ :

$$\left\{ \begin{aligned} \tilde{\varphi}\left(\frac{h}{2}\right) &= \frac{f'\left(\frac{h}{2}\right)}{h \sum_{l=1}^m \alpha_l\left(\frac{h}{2}\right)\beta_l(0)}, \\ \tilde{\varphi}\left(x_{i-\frac{1}{2}}\right) &= \frac{f(x_i) - h \sum_{l=1}^m \alpha_l(x_i) \sum_{j=0}^{i-2} \beta_l\left(x_{j+\frac{1}{2}}\right) \cdot \tilde{\varphi}\left(x_{j+\frac{1}{2}}\right)}{h \sum_{l=1}^m \alpha_l(x_i)\beta_l\left(x_{i-\frac{1}{2}}\right)}. \end{aligned} \right. \quad (13)$$

Вирази (11) - (13) є аналітичним описом швидкого модифікованого алгоритму для розв'язання інтегрального рівняння Вольтерра 1 роду. Як видно з виразів (6) - (8), кількість обчислювальних операцій не залежить від



номера кроку дискретизації, тобто кількість обчислень на кожному кроці залишається незмінною.

Таким чином, розглянуті алгоритми можуть забезпечити швидку чисельну реалізацію інтегральних рівнянь Вольєрра I роду, включаючи режим реального часу і можуть служити основою розробки програмних засобів для розв'язування задач управління і контролю.

Універсальним підходом до побудови математичних моделей нелінійних динамічних систем типу є представлення відгуку системи на зовнішній вплив у вигляді інтегро-степеневого ряду Вольєрра [1]:

$$y(t) = \int_0^t K_1(t,s)x(s)ds + \int_0^t \int_0^t K_2(t,s_1,s_2)x(s_1)x(s_2)ds_1ds_2 + \dots, \quad (1)$$

де  $x(t)$ ,  $y(t)$  — відповідно вхідний і вихідний сигнали об'єкта,  $t$  — час перехідного процесу,  $K_i(t_1, \dots, t_i)$  — ядра Вольєрра. Постановка обернених задач у цьому випадку призводить до поліноміальних інтегральних рівнянь Вольєрра I роду [1]. Шляхи розв'язування такого класу рівнянь на даний час недостатньо досліджені, тому розробка та вдосконалення ефективних методів та засобів розв'язування нелінійних обернених задач є актуальною задачею.

Поставлену задачу пропонується розв'язувати шляхом заміни інтегралів в (14) квадратурними формулами, що дозволяє отримати ряд переваг, зокрема, простота реалізації та висока стійкість обчислювальних алгоритмів за рахунок регуляризованих властивостей кроку квадратури [2]. Застосування даного методу розглянемо при розв'язуванні поліноміального інтегрального рівняння Вольєрра I роду 2-го степеня:

$$y(t) = \int_0^t K_1(t,s)x(s)ds + \int_0^t \int_0^t K_2(t,s_1,s_2)x(s_1)x(s_2)ds_1ds_2. \quad (15)$$

*Метод лівих прямокутників.* Застосувавши до (3.48) метод квадратур, причому, інтеграл  $\int_0^t K_1(t,s)x(s)ds$  апроксимується методом трапецій, а подвійний інтеграл  $\int_0^t \int_0^t K_2(t,s_1,s_2)x(s_1)x(s_2)ds_1ds_2$  – методом лівих прямокутників, та виразивши  $x(t_i)$  отримано наступне рекурентне співвідношення:

$$x(t_i) = \left( \frac{1}{2} h K_1(t_i, t_i) \right)^{-1} \left( y(t_i) - \frac{h K_1(t_i, t_0) x(t_0)}{2} - \sum_{j=1}^{i-1} h K_1(t_i, t_j) x(t_j) - \sum_{j=0}^{i-1} \sum_{g=0}^{i-1} h^2 K_2(t_i, t_j, t_g) x(t_j) x(t_g) \right), \quad (16)$$

де  $i = \overline{1..n}$ ,  $\sqrt{b^2 - 4ac}$ ,  $h = t_i - t_{i-1}$ . Значення  $x(t)$  в точці  $t_0$  отримуємо після диференціювання (15) по  $t$ . Отже,

$$y'_t(t) = \int_0^t \frac{\partial K_1(t,s)}{\partial t} x(s) ds + K_1(t,s)x(t) + \int_0^t \int_0^t \frac{\partial K_2(t,s_1,s_2)}{\partial t} x(s_1)x(s_2) ds_1 ds_2 + \int_0^t K_2(t,s_1,t)x(s_1) ds_1 + \int_0^t K_2(t,t,s_2)x(s_2) ds_2, \quad (17)$$

звідки при  $t = 0$  і  $K_1(0,0) \neq 0$

$$x(t_0) = \frac{y'_t(t_0)}{K_1(t_0, t_0)}. \quad (18)$$

Метод трапецій. Застосувавши метод трапецій отримаємо:

$$\begin{aligned}
 y(t_i) = & \frac{1}{2}hK_1(t_i, t_i)x(t_i) + \sum_{j=1}^{i-1} hK_1(t_i, t_j)x(t_j) + \\
 & + \frac{1}{2}hK_1(t_i, t_0)x(t_0) + \frac{1}{4}h^2K_2(t_i, t_0, t_0)x(t_0)x(t_0) + \\
 & + \frac{1}{2}h^2 \sum_{j=1}^{i-1} (K_2(t_i, t_0, t_j) + K_2(t_i, t_j, t_0))x(t_0)x(t_j) + \\
 & + h^2 \sum_{j=1}^{i-1} \sum_{g=1}^{i-1} K_2(t_i, t_j, t_g)x(t_j)x(t_g) + \\
 & + \frac{1}{4}h^2 (K_2(t_i, t_i, t_0) + K_2(t_i, t_0, t_i))x(t_0)x(t_i) + \\
 & + \frac{1}{2}h^2 \sum_{j=1}^{i-1} (K_2(t_i, t_i, t_j) + K_2(t_i, t_j, t_i))x(t_j)x(t_i) + \\
 & + \frac{1}{4}h^2 K_2(t_i, t_i, t_i)x(t_i)x(t_i), \tag{19}
 \end{aligned}$$

де  $i = \overline{1..n}$ ,  $h = t_i - t_{i-1}$ . Перепишемо, згрупувавши доданки при шуканому  $x(t_i)$ :

$$\begin{aligned}
 y(t_i) = & \frac{1}{4}h^2 K_2(t_i, t_i, t_i)x(t_i)x(t_i) + \\
 & + \left( \frac{1}{4}h^2 (K_2(t_i, t_i, t_0) + K_2(t_i, t_0, t_i))x(t_0) + \right. \\
 & + \frac{1}{2}h^2 \sum_{j=1}^{i-1} (K_2(t_i, t_i, t_j) + K_2(t_i, t_j, t_i))x(t_j) + \\
 & \left. + \frac{1}{2}hK_1(t_i, t_i) \right)x(t_i) + \\
 & + \sum_{j=1}^{i-1} hK_1(t_i, t_j)x(t_j) + \\
 & + \frac{1}{2}hK_1(t_i, t_0)x(t_0) + \frac{1}{4}h^2 K_2(t_i, t_0, t_0)x(t_0)x(t_0) + \\
 & + \frac{1}{2}h^2 \sum_{j=1}^{i-1} (K_2(t_i, t_0, t_j) + K_2(t_i, t_j, t_0))x(t_0)x(t_j) + \\
 & + h^2 \sum_{j=1}^{i-1} \sum_{g=1}^{i-1} K_2(t_i, t_j, t_g)x(t_j)x(t_g), \tag{20}
 \end{aligned}$$

Введемо позначення:

$$A_i = \frac{1}{4}h^2 K_2(t_i, t_i, t_i), \quad (21)$$

$$B = \frac{1}{4}h^2 (K_2(t_i, t_i, t_0) + K_2(t_i, t_0, t_i))x(t_0) + \\ + \frac{1}{2}h^2 \sum_{j=1}^{i-1} (K_2(t_i, t_i, t_j) + K_2(t_i, t_j, t_i))x(t_j) + \\ + \frac{1}{2}hK_1(t_i, t_i), \quad (22)$$

$$C_i = \sum_{j=1}^{i-1} hK_1(t_i, t_j)x(t_j) + \\ + \frac{1}{2}hK_1(t_i, t_0)x(t_0) + \frac{1}{4}h^2 K_2(t_i, t_0, t_0)x(t_0)x(t_0) + \\ + \frac{1}{2}h^2 \sum_{j=1}^{i-1} (K_2(t_i, t_0, t_j) + K_2(t_i, t_j, t_0))x(t_0)x(t_j) + \\ + h^2 \sum_{j=1}^{i-1} \sum_{g=1}^{i-1} K_2(t_i, t_j, t_g)x(t_j)x(t_g). \quad (23)$$

Тоді (20) з врахуванням позначень (21)-(23) має вигляд:

$$A_i x_i^2 + B_i x_i + C_i = 0. \quad (24)$$

Значення  $x(t_i)$  обчислюється за формулою (3.51)  $n$  квадратних рівнянь (24) розв'язуються послідовно на основі ітераційного методу, причому, за початкове наближення береться корінь попереднього рівняння.

Отримані в ході проведення обчислювальних експериментів результати показали, що запропонований метод може ефективно використовуватись при відновленні вхідних сигналів нелінійних ВП, які описуються інтегро-степеневим рядом Вольтерра із двома членами.

### Література

1. Верлань А.Ф. Интегральные уравнения: методы, алгоритмы, программы. Верлань А.Ф., Сизиков В.С. Киев: Наукова думка, 1986. 544 с.
2. Верлань А.Ф. Методы и алгоритмы восстановления сигналов и изображений: монографія. Верлань А.Ф., Горошко И.О., Коропов Е.Ю. и др. Киев: НАН Украины, Ин-т проблем моделирования в энергетике им. Пухова, 2011. 368 с.

## МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПЕРФОРИРОВАННЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

**Красильников А.И.**

Институт технической теплофизики НАН Украины

03057, Киев, ул. Желябова, 2а, тел. (044)4532857

E-mail: tangorov @ ukr. net

В кумулянтных методах исследования негауссовских случайных величин и процессов важную роль играют кумулянтные коэффициенты  $\gamma_s$  порядков  $s \geq 3$ , в частности, коэффициенты асимметрии  $\gamma_3$  и эксцесса  $\gamma_4$ .

В работах Ю.П. Кунченко предложены модели перфорированных случайных величин, у которых при их кумулянтном описании часть кумулянтных коэффициентов, начиная с порядка  $s=3$ , отлична от нуля, часть – строго равна нулю, а остальные коэффициенты высших порядков могут принимать произвольные значения. В настоящее время практически отсутствуют работы, в которых построены модели распределений таких случайных величин.

В данной работе на основе смесей сдвинутых распределений получены новые модели распределений перфорированных случайных величин.

**Смеси сдвинутых распределений.** Функция распределения смеси равна

$$F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F_0(x-y) dF_1(y), \quad (1)$$

где  $F_0(x)$  и  $F_1(y)$  – функции распределения. Показано, что  $F(x)$  является функцией распределения случайной величины

$$\xi = \xi_0 + \xi_1,$$

где  $\xi_0$  – базовая случайная величина,  $\xi_1$  – величина случайного сдвига. Величины  $\xi_0$ ,  $\xi_1$  независимы и имеют функции распределения  $F_0(x)$  и  $F_1(y)$ . У смеси (1) кумулянт  $\kappa_s = 0$  и распределение является перфорированным, если кумулянты  $\kappa_{s,0}$ ,  $\kappa_{s,1}$  случайных величин  $\xi_0$ ,  $\xi_1$  удовлетворяет условию

$$\kappa_s = \kappa_{s,0} + \kappa_{s,1} = 0. \quad (2)$$

На основе анализа проблем моделирования распределений (1) предложено 2 класса моделей, которые легко реализовать на практике.

**Класс 1. Смеси сдвинутых распределений с равномерным распределением величины сдвига.** Пусть  $\xi_0$  – непрерывная случайная величина с плотностью вероятностей  $p_0(x) = F_0'(x)$ , а случайная величина сдвига  $\xi_1$  имеет равномерное распределение на интервале  $(-a, a]$ ,  $a > 0$ . Тогда  $\xi$  – непрерывная случайная величина, плотность вероятностей которой равна

$$p(x) = \frac{F_0(x+a) - F_0(x-a)}{2a}. \quad (3)$$

Если у случайных величин  $\xi_0$  и  $\xi_1$  кумулянтные коэффициенты  $\gamma_{s,0} \neq 0$  и  $\gamma_{s,1} \neq 0$ , то смесь (3) определяет класс 1 моделей перфорированных случайных величин, у которых кумулянтные коэффициенты  $\gamma_s(a) = 0$  любых четных порядков  $s$  при значениях параметра сдвига  $a = a_{0,s}$ , где

$$a_{0,s} = (3\kappa_{2,0})^{1/2} (-\gamma_{s,0}/\gamma_{s,1})^{1/s}.$$

Например, если случайная величина  $\xi_0$  имеет логистическое распределение, то у смеси (3) при  $a = 1$  равны нулю коэффициенты  $\gamma_3, \gamma_4, \gamma_5, \gamma_7, \gamma_8, \gamma_9$  и все коэффициенты  $\gamma_s$  нечетных порядков  $s \geq 11$ .

**Класс 2. Двухкомпонентные смеси сдвинутых распределений.** Пусть  $F_1(y)$  – функция распределения двухточечного распределения,

$$F_1(y) = qE(y+a) + pE(y-a), \quad (4)$$

где  $E(y)$  – единичная функция,  $a > 0$ ,  $p, q \in (0,1)$ ,  $p + q = 1$  – параметры распределения (4). Тогда формула (1) принимает вид

$$F(x) = qF_0(x+a) + pF_0(x-a) \quad (5)$$

и определяет класс 2 моделей перфорированных случайных величин при выполнении условия

$$\kappa_s(a, p) = \kappa_{s,0} + \kappa_{s,1}(a, p) = 0, \quad (6)$$

где  $\kappa_{s,1}(a, p)$  – кумулянты распределения (4), которые зависят от параметров  $a$  и  $p$ . Получены формулы для нахождения кумулянтов  $\kappa_{s,1}(a, p)$ ,  $s = \overline{1,8}$  и корни  $p_{s,k}$  уравнений  $\kappa_{s,1}(a, p) = 0$ ,  $k = \overline{1, s}$ . Проанализированы особенности решения уравнения (6), в результате чего выделено 2 типа распределений класса 2.

**Модели типа 2.1. Двухкомпонентные смеси сдвинутых гауссовских распределений.** Если  $\xi_0$  – стандартная гауссовская случайная величина, то  $\xi$  – непрерывная случайная величина и формула (5) принимает вид

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[ qe^{-0,5(x+a)^2} + pe^{-0,5(x-a)^2} \right], \quad x \in (-\infty, \infty). \quad (7)$$

Плотность вероятностей (7) в зависимости от значений параметра сдвига  $a$  будет одновершинной или двухвершинной и для любых  $s \geq 3$  является моделью перфорированных случайных величин при тех значениях  $p$ , которые являются решением уравнения  $\kappa_{s,1}(a, p) = 0$ . В частности, коэффициент эксцесса смеси (7) равен нулю при любых значениях параметра сдвига  $a$ , если весовой коэффициент  $p = p_{4,2} \approx 0,211325$  или  $p = p_{4,3} \approx 0,788675$ .

**Модели типа 2.2. Двухкомпонентные смеси сдвинутых негауссовских распределений.** Если у случайных величин  $\xi_0$  и  $\xi_1$  кумулянты  $\kappa_{s,0} \neq 0$ ,  $\kappa_{s,1}(a, p) \neq 0$ , то уравнение (2) принимает следующий вид

$$\kappa_s(a, p) = \kappa_{s,0} + \kappa_{s,1}(a, p) = \kappa_{s,0} + a^s \kappa_{s,1}(1, p) = 0,$$

которое относительно параметра сдвига  $a$  имеет решение

$$a_s(p) = \left[ -\kappa_{s,0} / \kappa_{s,1}(1, p) \right]^{1/s},$$

определяющее те значения параметра сдвига, при которых  $\kappa_s(a, p) = 0$ .

Например, если случайная величина  $\xi_0$  имеет распределение Чампернауна, то при  $p = q = 0,5$  и  $a = 1$  равны нулю коэффициенты  $\gamma_3, \gamma_4, \gamma_5, \gamma_7, \gamma_8, \gamma_9$  и все коэффициенты  $\gamma_s$  нечетных порядков  $s \geq 11$ .

*Присвячується відомому вченому Ю.П. Кунченку – доктору фізико-математичних наук, професору, заслуженому діячу науки і техніки України, академіку Інженерної академії, академії Зв'язку України та Нью-Йоркської академії наук, засновнику наукової школи нелінійної обробки негаусівських процесів, члену IEEE, дійсному члену Королівського Статистичного Товариства Обробки Сигналів Академії Наук Великобританії*

УДК 616

## СИСТЕМНО-РЕСУРСНИЙ ТА КОГНІТИВНО-ІНФОРМАЦІЙНИЙ ХАРАКТЕР КОНДРАТЬЄВСЬКИХ К-ЦИКЛІВ РОЗВИТКУ ТЕХНОГЕННИХ СТРУКТУР

**В.І. Кунченко-Харченко, д.т.н, проф.,** Черкаський державний технологічний університет, **Л.С. Сікора, д.т.н., проф., (IEEE),** Національний університет «Львівська політехніка».

**Анотація.** В статті розглянуто динаміку корпоративних структур з точки зору К-циклів Кондратьєва, показано що ефективним фактором успіху є здатність управляючого персоналу освоювати нові теорії формування стратегій на підставі когнітивної психології та теорії інтелектуальних ієрархічних систем.

**Abstract.** In the article the dynamics of corporate structures in terms of number of cycles Kondratyev, shows that the effective factor of success is the ability to control staff to develop new theories of the formation of strategies based on cognitive psychology and theory the intellectual hierarchical systems.

**Ключові слова.** Інформація, інтелект, самоорганізація, К-цикл Кондратьєва, система, ієрархія, процеси мислення, логіка, алгоритми, документ.

**Актуальність.** Сучасний динамічний розвиток науки, кризові ситуації в економіці і господарстві визначають взаємні фактори впливу, які часто не є корельованими, діють в протилежних напрямках як на світову суспільно-виробничу і фінансову сферу систему так і на локальні. Важливим аспектом аналізу динаміки змін та прогнозних оцінок є врахування історичних компонент у формуванні науки і економічного розвитку, які відображають цикли злету, катастроф, падінь та руїни.

**Вступ.** Розвиток складних корпоративних систем в енергетиці, телекомунікації і зв'язку, металургійному і нафтохімічному комплексі та транспортних магістралей пов'язаний з динамікою світових економічних систем. Цикли їх розвитку – від початку побудови і до теперішнього часу, в певній мірі пов'язані з К-циклами Кондратьєва (1928 р.), які враховують як суспільну інертність щодо оволодіння знаннями і вмінням приймати ефективні управляючі рішення так і ініціативність в генерації знань, нових



технологій та винаходів, обмеженість ресурсів.[1-26]

Проведені дослідження в минулому і позаминулому часі та нові наукові праці сформували сучасні математичні і системні підходи до аналізу економічної та виробничої динамік [7-15]. Для цього використані математичні моделі з стохастичною структурою трендів зміни стану і режиму та теорію інтегрованих інтелектуальних систем з ієрархічною структурою. Для формування стратегій управління для кожного з рівнів ієрархії, використовують системний аналіз та нейро-когнітивні технології [10-26].

По новій класифікації (Биков В.Ю.) термінальні ери розвитку світу сформовані за останні 1500 років діляться на наступні ери на інтервалах часу:

1. 160н.е. – 1660рр. ера ресурсів (вода, земля, люди, продукти);
2. 1660 - 1760 рр. ера механічних технологій;
3. 1760 - 1860 рр. електромашинні технології;
4. 1860 - 1960 рр. системно – інформаційні технології;
5. 1960 - 2060 рр. інформаційно – когнітивні технології.

Відповідно до системних концепцій зміна циклу і його структура залежить від швидкостей росту потенціалу розвитку (технологій, науки, соціальної сфери, ресурсного і енергетичного забезпечення, освіти) згідно конусу динаміки можливих подій [38], які й відображає поведінку системи під впливом як позитивних так і негативних факторів (рис. 1) [15, 30].

Потенціал розвитку визначає здатність системи розв'язувати за короткий інтервал часу і задачі включає наступні складні системні та інформаційно-ресурсні проблеми компоненти:

- системно-інформаційні для управління (знання);
- матеріально-енергетичні ресурси та технології, їх використання;
- кадровий ресурс з високим рівнем підготовки і когнітивним потенціалом для розв'язання виробничих проблем;
- транспортні можливості, рівень промислового виробництва і здатність до адаптації зі зміною ресурсних ситуацій;
- енергетичні можливості комплексної генерації енергії (теплова, атомна, вітрова, сонячна) та її розподілу і транспортування;
- соціально-політичні умови життєдіяльності та екологія середовища;
- кадровий управлінський ресурс для всіх рівнів ієрархії техногенних і адміністративних структур з високим рівнем інтелекту та когнітивним, креативним, стратегічним мисленням.

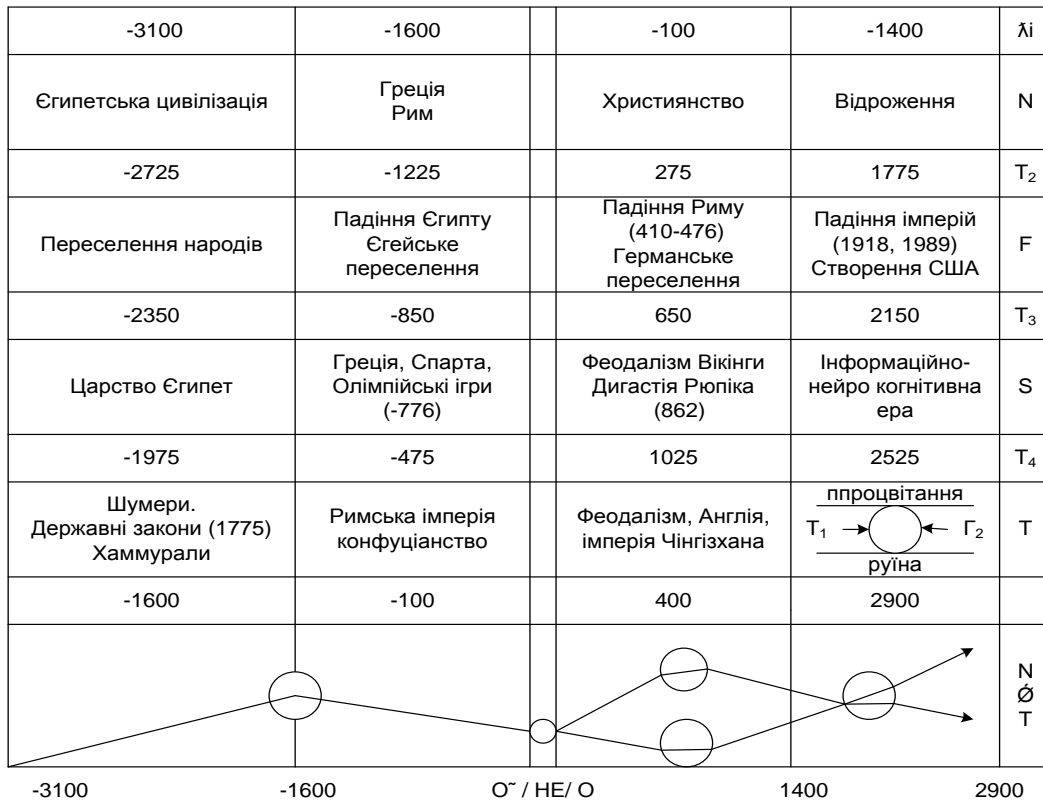
Згідно концепції Вайсбанда [6] можна побудувати більше інформаційно і системно глибокі концепції циклів (1500, 300, 60 і 12 років) розвитку суспільства.

В основу концепції [16] було покладено когнітивний алгоритм самоактуалізації який визначає основні якості особи приймати ціле орієнтовані рішення:

- здатність генерувати корисні ідеї для реалізації вашої життєдіяльності;
- здатність генерувати ідеї потоком в якому можуть виникнути протиріччя, що підсвідомо гальмують ваші зусилля до ціле-орієнтованих дій;

- рішучість виконати комплекс згенерованих ідей не зважаючи на внутрішні свідомі тривожні тенденції на підставі концентрації ваших сил;
- здатність сконцентрувати свої сили на досягнення згенерованих ідей і системи цілей і прийняття рішень на підставі упорядкованих дій.

Відповідно до концепції когнітивного алгоритму Вайсбанд I [6] побудував систему циклів прив'язану до глобальних світових подій розвитку науки та створення державних структур.



Важливою компонентною опису ситуації є оцінка тенденції росту кількості населення та зміни наукової бази і професійної орієнтації (рис.1) з виділенням тенденцій в професійній освіті.

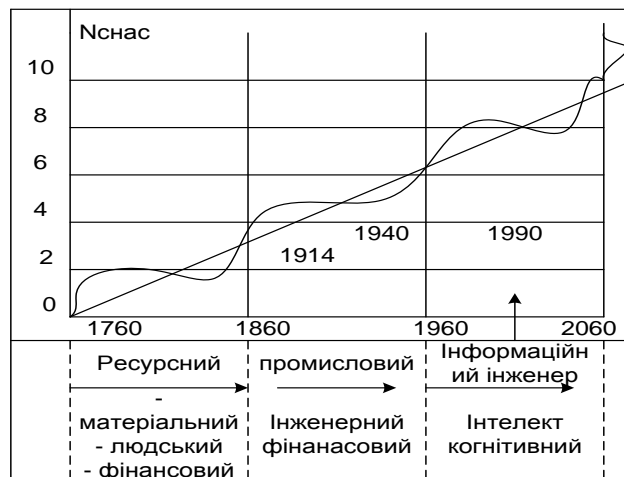


Рис.1. Тенденції росту людського ресурсу.

На діаграмі наведені тенденції росту ВВП на 300 – літньому інтервалі та тенденції росту населення з шаблонами циклів та кризовими точками розвитку. Відповідно виділено етапи розвитку технологій:

- ресурсний (матеріальний, людські, територіальні, фінансово – промислові, будівельна спроможність);
- промисловий (будівельний, технологічний, інженерний, фінансово – промисловий, банківський, комунікації, транспорт, енергетика);
- інформаційно – когнітивний (нові технологія, зв'язок, телебачення, мультимедіа, автоматизація управління, інформаційно – нейроінтелектуальні технології).

**Проблема.** Сучасний розвиток цивілізації має багатотисячну історію. Відбувся перехід від образного мислення та сприйняття навколишнього світу, технологій механіки, будівельної справи. Ці здобутки ґрунтувались на тисячолітньому досвіді формування понять, мови, логіки і філософії мислення особи суспільства, що забезпечило побудову пірамід, церков, мостів, транспортних засобів, літаків та військової техніки і зброї.[6]

Науковою базою для цих досягнень стала математика, логіка і філософія, як підстава формування предметно – орієнтованих знань в області науки і техніки, суспільного життя.[14-32]

Нова ера будується на інформаційних технологіях, автоматизованому керуванні та комп'ютерних технологіях. Відповідно творча компонента особи відійшла на задній план. Проекти стали результатом команди, управління ними має ієрархічну структуру [2,33-38], система знань відірвана від особи [СППР].

В усякій ієрархії виникають конфлікти, як на кожному рівні так і між рівнями. Це приводить до неузгодженості дій і процесів функціонування системи, збою і ризиків, та циклічних режимів динаміки великих систем – технологічних і економіко – адміністративних, як локального так с стратегічного рівня [5,11-19].

Історія циклів розвитку суспільства формується на протязі останніх століть. Великий вклад в теорії їх дослідження внесли Слуцький Е.Е., Туган – Барановський М.І.[26], Кондратьєв Н.Д., Леонтьєв М. за період 1890-1960р.[5] та зарубіжні вчені [12,21]

Найбільш глибоко цю проблематику в своїх працях („Динаміка економічних систем,„) дослідили Кондратьєв Н.Д., і Леонтьєв М.[5]

Кондратьєв Н.Д показав, що велику роль у формування циклів відіграє наука, нові технології, винаходи, які є впроваджені, цілеспрямовані дослідження з проблем управління і прогнозування сценаріїв розвитку подій в складних системах. [5] Тому важливо дослідити структуру циклів на підставі оцінки впливу науки в техніки, радіотехніки і інформаційно – телекомунікаційних систем [5,26,29,31,32].

Фундаментальною підставою для розвитку нових технологій є динамічний розвиток фізичних основ електротехніки і енергетики, які забезпечили необхідний ресурсний фундамент нових технологій та

інноваційних процесів.

**Мета.** Дослідити вплив інформаційних технологій, системного аналізу і науки на активні і пасивні компоненти циклу Кондратьєва та когнітивного потенціалу.

**Аналіз проблеми.** Другу половину ХХ ст. нашої епохи називають епохою науково-технічної революції. Для неї характерно широке і швидке впровадження у техніку, промисловість і побут людини наукових відкриттів, зроблених у фізиці, математиці, хімії, біології, географії та інших науках (психологія, системний аналіз).

Науково-технічна революція є закономірним етапом історії людства і є загальносвітовим явищем, який характеризується інтеграцією знань. [2]

Важливим кроком на шляху до НТР стали революційні зрушення у техніці, такі як, широке застосування електрики, радіо, авіації, вирішення проблем розщеплення атомного ядра та розвиток кібернетики [1-3,14]., як основи ефективного управління.

Масштабні проекти створення атомних реакторів і виготовлення ядерної зброї змусили розробляти програмно-цільові проекти у рамках великих національних науково-технічних ресурсів, що дало змогу ще тісніше узгоджувати взаємодію науки і техніки, проте підвищили вимоги до професійної і загальної освіти та когнітивних здібностей людини, яка може освоїти інтегральні знання і розробляти проекти з інтегрованою ієрархічною структурою підвищеної надійності.

Сьогодні важко уявити собі науково-технічний прогрес без успішного розвитку радіотехніки, зв'язку, телекомунікацій, медіа, інформатики, технологій управління.

Радіотехніка виникла у кінці ХІХ ст. і на початку ХХ ст. обумовила передачу сигналів без проводів в наступні десятиріччя. Радіотехніка стала все швидше завойовувати нові й нові горизонти науки, відкриваючи небачені перспективи і можливості в самих різних сферах людської діяльності. За останню чверть століття радіотехніка сформувалася як самостійна фундаментально-прикладна наука і яка в певній мірі стала інформаційним базисом в дослідженнях і комунікації між суспільством, виробництвом, державними структурами [16-26] і основою інтеграції систем [2,6,14,34-37] телекомунікацій.

Відповідно це зумовило розвиток підстав теорії сигналів, як класичної так і енергетичної [26] та теорії стохастичних поліномів Кунченка Ю. П. [13] та інших вчених.

На підставі сигнальної концепції розвинувся системний аналіз, теорія прийняття рішень та управління складними ієрархічними системами, як основа розроблення технологій керування соціальними і техногенними структурами [20-23]

Ускладнення задач створення нових систем вимагає розроблення теоретичних основ проектування, методів опрацювання сигналів та видобування даних і на їх основі формування нових інженерних знань. Відповідно це вимагає зміни парадигму мислення: переходу від класичних до

когнітивно–системних моделей з використанням предметно - орієнтованих систем знань та інформаційних технологій для аналізу динаміки процесів у виробничій системі з ієрархічною структурою. Управління у процесі виробництва здійснюється на основі оцінки ситуації в цільовому просторі системи та просторі станів. Відповідно траєкторія динамічних змін параметрів стану і ситуації залежить від комплексу факторів  $\langle F_R, F_m, F_E, F_U, F_\xi \rangle \text{trakIIIr} \left( \sum_{i=1}^n F_i \otimes \text{Strat}(U_j / C_i) \right)$  - ресурсних, матеріальних, енергетичних, управлінських збурень, що ускладнює управління об'єктом.[2,6-15,27-31,33-37]

**Передумови формування циклів Кондратьєва.** Розвиток складних корпоративних систем в енергетиці, телекомунікації і зв'язку, металургійному і нафтохімічному комплексі та транспортних магістралей пов'язаний з динамікою світових економічних систем. Цикли їх розвитку – від початку побудови і до теперішнього часу, в певній мірі пов'язані з К-циклами Кондратьєва (1928 р.), які враховують як суспільну інертність щодо оволодіння знаннями і вмінням приймати ефективні управляючі рішення так і ініціативність в генерації знань, нових технологій та винаходів.[5-14,20-22,29-32]

*Аналіз структури циклу.* Розглянемо К-цикл який входить в інтервал часу  $T_{ri} = [t_{oi}, t_{oi} + 40] + T_n$ , враховуючи термін невизначеності  $[(-5, t_o), t_i + 5] = T_n$ .

Відповідно структуру циклу ефективності управління економікою можна розділити на два під цикли: під цикл спаду  $\langle F_k^-, V_{SF} \rangle$  та під цикл росту  $\langle F_k^+, V_{RF} \rangle$ , які відображають динаміку поведінки складної економічної системи інтегрованої в світову.

Відповідно можна визначити на інтервалі спаду  $F_k^-$ -К-циклу процес деградації наукового потенціалу суспільства, а на  $F_k^+$ -К-циклу ріст економічної ефективності за рахунок генерації нових ідей, винаходів, передових технологій, що приводить до росту швидкості накопичення нових знань та наукових і інженерних публікацій за схемою  $\langle D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rangle$  та їх впровадження.

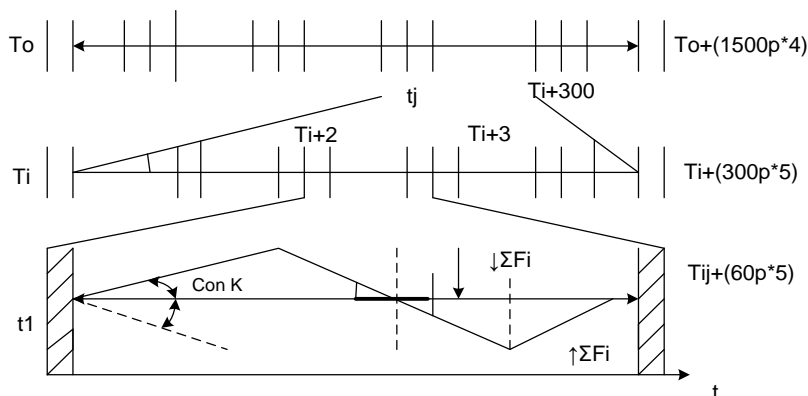
Зони невизначеності на початку і кінці К-циклу пов'язані з розмитістю стратегій прийняття рішень лідерами корпоративних структур, які не можуть сформулювати цілі в умовах росту дезінформації спровокованої конфліктом інтересів.

Відповідно до робіт [5,6] в ході історичного розвитку сформовані наступні цикли (6000,1500,300, 60), відповідно базовою структурою є цикл Кондратьєва  $K_y = \{12 \uparrow, 12^+ \downarrow, 12^- \downarrow, 12 \uparrow\}$  з інтервалами зміни напрямку динаміки руху системи (10-12) та конусом змін (Соп Кц).

Відповідно до числа циклів формуються ери розвитку з  $T_i = (100 \mp 10)p$ .

Термінальний час функціонування компаній може налічувати  $m(k\text{-циклів})$  їх функціонування. До таких структур в народно-господарському комплексі відносяться електростанції, порти, системи телекомунікацій,

транспортні, металургійні та нафтохімічні комплекси, соціальна інфраструктура.



**Фактори деструктуризації в ієрархії системи [5].**

Фактори, які діють на інтервалі спаду циклу Кондратьєва, мають компонентну структуру та впливають на всі рівні ієрархії від агрегатного до стратегічного. При відсутності єдиної стратегічної мети і стратегії координації процесів управління на всіх рівнях через інтелектуальні системи підтримки рішень, виникають конфлікти і ризикові ситуації між стратами та у їх внутрішній структурі, що приводить до розвалу системи або її деградації в процесі життєдіяльності [5-13].

При цьому термінальний час функціонування соціальних, техногенних, виробничих структур і компаній може налічувати  $m(k\text{-циклів})$  їх функціонування. До таких структур в народно-господарському комплексі відносяться електростанції, порти, системи телекомунікацій, транспортні, металургійні та нафтохімічні комплекси та аграрний сектор.

Відповідно для кожної системи з виробничою ієрархією технологій та оперативного управління, формуються шаблони зміни траєкторій при дії факторів, на підставі яких можна оцінити зміни стану об'єкта управління.

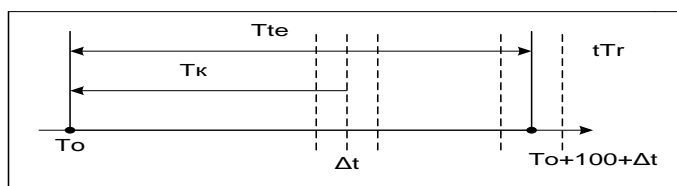
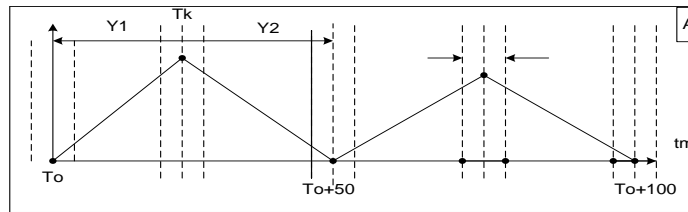
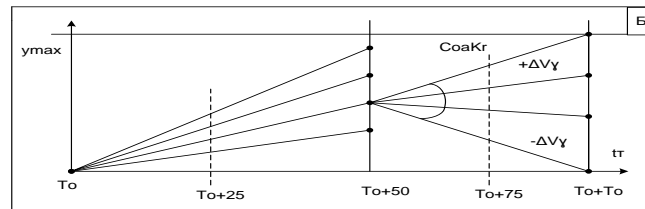


Рис. 2. Часовий шаблон циклу Кондратьєва

Шаблони циклу Кондратьєва  $T_{+e} = T_{K1} + T_{K2}$  на осі термінального часу  $T_k = 50\text{років}$ , при цьому розбиття по напрямках векторів має вид на  $T_k, V_i$ :  $\frac{\vec{r}_1^- / \vec{r}_2^+ / \vec{r}_3^- / \vec{r}_4^-}{\tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4}$ , де  $\tau \in (12.5-15)\text{років}$  – визначає час напрямку розвитку траєкторії руху системи за який відбувається ріст або деградація системи у допустимому конусі можливих траєкторій змін стану [38] при дії негативних факторів ресурсного і інформаційного характеру (А,Б)



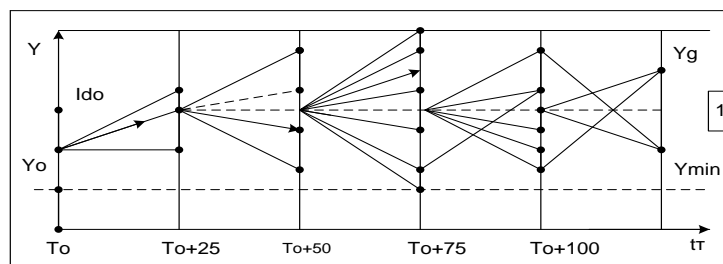
$$V_1 = R_R(t_1)t_T, \quad V_2 = V_1 \mp R_R^2(t_i)t_T, \quad V_R = V_1 \bigcup_{Tr} V_2, \quad \forall t \in I_T^K$$



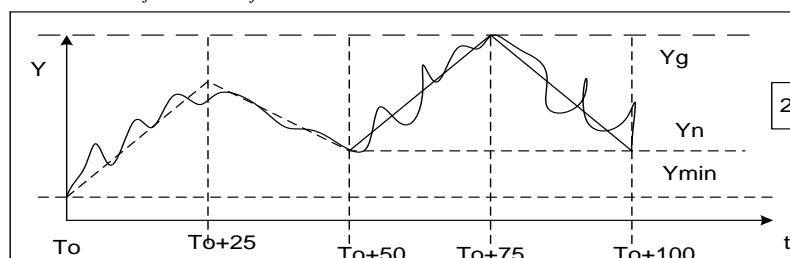
Конус Красовського допустимих швидкостей поступлення ресурсів задається напрямленими векторами допустимих швидкостей потоків ресурсів, що визначає зміну траєкторії стану  $ConK_v = \alpha \begin{pmatrix} \vec{r}^+ \\ \vec{r}^- \end{pmatrix}$ . Відповідно

віковий цикл Кондратьєва задається у вигляді інтервалу  $KT_{vc} = (110 \pm 10)$  років, а траєкторія поведінки у вигляді функції росту  $(V)^+$  або спаду  $(V)^-$ , що відповідно відображає комплекс факторів впливу (1,2,3) де: 1- формування конусів допустимих змін; 2 – формування траєкторії повного К- циклу; 3- формування траєкторій можливих станів розвитку системи [16-28]  $y(t) = Y_0 T_k + \Delta t(F_i)$  на чверть –циклах Кондратьєва [10-12.5] а у вигляді

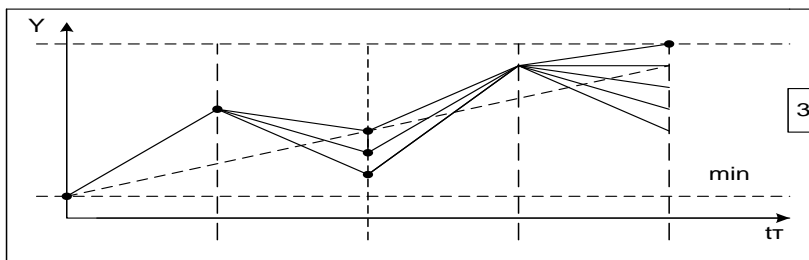
$$P_S(X) = \alpha_0 + \sum_{r=1}^n \alpha_r f_r^+(x) + \sum_{V=1}^m \alpha_r f_v^-.$$



$$Y = \sum_{i=1}^m K_o(t^i, F_t^i, \xi_t^i)t_T = \sum_{j=1}^m K_j + \sum_{j=1}^m \Delta K \quad \Delta K(t, F, \xi)$$



$$(F_K^+ + F_m^-) = \Delta F(t_1) \quad (+\Delta F) - \text{ріст}, \quad (-\Delta F) - \text{криза}.$$



Опрацювання системних і економічних потоків даних методом поліномів Кунченка Ю.П. є підставою виявлення змін економічних лагів та прогнозування сценарію майбутніх подій. При цьому процедури виявлення ознак і індикаторів вимагають від осіб (ІА) високого рівня когнітивних і інтелектуальних здібностей, креативності, толерантності в діалозі, необхідні для формування стратегій виходу із кризи ієрархічної системи.[5],[16,17-19,25]

Відповідно до ситуації, при дії факторів збурень на потоки і структури ОУ ІАСУ-ТП маємо відповідно представлення:

- матеріальних  $\langle F_{mi} | i = 1, m \rangle$   $F_m \rightarrow PIR_m(F_m, U_m)$ ;
- енергетичних  $\langle F_{Ej} | j = 1, k \rangle$ ;  $F_E \rightarrow PR_E(F_E, U_E)$
- ресурсних природних  $\langle F_{kl} | l = 1, n \rangle$ ;
- інформаційних  $\langle IR_n \rangle$ ;  $IR_n \otimes SU(StratU / C_i)$
- факторів дезорієнтації управління на різних рівнях ієрархії  $\langle FU | Rangi \rangle$ .

Змінюється траєкторія можливого стану, яка буде вирізнятися від цільової згідно конусу допустимих змін в просторі станів і цільовому ( Рис. 3 ). Зміна траєкторії визначається з врахування концепції обмеження на енергетичні потоки їх потужності і пікової енергії [24,26]. Тобто ріст можливостей розвитку буде при умові для потоків електроенергії ( $\Pi_E^r \leq \Pi_{Eg}$ ).

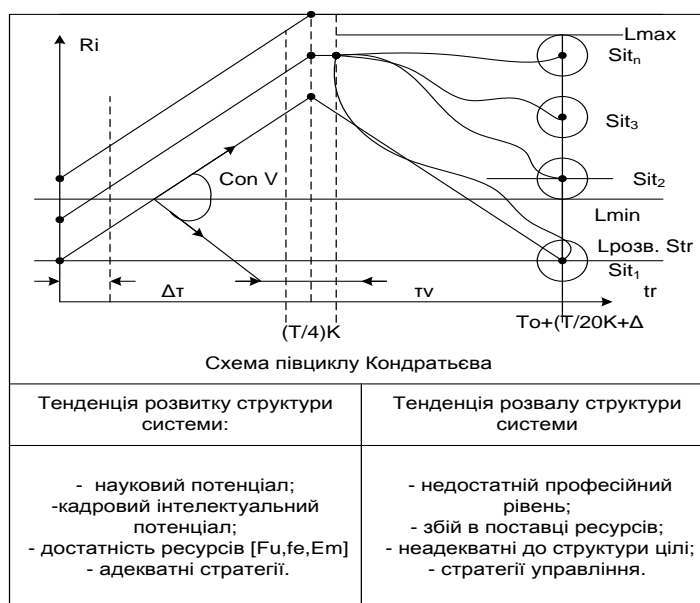


Рис.3. Компоненти, які забезпечують формування структури К-циклу.



Де маємо:  $R_i$  – рівень інтенсивного росту економіки,  $Sit_1$  - ситуація занепаду росту,  $Sit_2$  – ситуація допустимого стану,  $Sit_3$  – ситуація стабільності,  $Sit_4$  – ситуація виходу з кризового стану.

Для оцінки стійкості структури системи, з виділенням компонент на  $K$  – циклах, які впливають на ситуацію використовуємо функцію Ляпунова;

- ресурсних (матеріальні, природні, енергетичні);
- інформаційних (технологічні знання, управління);
- динаміка змін через конус зміни швидкостей Красовського – є підставою оцінки ефективності управління.
- компоненти, які забезпечують формування структури циклу –  $K$ .

**Стратегічні компонент К-циклу**

Чисто формальний системний аналіз динаміки техногенних систем не розкриває сутності циклів вікових і Кондратьєва, для цього необхідно враховувати глибину розривів знань для кожного рівня організації суспільства і враховувати ці фактори при визначенні стратегії вибору цілей.

Відповідно вплив науки і рівня розвитку знань показано на діаграмі півциклу / циклу, які включають ріст числа публікацій, впроваджених винаходів, фундаментальних і технологічних знань, розвитку методів управління на підставі системних і інформаційних технологій.

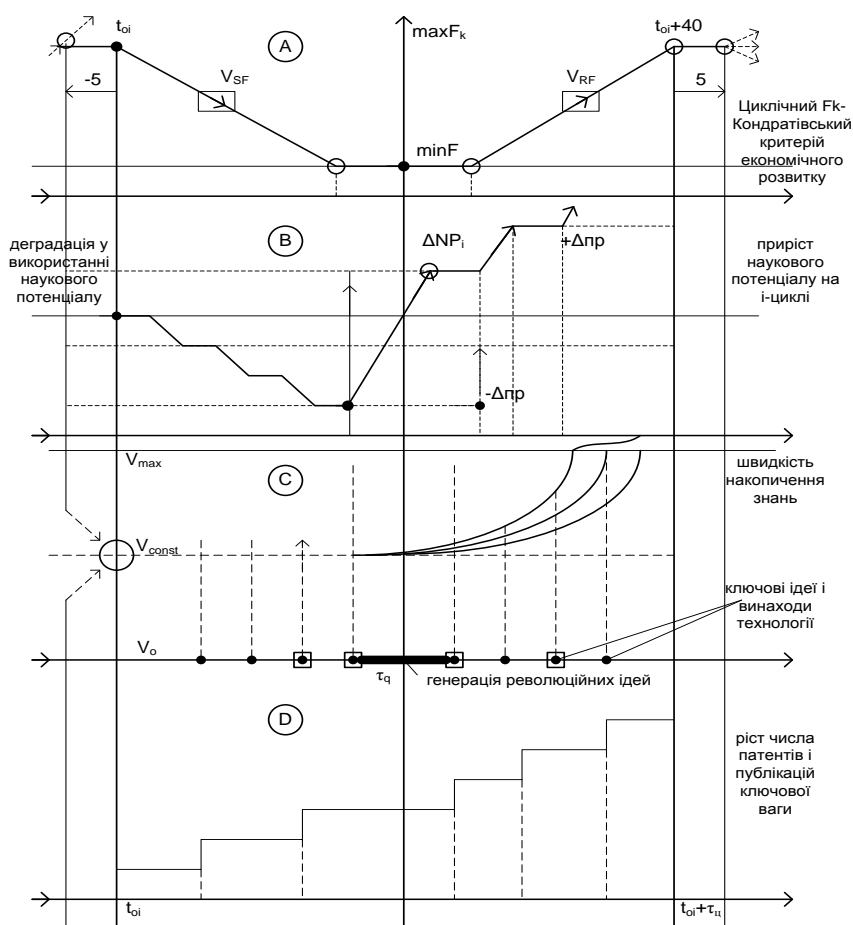


Рис.4. Структура циклу Кондратьєва з врахуванням наукового і інтелектуального потенціалу

Важливим моментом для таких корпоративних систем є термін їх функціонування, який відповідно прив'язаний до базисних реперів світового часу та координат термінального R-циклу Кондратьєва, який вкладається у (40-50) років в залежності від структури факторів збурень.

### ***Аналіз факторів впливу на пів циклах Кондратьєва.***

Пів-цикли спаду формується, якщо при максимальному рівні розвитку не виконується умови координації цілей і стратегій, що приводить до стабілізації всіх рівнів ієрархії та втрати керованості та спостережуваності. За час пів – циклу Кондратьєва система опускається до найнижчого рівня показників функціонування - деградація, розвал структури, аварійний стан. Тобто, якщо система заснована на початку циклу росту, то вона за цей час може набрати високий науково-технічний потенціал і побудувати якісну структуру, що, відповідно, при ефективному управлінні забезпечить гарантію функціонування на K-півциклі спаду. В іншому випадку така структура не буде функціонально-стійкою за рахунок низького інтелектуального управлінського рівня, втрати проектно-технічної документації, нездатності персоналу відтворити зміст технології: як інформаційно-керуючої так і ресурсно-технологічної.

### ***Системно-інформаційні умови формування пів – K-циклу росту при накопиченні інноваційних технологій .***

Для зміни негативної ситуації необхідно сформуванню новий спосіб мислення, вибрати відповідні інформаційні та інтелектуальні засоби для оцінки ситуації та ідентифікації факторів негативного впливу та сигналів на яких вони передаються.

Опрацювання інформаційних сигналів та потоків даних на підставі моделей енергетичної теорії Драгана та інтелектуальних засобів забезпечує формування ознак і індикаторів можливості наростання конфліктів інформаційно – управляючих систем. Опрацювання системних і економічних потоків даних методом поліномів Кунченка є підставою виявлення змін економічних лагів та прогнозування сценарій майбутніх подій. Відповідно процедури виявлення ознак і індикаторів ситуації вимагають від осіб високого рівня когнітивних і інтелектуальних здібностей, креативності розв'язання проблем, толерантності діалогу між рівнями ієрархії, що необхідні для формування стратегій виходу із кризи багаторівневої системи.

Розглянемо, як в історичному плані формувались і реалізовувались базові ідеї, теорії і методи науково – технічних досліджень технологій і інноваційного проекту, підставою розвитку для яких був енергетичний ресурс всіх типів електростанцій, згідно ( Рис.5). Енергетичний потенціал, як фактор росту став підставою розвитку нових технологій, засобів виробництва і управління інформаційних технологій та засобів мультимедіа і телекомунікацій у суспільстві.

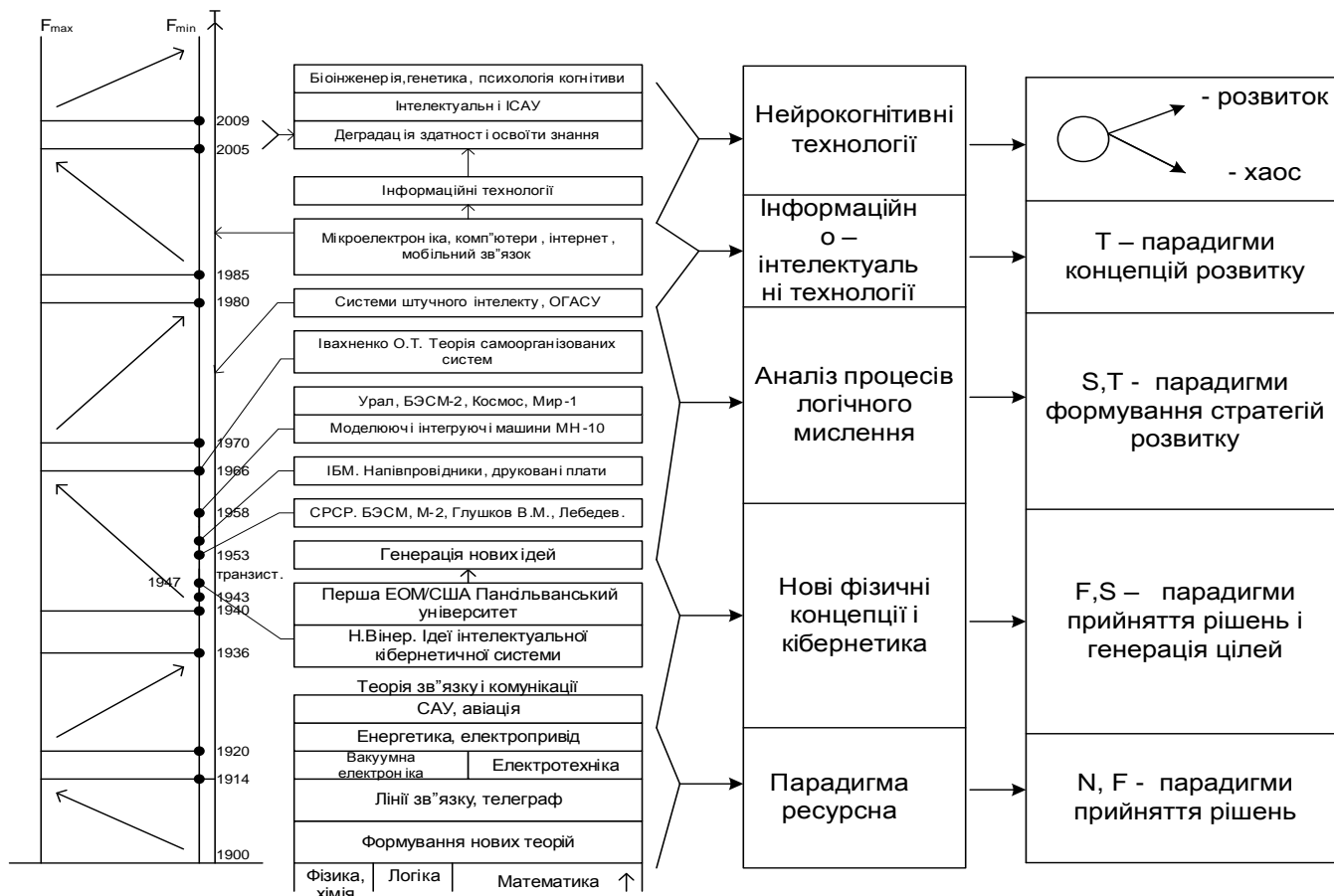


Рис. 5. Репери на К-циклах Кондратьєва когнітивного типу

Відповідно результатам аналізу К-циклів прив'яжемо їх до історичних реперів зародження нових ідей, технологій, системного аналізу, інформаційних технологій та способів мислення на підставі розвитку інтелектуальних когнітивних технологій за період 1900-1-2020рр. Як видно пів-цикли ритміки Кондратьєва, які характеризуються позитивним ростом пов'язані з науковим прогресом, ідеями і технологіями, які виникли радіотехніці, системах зв'язку, телекомунікації, систем управління та обчислювальної техніки комп'ютерних мереж та інтернету.

Негативні цикли є наслідком війн, розрухи, низьким рівнем управління, оманливими цілями і методами прийняття рішень, низьким рівнем освіти, негативним мисленням, відсутності толерантності і діалогу як локального та глобального рівня.

Відповідно побудуємо реперні точки на К-циклах Кондратьєва, використовуючи документальні історичні дані розвитку обчислювальної техніки як базису інформаційних технологій для інтелектуалізації управління (рис.5)., прив'язану до світового ритму зміни циклів.

Важливим моментом для таких корпоративних систем є термін їх застосування, який відповідно прив'язаний до базисних реперів світового розвитку.

Розвиток науки відповідно формує вікові фактори впливу на періоди Кондратьєва на підставі росту знань або знаневої деградації суспільства, що

приводить до техногенних і соціальних катастроф. Війни приводять до поглиблення кризи соціальної інфраструктури і розвиток засобів війни.

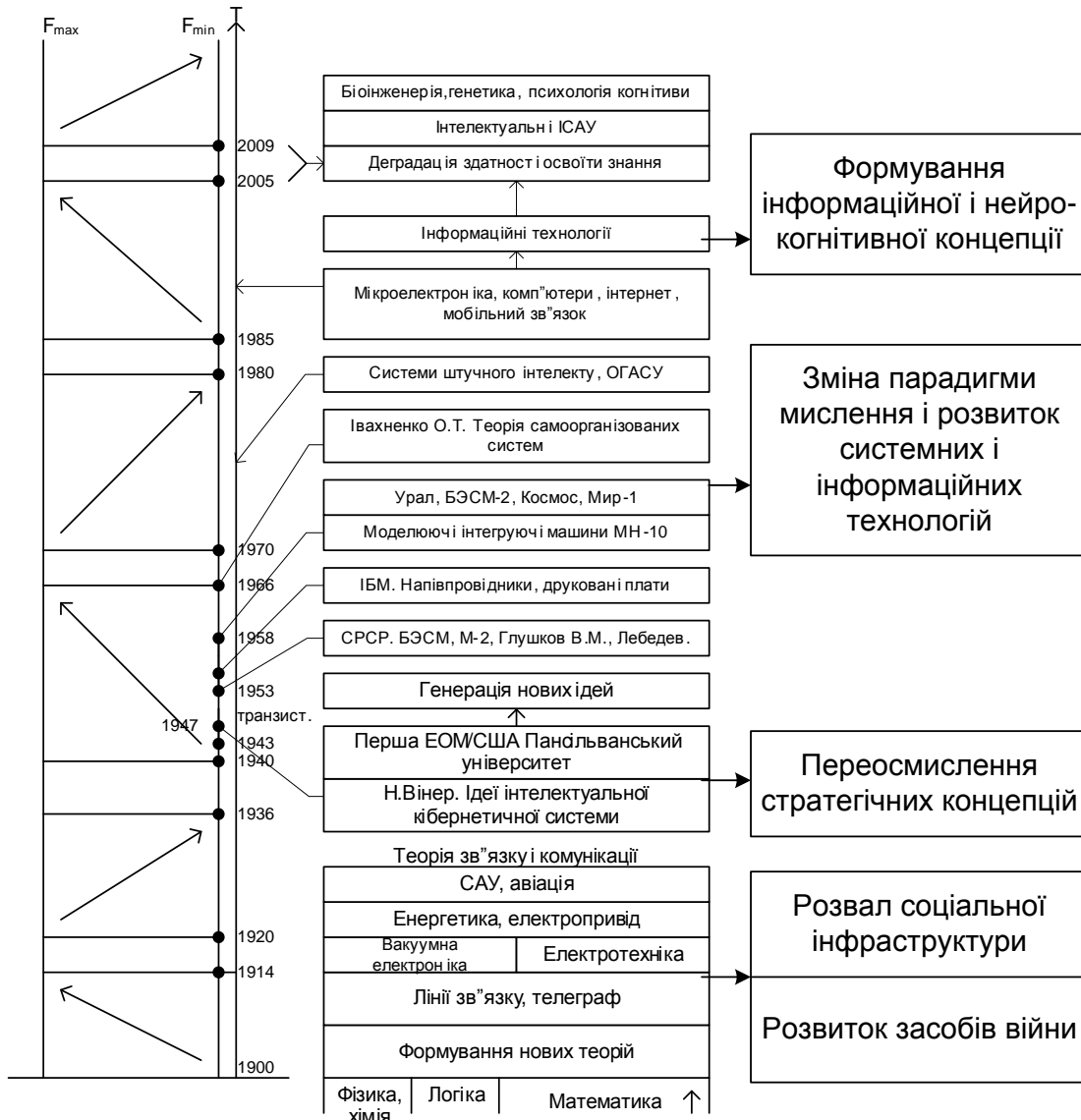


Рис. 6. Репери на К-циклах знаннєвого типу

Відповідно Кондратовський цикл включає компоненти:

- ресурсне забезпечення  $(PR(U,t), V_R(U,t))$  (потоки ресурсів і швидкість росту об'єму);
- фактори впливу (ресурсні, енергетичні, природні, управління):
  1. позитивні  $\{F_i^+\} (stratU^+, Cu^+, Vu^+, Kr^+)$  - стратегії, цілі, швидкість зміни управляючих дій,  $Kr^+$  - тенденції позитивного росту;
  2. негативні фактори впливу  $\{F_j^-\} (startU^-, Cu^-, \Delta Vu^-, Kr^-, \xi^-, Ia)$  при дії збурень, так як і низькому рівню процесу управління.

Відповідно цикл формується на підставі балансу факторів впливу як негативних так і позитивних, з врахуванням конусу допустимої зміни швидкості  $(Vr)$  - поступлення потоку ресурсів згідно [5-12] (рис.7) концепції балансу факторів та ресурсів.

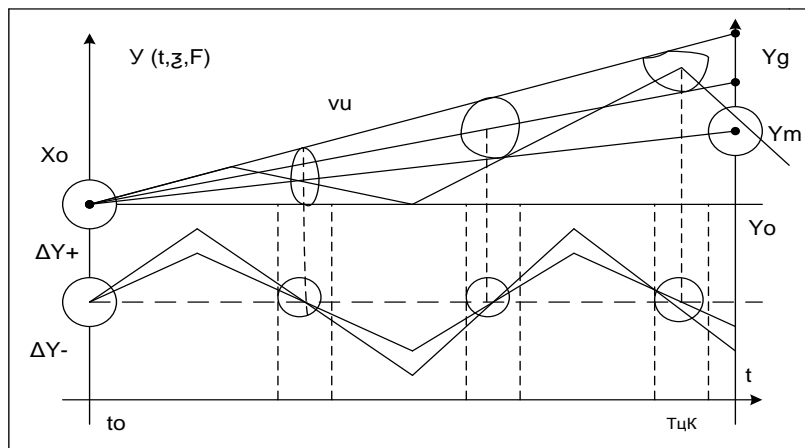


Рис. 7 Формування циклу Кондратьєва.

Відповідно до дії факторів маємо опис траєкторії стану на циклах

$$Y_{\max} = KvTm_i, y_t = RrVrt_i, \forall t_i \in T_{\text{ци}};$$

Якщо  $\left( \sum_{i=1}^n F_i^+ + \sum_{j=1}^m F_j^- \right) \rightarrow \Delta F_i^+ \Rightarrow (\text{ріст...економіки})$  - то маємо відповідні

тенденції зміни стану системи.

Для вікового циклу необхідно враховувати всі історичні аспекти розвитку технологій і виявляти фактори інтенсивного росту, згідно яких відповідно будуємо реперні точки на К-циклах Кондратьєва, використовуючи документальні історичні дані розвитку обчислювальної техніки як базису інформаційних технологій для інтелектуалізації управління (рис.4) прив'язану до світового ритму зміни циклів.

**Висновок.** Як бачимо з діаграми циклів Кондратьєва система виходить з кризи за рахунок ефективного управління, яке ґрунтується на нових знаннях та базисі раніше побудованих фундаментальних теорій, а входить в кризу при деградації здатності освоїти нові знання, як основи нових парадигм при формуванні стратегій розвитку корпоративних структур та систем державного і техногенного управління. Розбаланс у рівні освіти і науки, який забезпечує підготовку кадрів для різних організацій, виробництв, систем з ієрархічною структурою від техногенного, оперативного і адміністративного персоналу до стратегічного та глобального. Сучасні програми навчання формують технологію використання знань, а не генерацію нових стратегічного і фундаментального рівня. Цей фактор використовують вузи США, які перетягують до себе з усього світу професіоналів і молодь, але вчать технологій для інших країн – Китай, Індія, Україна, Росія та інші. Тому система управління США державними справами ефективна і стійка до збурень і зберігає тенденції циклічного росту.

*Література*

1. *Виноградов Ю.В.* Основы электронной и полупроводниковой техники – М.: Энергия – 1972. – 536 с.
2. *Сергієнко І.В.* Інформатика в Україні: становлення, розвиток, проблеми – К.: Наук. Дум. – 1999. – 354 с.
3. *Безрук В.М., Драган Я.П., Колесніков О.О. і ін.* Імовірнісні моделі випадкових сигналів та полів у прикладах і задачах – К.:ІДО – 1996. – 272 с.
4. *Кунченко Ю.П.* Полиномы приближение в пространстве с порождающим элементов. – К.: Наукова. Дум. – 2003. – 243 с.
5. *Кондратьев Н.Д.* Проблемы эконимической динамики. – М. Экономика. 1989 – 519с.
6. *Вайсбанд И.* 5000лет информатики .- М. Изд.группа., Черная Белка,, 2010-352с.
7. *Яковенко Е.Г., Басс М. И, Махров Н.В.* Циклы жизни экономических систем процессов и объектов. – М. наука.1991. 192с.
8. *Попов В.В.* США – Канада: взаимодействие национальных экономических циклов. – М. Межд. Отношение. 1988-203с.
9. *Кобринский Н.Е., Маймінас Е.З., Смирнов А.Д.* Экономическая кибернетика. – М. Экономика. 1982-405с.
10. *Ястремский А.И.* Стихастические модели математической экономики. – К. Вища школа. 1983.-.127с.
11. *Смоляков Э.Р.* Равновесные модели при несовпадающих интересах участников. – М. Наука. 1986-221с.
12. *Лафонте Хил А.М.* Финансовый анализ в условиях неопределенности. – Минск. Технологія. 1998- 225с.
13. *Петраков Н.Я., Ротарь В.И.* Фактор неопределенности и управления экономическими системами. – М. Наука. 1985-149с.
14. *Винер М.* Новые главы кибернетики: управление и связь в животном мире и машине. – М. Сов. Радио. 1963.-61с.
15. *Сікора Л.С.* Системологія прийняття рішень на управління в складних технологічних структурах / Л. С. Сікора. – Львів: Каменяр, 1998. – 453 с.
16. *Кунченко Ю.П., Заболотни С.В.* Полиномиальные оценки параметров близких к гауссовским случайных величин. Часть 2. – Черкасы, 2001 – 251с.
17. *Кунченко Ю.П.* Нелинейная оценка параметров негауссовских радиопизических сигналов. – К. Вища школа. 1987.- 191с.
18. *Кунченко Ю.П.* Стохастичні поліноми – К.: Наукова. Дум. – 2006 р. – 320с.
19. *Кунченко – Харченко В.І.* Інформаційно – системні технології, архівознавство і документологія для прогнозування циклів розвитку соціальних і

виробничих систем. – Львів. УАД. 2009 – 300с.

20. Почепцов Г.Т. Контроль над розумом. – К Вид. дім „ Києво – Могилянська академія„ 2012 – 348с.

21. Месарович М., Мако Д., Кахара І. Теория иерархических многоуровневых систем.- М. Мир. 1973 – 342с.

22. Цыганков В.В., Бухарин С.И. Информационные войны в бизнесе и политике. – М. Академический Проект. 2007.-336с.

23. Кунченко – Харченко В.І. Інформаційно-управлінське документування в ієрархічних системах./ концепції забезпечення захисту інформації. –Львів. УАД.2015. – 376с.

24. Сікора Л.С., Ткачук Р.Л. Логіко-когнітивні моделі формування управлінських рішень інтегрованими системами в екстремальних ситуаціях. –Львів «Ліга прес». 2010. – 404с.

25. Сікора Л.С., Дурняк Б.В. Антоник М.С., Ткачук Р.Л. Когнітивні моделі формування стратегій оперативного управління інтегрованими ієрархічними структурами в умовах ризиків і конфліктів .- Львів. УАД. 2013.- 449с.

26. Драган Я.П. Энергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів. – Львів. ЦСД. 1997.-362с.

27. Кучер Р.В. Энергетические ресурсы земли. – К. Наук. думка. 1998.- 122с.

28. Лысенко О.А. Теория управление безопасностью социальных систем / организаций/ - К. Изд. «Персонал» 2014. – 460с.

29. Эннусте Ю.А., Матин А.В. Стохастические экономические модели адаптивного планирования и проблемы их координации. – М. Наука. 1989.- 96с.

30. Дружинин В.В., Канторов Д.С. Конфликтная радиолокация. – М. Радио и связь. 1982.- 124с.

31. Кухтенко А.И. Кибернетика и фундаментальные науки. – К. Наук. Думка. 1987.- 140с.

32. Сичевица О.М. Факторы научного прогресса. – Воронеж ИВУ 1974. – 258с.

33. Лукас Эдвард. Новая холодная война. – К. Тампора. 2009.- 488с.

34. Мережі і мережеві війни / майбутнє терору, злочинності та бойових дій. / ред. Д. Арквілла. – К. Вид. «Києво – Могилянська академія». 2005. – 348с.

35. Поченцов Г.Г. Стратегический анализ. – К. Дзвін. 2004.- 332с.

36. Поченцов. Г.Г. Сучасні інформаційні війни. –К. Вид. «Києво – Могилянська академія». 2015. – 497с.

37. Горбулін В. Хроніки передбачень: 2006 2017. Харків. «Фоліо». 2017.- 255с.

38. Красносельський М.А., Соколов А.В. Позитивные линейные системы. – М. Наука. 1985.- 256с

# ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ ПРОЦЕССА ДЫХАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ВЫДЕЛЕНИЯ СИГНАТУР ПРИ ПАТОЛОГИЯХ ЛЕГКИХ

Луценко В.И.<sup>1</sup>, Луценко И. В.<sup>1</sup>, Ло Иян<sup>2</sup>, Бабаков М.Ф.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт Радиофизики и Электроники им. А. Я. Усикова НАНУ,

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина,

<sup>3</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского.

## Введение

Заболевания легких занимают одно из первых мест по потерям работоспособности во всех странах мира. Исследования в данной области и работы в данном направлении эволюционируют по мере развития средств вычислительной техники, типов датчиков, методов искусственного интеллекта в области диагностики и принятия решений, средств телемедицины. Рассмотрено возможность использования различных технологий анализа акустических шумов для определения сигнатур патологий легких. Это может стать основой создания многоканальной автоматизированной системы диагностики состояния легких.

## 1. Модель шумов процесса дыхания.

Статистическое описание акустических шумов, возникающих в процессе дыхания, может быть основано на использовании вложенных двухкомпонентных случайных процессов  $\{\overrightarrow{S}(t), \theta(t)\}$ , у которых одна компонента  $\overrightarrow{S}(t)$  непрерывна, а другая  $\theta(t) = \nu_i$  дискретна [1]. Эти компоненты являются зависимыми и, в общем случае, не Марковскими. Ранее подобный подход использовался в работах [1, 2]. для описания нестационарных негауссовых помех, создаваемых отражениями радиоволн от поверхности моря, суши, «ясного неба». Он оказался продуктивным и для описания радиолокационных отражений от малоразмерных надводных целей [1]. Аналогичный подход используется и для описания акустических шумов, вызванных ветром, дождем, листвой деревьев, шагами людей и животных, а



также звуками выстрелов. В процессе дыхания выделяются две фазы: вдоха и выдоха. Смена фазовых состояний процесса описывается квази детерминированной функцией, для которой не накладывается жесткие ограничения на распределение времен существования процесса в каждом из фазовых состояний. Сопоставим каждому ненулевому элементу  $\pi_{ij}$  матрицы вероятности перехода случайную величину  $T_{ij}$  с плотностью распределения  $f_{ij}(t)$ , которую будем называть временем ожидания в состоянии  $v_i$  до перехода в состояние  $v_j$ . Внутри каждого из  $v_i$  состояний процесс будем полагать квазистационарным, описывающийся своей плотностью распределения значений  $[P_i(S)]$  и спектром  $[S_i(\omega)]$ . Для описания процесса внутри фазового состояния, можно использовать стандартные модели гауссовых процессов.

## 2. Технологии выделения сигнатур шумов при патологиях легких.

### 2.1. Использование усредненных спектров.

Классический спектральный анализ, как полной структуры спектра шумов дыхания, так и отдельных его фаз (вдоха и выдоха) позволяет осуществлять дифференциальную диагностику патологий. На рис. 1а приведены спектры шума везикулярного дыхания, ослабленного везикулярного дыхания и при начальной стадии пневмонии, а на рис. 1б – разностные (дифференциальные) спектры. Дифференциальные спектры позволяют обнаружить отличия в шумах левого и правого легких, а также связанную с этим патологию.

### 2.2. Моментные характеристики спектров.

Для диагностики можно использовать моментные характеристики спектров - его среднее и среднеквадратичное значения частоты, полученные по отдельным временным сегментам:

$$F(t) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} FS(t,F) dF}{\int_{-\infty}^{\infty} S(t,F) dF} = \int_{-\infty}^{\infty} FS(t,F) dF; \sigma(F) = \sqrt{\left(\int_{-\infty}^{\infty} F^2 s(t,F) dF - F(t)^2\right)},$$

где  $s(t, F) = \frac{S(t,F)}{\int_{-\infty}^{\infty} S(t,F) dF}$  – нормированный текущий спектр шумов.

Эти характеристики позволяют оценивать изменения средней частоты и ширины спектра шума при разных фазах дыхания.

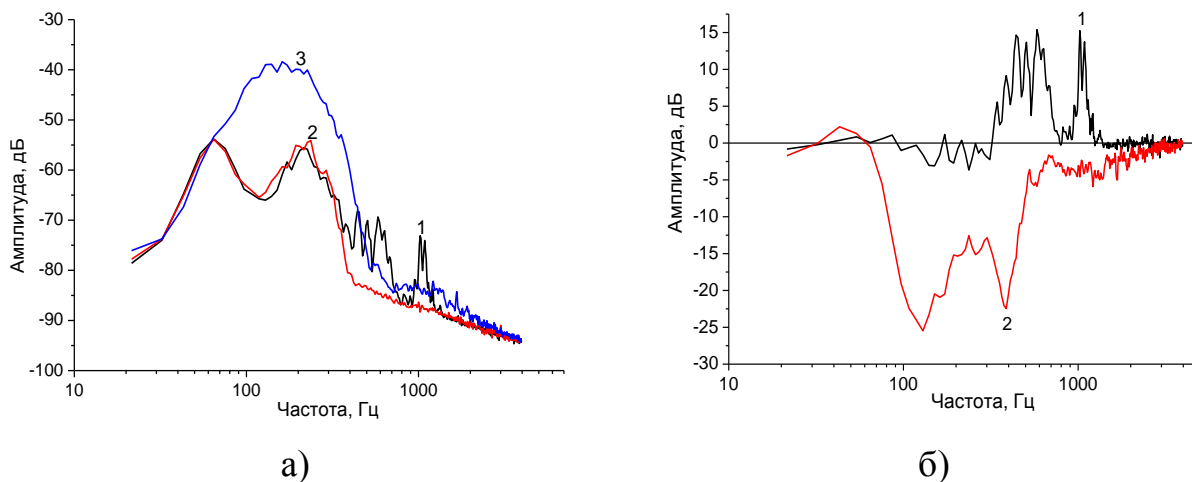


Рис.1 Спектры ( а) при ослабленном (1,2) везикулярном(3) дыхании, а также дифференциальные спектры (б) при ослабленном( 1) везикулярном( 2) .

### 2.3. Спектрограммы.

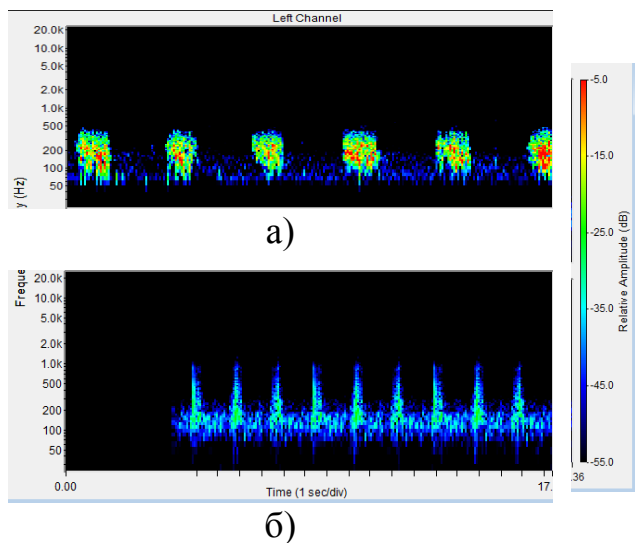


Рис.2 Спектрограммы везикулярного дыхания (а) и при пневмонии (б)

На рис.2 приведены спектрограммы шумов при нормальном дыхании и при начальной стадии пневмонии. БПФ оценивался по сегментам длительностью около 0,1с. Предлагаемый подход открывает новые возможности для дифференциальной диагностики патологий легких.

#### Список использованной литературы

1. Кравченко В.Ф., Луценко В.И., Луценко И.В. Рассеяние радиоволн морем и обнаружение объектов на его фоне // М. Физматлит, 2015. -448с.
2. Кравченко В.Ф., Луценко В.И., Масалов С.А., Пустовойт В.И. Анализ нестационарных сигналов и полей с использованием вложенных полумарковских процессов. Доклады академии наук. 2013. Т. 453. № 2. С. 151–154.

# TRANSFINITE WAVE MATHEMATICS

## OF RELATIVE SPACE-TIME

**Eugene Machusky**

Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

### Abstract

The unified theory of quantum dynamics of relative space-time is developed analytically. The ultimate holographic matrices of the parameters of standing and traveling waves of the multiverse are calculated with an accuracy limited only by the bit capacity of the computing device. Quantum mechanics is fully coordinated with the general theory of relativity. The direct path to quantum analog computing and subatomic technology is open.

### Introduction

The standard physical model is based on metric SI units, three of which are considered conditionally exact as a result of careful measurement and calculation of the optical spectra of chemical elements:

- The speed of light in free space  $C = 299792458$  m/s (cesium-133).
- Triple point of water  $TPW = 100 \cdot K - 1/100 = 273.15$  degree Celsius (oxygen-16 plus two hydrogen-1).
- The relative molar mass  $MM = 12/1000 = 0.012$  (carbon-12).

The final error of the SI metrology is due to the truncated length of the conventional numeric sequences, so the inverse functional dependence of speed, temperature and mass cannot give computational entropy less than  $1/10^9$ ,  $1/10^5$  and  $1/10^4$ , respectively.

To estimate quantum units in the unified binary-decimal positional calculation system, we can use only two simple expressions connecting the number  $\pi$  (transfinite space unit - absolute perimeter) and the number  $e$  (transfinite time unit - absolute diameter) with progressive  $(N+1)$  and regressive  $1/(N+1)$  natural set. These are two expressions for the upper stroboscopic speed  $C$  of three-dimension perimetral motion and the upper stroboscopic speed  $K$  of one-dimension radial motion [1]:

$C = [(R/10^8 + 4 \cdot \pi \cdot C/10^{18})^{64}] \cdot (10^7) = [299792457.86759134]$  – speed unit of Maxwell.

$K = e + AS + BS = [2.7315999984590452]$  – temperature unit of Kelvin.

$R = \text{Integer}\{10^8 \cdot (C/10^7)^{(1/64)}\} = 105456978$  – reference integer of Dirac.

$A = \text{Lim}[1/\text{Sum}\{729927/10^{(8 \cdot N)}\}] = 137$  – reference integer of Sommerfeld.

$AS = \text{Lim}[1/100/\text{Sum}\{[A + (A - 100) \cdot N]/[10^{(3 \cdot N + 2)}]\}] = [0.00729]$  – Sommerfeld's difference.

$B = 602214183$  – reference integer of Avogadro.

$BS = \text{Lim}[\text{Sum}\{B/10^{(3 \cdot N + 8)}\}] = [0.00602817]$  – Avogadro's difference.

The geometry of three-dimensional radial motion of an infinite harmonic wave can be represented by a twisted pair of sine and cosine springs placed in a cylindrical ring with an arbitrary external and internal diameter. If the outer diameter of the ring is equal to  $\pi$ , and the inner diameter is equal to  $e$ , we can derive seven simple parametric equations that mutually connect the transfinite wave parameters in binary  $\pi$ - $e$  notation [2]:

- [Ri] =  $1 + 2/100*(e + [Ai]*(1 + \text{Sqrt}(2*\pi*e)/10))$  – field of relative inverse radius – matrix of Dirac.
- [Pi] =  $2*\pi*[Ri]$  – field of relative inverse perimeter – matrix of Planck-Heisenberg.
- [Ci] =  $([Ri]^{64})*(10^7)$  – field of relative speed of waves – matrix of Maxwell-Kelvin.
- [Gi] =  $[Pi]*(1 + [Ai])$  – field of relative density of wave fronts – gravity matrix of Newton.
- [Ni] =  $100*(\text{Sqrt}(8*\pi*e/(8*\pi*e + A^2)))/(1 + 2*[Ai]/1000) - 5/(10^8)$  – entropy field of Avogadro.
- [Mi] =  $12 - [Ai]/10$  – field of relative amplitude of waves – molar mass matrix of Amagat.
- [Ki] =  $\text{Cos}[Mi] - \text{Sin}[Mi]$  – field of relative phase of waves – polarization matrix of Boltzmann.

The transfinite matrices [Ai] and [Ri] completely reflect the interference pattern of standing waves of the progressive and reverse radial and perimetral wave motion in three-dimensional space [3]:

	Transfinite radii [Ri]	Transfinite eccentricities [Ai]
	R4 = 1.0545725104198716	← 0.0073189621138002 = A4 = 4/A - 3*( $\pi*e/100$ ) <sup>2</sup>
	RH = 1.0545725038291215	← 0.0073187289405399 = AH = 1/(16* $\pi*e$ )
Entropy limit	NB = B/(1 + 4* $\pi/10^8$ )/10 <sup>8</sup>	→ 0.0073130730958873 = AB = f(NB)
	RL = 1.0545721761536017	← 0.0073071361524362 = AL = 1/(1 + 59*Ln(10))
	R1 = 1.0545719538152265	← 0.0072992700729927 = A1 = 1/A
	RF = 1.0545718996147182	← 0.0072973525205056 = AF = 1/(A + 360/10 <sup>4</sup> )
	R0 = 1.0545717682803448	← 0.0072927060593902 = A0 = ( $\pi*e/100$ ) <sup>2</sup>
	RS = 1.0545716917923240	← 0.0072900000000000 = AS = 1/100/(10/(10 - 1)) <sup>3</sup>
(R + 4* $\pi*C/10^{10}$ )/10 <sup>8</sup>	= 1.0545697837673031	→ 0.0072224962396486 = AC
(R + 1/e)/10 <sup>8</sup>	= 1.0545697836787944	→ 0.0072224931083105 = AE
[R + 1/(e + AS)]/10 <sup>8</sup>	= 1.0545697836689549	→ 0.0072224927601982 = AA
(R + 1/K)/10 <sup>8</sup>	= 1.0545697836608581	→ 0.0072224924737444 = AK
Wave shift factor X = Root{X*e^X/(e^X - 1) = 5}		→ 0.0070261763632109 = AX = 5/X - 1

The mutual functional relations of the transcendental numbers  $\pi$  and  $e$  are determined by the next expression as squared sum of four mean values:

$$\begin{aligned} \text{SMS} &= [\text{Sqrt}((\pi A^2 + e A^2)/2) + (\pi + e)/2 + \text{Sqrt}(\pi*e) + 2/(1/\pi + 1/e)]^2 = \\ &= 137 - 0.0061014979916403 \end{aligned}$$

where  $\text{Sqrt}((\pi A^2 + e A^2)/2) = \text{MR}$  - root mean square value,  $(\pi + e)/2 = \text{MA}$  - arithmetical average,  $\text{Sqrt}(\pi*e) = \text{MG}$  - geometrical average,  $2/(1/\pi + 1/e) = \text{MH}$  - harmonic mean. Direct and Inverse calculations of finite differences relatively Gaussian prime  $A = 137 = 11A^2 + 2A^4$  generate set of gauge equations:



Anytime, when we extract very high-order roots from any number greater than 1, we get the sequence 1.0000 ...>, and vice versa, if the number is less than 1, we get the sequence 0.9999 ...>. Changing the sequence 1.000> to the sequence 0.9999> causes a catastrophic computational entropy when we start working with very small quanta. This is the main reason for the discrepancy between discrete by origin quantum mechanics and the continuous general theory of relativity, if fundamental quantum units are estimated at decimal levels near [6.626/10<sup>34</sup>] - for Planck's constant or about [1.38/10<sup>23</sup>] - for Boltzmann constant.

**Finite entropy of root computing**

Let us calculate matrices of inverse roots in decimally denormalized notation:

PI = 314159265358979323846264338...	E = 271828182845904523536028747...
C = 299792457867591338433683989...	K = 273159999845904523536028747...
N (PI <sup>N</sup> ) <sup>^(1/N)</sup>	(E <sup>N</sup> ) <sup>^(1/N)</sup>
01 314 159 265 358 979 323 846 264 338...	271 828 182 845 904 523 536 028 747...
02 314 159 265 358 979 324 000 000 000	271 828 182 845 904 524 000 000 000
03 314 159 265 358 978 300 000 000 000	271 828 182 845 903 600 000 000 000
04 314 159 265 358 979 324 000 000 000	271 828 182 845 904 524 000 000 000
05 314 159 265 358 980 350 000 000 000	271 828 182 845 905 450 000 000 000
06 314 159 265 358 978 300 000 000 000	271 828 182 845 903 600 000 000 000
07 314 159 265 358 978 300 000 000 000	271 828 182 845 903 600 000 000 000
08 314 159 265 358 978 324 000 000 000	271 828 182 845 904 524 000 000 000
09 314 159 265 358 978 300 000 000 000	271 828 182 845 903 600 000 000 000
10 314 159 265 358 980 400 000 000 000	271 828 182 845 905 450 000 000 000
11 314 159 265 358 979 900 000 000 000	271 828 182 845 905 000 000 000 000
12 (Infinity) <sup>^(0.0833 333 333 333 333)</sup>	(Infinity) <sup>^(0.0833 333 333 333 333)</sup>
(C <sup>N</sup> ) <sup>^(1/N)</sup>	(K <sup>N</sup> ) <sup>^(1/N)</sup>
01 299 792 457 867 591 338 433 683 989...	273 159 999 845 904 523 536 028 747...
02 299 792 457 867 591 370 000 000 000	273 159 999 845 904 520 000 000 000
03 299 792 457 867 590 400 000 000 000	273 159 999 845 903 600 000 000 000
04 299 792 457 867 591 338 000 000 000	273 159 999 845 904 524 000 000 000
05 299 792 457 867 592 300 000 000 000	273 159 999 845 905 460 000 000 000
06 299 792 457 867 590 400 000 000 000	273 159 999 845 903 600 000 000 000
07 299 792 457 867 590 400 000 000 000	273 159 999 845 904 524 000 000 000
08 299 792 457 867 591 338 000 000 000	273 159 999 845 903 600 000 000 000
09 299 792 457 867 590 400 000 000 000	273 159 999 845 905 460 000 000 000
10 299 792 457 867 592 300 000 000 000	273 159 999 845 904 980 000 000 000
11 299 792 457 867 591 840 000 000 000	273 159 999 845 904 980 000 000 000
12 (Infinity) <sup>^(0.0833 333 333 333 333)</sup>	(Infinity) <sup>^(0.0833 333 333 333 333)</sup>

Resume: Floating point calculations of roots with an accuracy more than 18 digits have no real sense.

**Real field of stroboscopic rotational speed**

Let us calculate the real part of complex matrix of normalized speed units [Ci] as function of (N\*pi):

$$[Ci] = [(R/10^8 + j*(N*pi)*[Ci]/10^18)^{64}]/10$$

N*pi	Normalized speed [Ci]	Dimension of space
+2048*pi	2.998274888760923237910098...	C12D space (toroidal ring of 8 <sup>th</sup> order)
+1024*pi	2.998099375679598615580320...	C11D space (toroidal ring of 7 <sup>th</sup> order)
+512*pi	2.998011630636678935117389...	C10D space (toroidal ring of 6 <sup>th</sup> order)
+256*pi	2.997967760989134717338425...	C9D space (toroidal ring of 5 <sup>th</sup> order)
+128*pi	2.997945826883776523494865...	C8D space (toroidal ring of 4 <sup>th</sup> order)
+64*pi	2.997934860010692782378193...	C7D space (toroidal ring of third order)
+32*pi	2.997929376619048735455614...	C6D space (toroidal ring of second order)
+16*pi	2.997926634934451040992201...	C5D space (toroidal ring of first order)
+8*pi	2.997925264094958260146291...	C4D space (ring of zero order – outer torus)
+4*pi	2.997924578675913384336839...	C3D space (outer sphere)
+2*pi	2.997924235966566324837622...	C2D space (outer circle)
+1*pi	2.997924064611936639658407...	C1D space (outer diameter)
+0*pi	2.997923893257336184180985...	+C0D – zero plus point
0	2.9979238932573362.	C0 – zero median point
-0*pi	2.997923893257336184180985...	- C0D – zero minus point

We have the computational paradox:  $C0 > (+C0D) = (-C0D)$ , and the product  $0*pi$  is not equal to zero. Resume: Calculations of the modules of the normalized speed with an accuracy of more than 16 decimal digits of the mantissa have no real sense.

### Complex field of stroboscopic vibrational speed

$$[(R + j*(1/[Ti]/(10^8))]^{64} * 10^7$$

$$\begin{aligned}
 [(R + 1/(e + AS + BS))/(10^8)]^{64} * (10^7) &= 299792455.9309431977870572550 = +TK \\
 [(R + 1/(e + AS))/(10^8)]^{64} * (10^7) &= 299792456.0782545128071248 = +TA \\
 [(R + 1/e)/(10^8)]^{64} * (10^7) &= 299792456.257274188286886 = +TE \\
 \text{Median point of vibrational speed} &= 299792389.3257372... = T0 \\
 [(R - 1/e)/(10^8)]^{64} * (10^7) &= 299792322.394207758171534 = - TE \\
 [(R - 1/(e - AS))/(10^8)]^{64} * (10^7) &= 299792322.5732273550698123 = - TA \\
 [(R - 1/(e - AS - BS))/(10^8)]^{64} * (10^7) &= 299792322.7205386055847681304 = - TK
 \end{aligned}$$

Medians of rotational speed C0 and of vibrational speed T0 begin to differ from 14<sup>th</sup> place of corresponding sequences.

### Radius-speed distribution of Kelvin-Maxwell

$$\text{Eccentricity } [Ai] = [100*([Ri] - 1)/2 - e]/[1 + \text{Sqrt}(2*pi*e/100)];$$

$$\text{Speed } [Ti, Vi, Ci] * 10A8 = [Ri]^{64}/10$$

$$\text{Eccentricity } [Ai] = [100 * ([Ri] - 1) / 2 - e] / [1 + \text{Sqrt}(2 * \pi * e / 100)]; \text{ Speed } [Ti, Vi, Ci] * 10^8 = [Ri]^64 / 10$$

RC = R/10^8 + 4*pi*C/10^10	1/AC = 138.45628530900527	2.9979245786759134 = CN
Median{T...C}		2.9979245697688662 = VN
RE = (R + 1/e)/10^8	1/AE = 138.45634533722958	2.9979245625727398 = VE
Median{VA...VE}		2.9979245616776463 = VAE
Median{VAK...VAE}		2.9979245608618192 = TN
RA = (R + 1/(e + AS))/10^8	1/AA = 138.45635201059740	2.9979245607825528 = VA
Median{VA...VK}		2.9979245600459923 = VAK
RK = (R + 1/K)/10^8	1/AK = 138.45635750196408	2.9979245593094320 = VK

CN = 2.9979245786759134 – normalized rotational speed of light  
 VN = 2.9979245697688662 – normalized translational speed of light  
 TN = 2.9979245608618192 – normalized vibrational speed of light

### Eccentricity-perimeter distribution of Planck-Sommerfeld

$$\text{Radius } [Ri] * 10^34 = 1 + 2/100 * (e + [Ai] * (1 + \text{Sqrt}(2 * \pi * e / 100))); \text{ Perimeter } [Pi] * 10^34 = 2 * \pi * [Ri]$$

A1 = 1/A	1/A1 = 137.00000000000000	6.6260710055755005 = P1
AF = 1000/(A + 360/10^4)	1/AF = 137.03600000000000	6.6260706650236630 = PF
Median{P0..P1}		6.6260704227004670 = P01
Median{PP...PF}		6.6260703380697540 = PQ
Median{P01...P0S}		6.6260700111158530 = PPN
A0 = (pi*e/100)^2	1/A0 = 137.12331086104632	6.6260698398254579 = P0
Median{P0...PS}		6.6260695995312510 = P0S
AS = 1/100/(10/(10 - 1))^3	1/AS = 137.17421124828533	6.6260693592370495 = PS

AFN = AF\*1000 = 7.2973525205055606 – normalized fine structure constant  
 PPN = 6.6260700111158530 – normalized Planck constant  
 RPN = PP/(2\*pi) = 1.0545717955420579 – normalized Dirac constant  
 QN = Sqrt(AFN\*RPN/VN) = 1.6021766150304166 – normalized elementary charge constant

### Relative amplitude-phase distribution of stefan-boltzmann

$$\text{Molar mass matrix } [Mi] = 12 - [Ai] / 10;$$

$$\text{Boltzmann phase matrix } [Ki] * 10A23 = \text{Cos}[Mi] - \text{Sin}[Mi]$$



A1 = 0.00729927007299270	M1 = 11.9992700729927007	1.3806508017020000 = K1
AF = 0.00729735252050560	MF = 11.9992702647479490	1.3806507429730000 = KF
Median{KS...KF}		1.3806506866001484 = KSN
Median{K0...K1}		1.3806507011824982 = K01
Median{K0S...K01}		1.3806506302029982 = KS
A0 = 0.00729270605939020	M0 = 11.9992707299270073	1.3806506006630000 = K0
Median{K0...KS}		1.3806505592234997 = K0S
AS = 0.007290000000000000	MS = 11.9992710000000000	1.3806505177840000 = KS
AC = 0.00722249623964747	MC = 11.9992777503760360	1.3806484502840000 = KC
Median{KT...KC}		1.3806484502307500 = KBN
AE = 0.00722249310831051	ME = 11.9992777506891690	1.3806484501880000 = KE
Median{KA...KE}		1.3806484501825000 = KAE
Median{KAK...KAE}		1.3806484501775000 = KT
AA = 0.00722249276019820	MA = 11.9992777507239800	1.3806484501770000 = KA
Median{KA...KK}		1.3806484501725000 = KAK
AK = 0.00722249247374440	MK = 11.9992777507526260	1.3806484501680000 = KK

KBN = 1.3806484502307500 – normalized Boltzmann constant

KSN = 1.3806506302029982 – normalized Stefan-Boltzmann constant

### Wien reference point of wavelength displacement

$X = \text{Root}\{X * e^{AX} / (e^{AX} - 1) = 5\} = 4.9651142317442763$  - X-factor of wave displacement.

$WN = (PPN * VN) / (KBN * X) = 2.8977730384397664$  - normalized Wien displacement constant.

### Molar mass-entropy-gravity distribution of avogadro-newton

The holographic interference pattern of the three-dimensional harmonic radial motion of wave fronts is illustrated by the following matrices:

Eccentricity  $[A_i] = 1000 * (100 * \text{Sqrt}(8 * \pi * e / (8 * \pi * e + 137A^2))) / ([N_i] + 5/10A^6) - 1) / 2;$   
Molar mass  $[M_i] = 12 - [A_i] / 10;$

Entropy  $[N_i] = 100 * (\text{Sqrt}(8 * \pi * e / (8 * \pi * e + 137A^2))) / (1 + 2 * [A_i] / 1000) - 5/10A^8);$   
Gravity  $[G_i] = [P_i] * (1 + [A_i])$

Molar mass [Mi]	Entropy [Ni]/10 <sup>23</sup>	Gravity [Gi]/10 <sup>11</sup>
A4 = 4/A - 3*(pi*e/100) <sup>2</sup>	6.0221410025819227	6.6745704910750265
MH4 = Median{MH...M4}	6.0221410039861054	6.6745696977063161
AH = 1/(16*pi*e)	6.0221410053902884	6.6745689043376526
ME = Median{MH4...MHL}	6.0221410395944179	6.6745495788358180
MA = Median{MB...ME}	6.0221410564149259	6.6745400751922255
B/(1 + 4*pi/10 <sup>8</sup> )/10 <sup>8</sup>	6.0221410732354338	6.6745305715773889
MHL = Median{MH...ML}	6.0221410752027305	6.6745294599956415
AL=1/[Ln(e) + 59*Ln(10)]	6.0221411450151730	6.6744900157701819
M1 = 11.999270072992700	6.0221412397551499	6.6744364873680224
MF = 11.999270264747949	6.0221412628503759	6.6744234384921214
M0 = 11.999270729729394	6.0221413188128965	6.6743918194962957
MS = 11.999271000000000	6.0221413514049925	6.6743734048658876
MC = 11.999277750376035	6.0221421644282966	6.6739140452062993
ME = 11.999277750689169	6.0221421644660108	6.6739140238977371
MA = 11.999277750723980	6.0221421644702035	6.6739140215288681
MK = 11.999277750752626	6.0221421644736536	6.6739140195795574
AX = 5/X - 1	6.0221445289294442	6.6725781076198224

Resume: The unified planetary-wave model of the atom was obtained analytically here. We can conclude that entropy and gravity are inverse functions of the relative molar mass of different chemical elements.

### Microwave background temperature

$$\begin{aligned}
 K &= 2.7315999984590452 \\
 \text{Median}\{EA...K\} &= 2.7285850810946405 = EAK \\
 e + AS &= 2.7255718284590452 = EA \\
 \text{Median}\{EA...E\} &= 2.7219256081809303 = EAE \\
 E &= 2.7182818284590452
 \end{aligned}$$

$$\text{Median}\{EAE...EAK\} = 2.7252543275634558 = \text{TBG} - \text{stroboscopic background temperature.}$$

Resume: Microwave background (so called “relic”) temperature has not cosmic origin, it is average background temperature of oscillating nuclear of different chemical elements.

### Conclusion

To estimate the absolute values of the fundamental quantum constants of the standard physical model, it suffices to use the normalized inverse functional relations of the transcendental numbers pi and e with the twelve hyperbolic points of the complex central-mirror symmetry of the inverse natural set.

Quantum constants reflect the limits of computational entropy for inverse functional analysis, and the process of their evaluation consists in developing a

matrix of relative spatiotemporal parametric scale invariant computing system.

In general, quantum physics can be identified as transfinite mathematics of relative space-time or as logical synthesis of an absolute natural metric and natural binary-decimal calculus.

## REFERENCES

1. E.Machusky "Quantum metric of classic physics" (2017)
2. E.Machusky "Complex geometry of wave motion" (2018)
3. E.Machusky "Natural qubit matrix of primary elements of matter" (2018)

## МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ІНФОМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАДАННЯ МЕДИЧНИХ ПОСЛУГ

Палагін В.В., Гаген В.А., Палагіна О.А.

Черкаський державний технологічний університет

Черкаси, бул. Шевченка, 460, тел.:(0472) 51157, E-mail: [palahin@ukr.net](mailto:palahin@ukr.net)

З розвитком інформаційних технологій з'являються нові якісні можливості, які змінюють і покращують життя людей. До таких систем відносяться електронні системи охорони здоров'я Next Gen, eClinicalWorks, Practice Fusion, Athena health, в тому числі і eHealth — українська інформаційно-телекомунікаційна система, що забезпечує автоматизацію ведення обліку медичних послуг та управління медичною інформацією в електронному вигляді. Такі системи працюють у форматі CRM (англ., - customer relationship management) для лікарняних закладів, охоплюючи різні відділення та напрямки лікування [1, 2]. Програмне забезпечення дозволяє лікарям призначати лікування онлайн, дає доступ до історії хвороб, медичних шаблонів, спрощує роботу з документами, синхронізує інформацію про аналізи між лікарнею та лабораторією, а отже – сприяє підвищенню якості надання медичних послуг. Але, незважаючи на суттєві переваги даних електронних систем, вони мають і свої недоліки, а саме – *переглянуті вище провайдери EHR являються або локальними, або регіональними*. Система eHealth являється системою національного рівня, вона охоплює всі регіони та населені пункти України. На даний момент до системи приєдналися понад 1800 медичних закладів з понад 24000 лікарів.

Згідно з даними Держстату, 2017 року у своїх справах з України виїжджало 26,2 млн громадян, що становило 61,9% від загальної кількості населення України. Проведено розрахунки, результати яких показують, що відсоток госпіталізованих українців за кордоном може становити від 0,165% (при середньому терміні перебування за кордоном, рівним одній добі) до 15,362% (за умови, що середній термін перебування громадян за кордоном прирівнюється до 90 діб) від всіх госпіталізованих українців.

Враховуючи високий відсоток міграції, варто розглянути ще один аспект електронних медичних записів – *зменшення складності комунікації лікарів з системою*, що призведе до *зниження кількості медичних помилок*, а отже, і до підвищення рівня надання медичних послуг. Складність полягає в тому, що в умовах пересування між різними країнами, людина може потребувати лікарської допомоги. Навіть маючи електронну медичну картку, іноземний лікар може потрапити в ситуацію, коли інформація з EHR не зможе бути адекватно розшифрованою. Також, в умовах GDPR (англ., -

general data protection regulation) дані системи мають бути безпечними для користувачів. Таким чином виникає гостра потреба в розробці і практичній реалізації моделі *управління персональними даними в контексті EHR*.

Право пацієнтів на захист своїх даних являється фундаментальним в контексті охорони здоров'я. З одного боку, охорона здоров'я та персональні дані належать до категорії «конфіденційних даних», і вони користуються додатковим захистом у законодавстві ЄС [3, 4]. Несанкціоноване розкриття особистої медичної інформації може негативно вплинути на особистий та професійний спосіб життя окремого пацієнта. З іншого боку, обробка медичних даних є інформаційною основою для нормального функціонування медичних послуг, безпеки пацієнтів, просування досліджень і поліпшення здоров'я населення.

Згідно дослідженням Університету Джонса Гопкінса, в 2016 році *лікарські помилки* призвели до смерті понад 250 тис. американців, поступаючись лише раку (590 тис.) та захворюванням серця (610 тис.). Оскільки цифрові медичні записи збирають і накопичують відомості про пацієнтів (аналізи, історію хвороби тощо), *реалізація системного підходу до використання медичної інформації* є актуальною для зниження вірогідності появи лікарських помилок.

Запропонований підхід для підвищення якості надання медичних послуг в умовах підвищеної мобільності пацієнтів представлений моделлю, яка зображена на рис.1. Предметом дослідження є моделі та методи підвищення якості надання медичних послуг, такі як: створення моделей ефективної взаємодії лікар-пацієнт в умовах високої мобільності, методи обробки даних та їх аналіз в системі EHR, методи запобігання лікарських помилок, реалізація системного підходу до використання медичної інформації та розробка засобів управління персональними даними в контексті EHR.

В запропонованих методах обробки цифрових медичних записів пропонується врахувати високу мобільність пацієнтів, яка сприяє підвищенню вірогідності лікарських помилок. Їх вплив на пацієнтів має бути класифікований та проаналізований на основі сучасних підходів *Machine Learning*, що є основою розробки нових моделей, методів та інформаційної технології підвищення якості надання медичних послуг в контексті EHR.

Висока мобільність пацієнтів підвищує складність комунікації між лікарями, а також між лікарями та медичними записами, що, в свою чергу, являється однією з причин виникнення проблем. Тому, в ході подальшого дослідження пропонується розробка моделей та методів класифікації персональних медичних даних та їх аналіз для створення оптимальних медичних шаблонів, що дозволить підвищити ефективність надання медичних послуг.

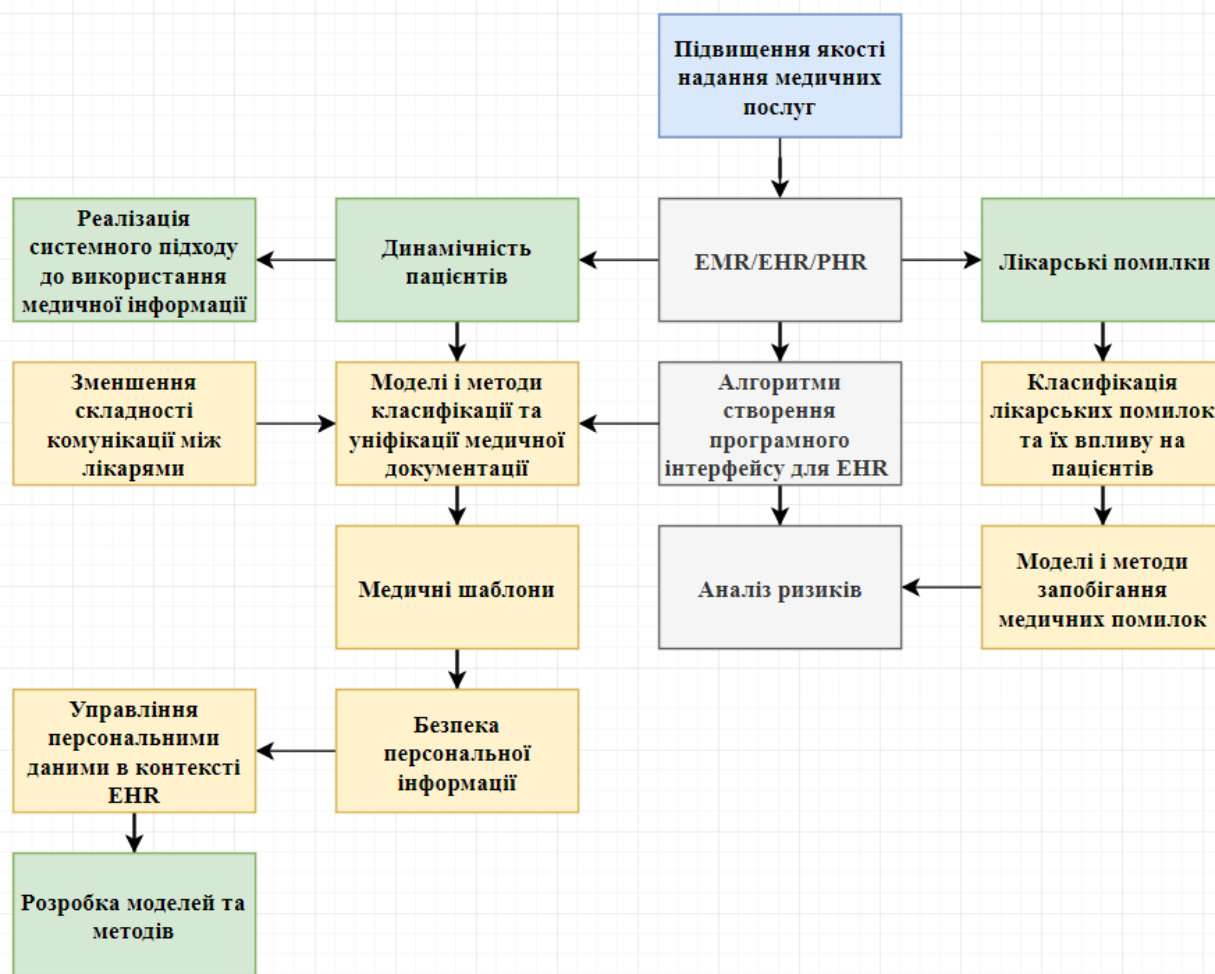


Рисунок 1. Загальна модель функціонування програмного інтерфейсу EHR

## Література

1. Habib J. L. (2010). "EHRs, meaningful use, and a model EMR". Drug Benefit Trends. 22 (4): pp.99–101.
2. Электронная медицинская карта и принципы ее организации, Зингерман Б.В., Шкловский-Корди Н.Е. Врач и информационные технологии, 2013.- N 2.-С.37-58.
3. Fernández-Alemán, José Luis; Sánchez-Henarejos, Ana; Toval, Ambrosio; Sánchez-García, Ana Belén; Hernández-Hernández, Isabel; Fernandez-Luque, Luis (2015-06-01). "Analysis of health professional security behaviors in a real clinical setting: an empirical study". International Journal of Medical Informatics. 84 (6): 454–467. ISSN 1872-8243. PMID 25678101.
4. Laura Dunlop. "Electronic Health Records: Interoperability Challenges and Patient's Right for Privacy". Shidler Journal of Computer and Technology 3:16. Archived from the original on 27 October 2007.

## МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ НАЛИВНИХ ВАНТАЖІВ, ЩО ПЕРЕВОЗЯТЬСЯ ЗАЛІЗНИЦЕЮ У ВАГОНАХ-ЦИСТЕРНАХ

Положаєнко С.А., Рудковський О.В.

Одеський національний політехнічний університет

65044, Одеса, пр. Шевченка, 1, тел.. (048)-705-84-36

E-mail: sanp277@gmail.com

**Мета роботи.** Мета роботи полягає у розробці математичної моделі наливних вантажів (наприклад, сирової нафти), що перевозяться залізницею у вагонах-цистернах, а також у здійсненні узагальнення цих моделей задля типізації та уніфікації математичного опису останніх.

**Основна частина.** У відповідності до транспортних технологій, при перевезенні наливних вантажів, наприклад, нафтопродуктів (сирової нафти та продуктів її переробки, зокрема, світлих нафтопродуктів, мастил, гудронів тощо), рідких мінеральних добрив, краплених газів та інших вантажів, що перебувають у рідкій фазі, застосовуються спеціалізовані вагони — цистерни, обладнані у відповідності до особливостей вантажів, які перевозяться. Враховуючи ці особливості, насамперед фізико-хімічні явища, якими характеризуються вантажі, що перевозяться у вагонах-цистернах [1], останні можна класифікувати наступним чином:

— цистерни з *поверхневим* теплообміном, в яких теплообмін здійснюється на поверхні розділу окремих рідин (фаз), які транспортуються. До цього класу цистерн відносяться, зокрема такі, які виконано за схемами з одинарною оболонкою у вигляді утилізаційних теплообмінників;

— цистерни *об'ємного* теплообміну, в яких теплообмін здійснюється в межах всього об'єму рідин, що перевозяться. До цього класу цистерн відносяться, зокрема цистерни-термоси або цистерни, виконані у вигляді судин Дюара (з подвійною оболонкою);

— цистерни *розсередженого* теплообміну, в яких теплообмін одночасно відбувається на декількох окремих поверхнях. До цього класу

цистерн відносяться, цистерни, що мають внутрішні конструктивні елементи (наприклад, перегородки, які запобігають хвилеутворенню рідин всередині цистерни під час руху; дво- або багато об'ємні цистерни, що використовуються для транспортування декількох окремих рідин, тощо).

Для кожного з наведених вище класів технологічних вагонів-цистерн (наприклад, задіяних у перевезенні сирової нафти та продуктів її переробки) розроблено ММ у вигляді рівнянь у часткових похідних (параболічних та гіперболічних) з відповідними початковими та граничними умовами. Аналізуючи ММ розглянутих цистерн-вагонів, для процесу транспортування наливних вантажів було визначено можливість *узагальненого математичного опису*, що у подальшому дало можливість уніфікувати на умовах *типізації* підходи до їх чисельної та обчислювальної реалізації. При цьому узагальнену ММ було отримано у наступному вигляді:

$$\frac{\partial \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial t} = f_i \left[ \bar{\Phi}_i(r_j, z, t), \frac{\partial \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial z}, \frac{\partial^2 \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial r_j^2}, \frac{\partial \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial r_j}, \bar{U}_g(r_j, z, t) \right] + D_i(\bar{\Phi}_i, r_j, z, t) \quad (1)$$

$\forall i = 1, \dots, k; \forall j = 1, \dots, N; \forall (r_j, z) \in \Omega; \forall t \in (0, t_k)$ ,  $\bar{\Phi} = [\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_k]^T$  з урахуванням початкових та граничних умов першого та третього роду, відповідно:

$$\bar{\Phi}_i(r_j, z, 0) = \bar{\Phi}_{i_0}(r_j, z), \forall i = 1, \dots, k; \forall j = 1, \dots, N; \forall (r_j, z) \in \Omega \quad (2)$$

$$\bar{\Phi}_i(r_j, z, t) \Big|_{\substack{r_i=0 \\ z=0 \\ z=\bar{z}_{\max}}}^{r_i=r_{i\max}} = \varphi_i [P_i(r_j, z, t)], \quad \frac{\partial \bar{\Phi}_i(r_j, z, t)}{\partial r_i} \Big|_{\substack{r_i=0 \\ r_i=r_{i\max}}} = \lambda_i [\bar{\Phi}(r_j, z, t), P_i(r_j, z, t)] \quad (3)$$

де  $\bar{\Phi}_i(r_j, z, t)$  — безперервні функції стану, що залежать від часової  $t \in (0, t_k)$  та просторових  $\forall (r_j, z) \in \Omega$  координат; функції стану  $\bar{\Phi}_i(r_j, z, t)$  визначаються розв'язком системи (1) — (3), що (за визначенням) існує і є єдиним;  $\bar{U}_g(r_j, z, t), g = 1, \dots, k^*$  — функції розподіленого управління, що належать гільбертовому простору  $\bar{U}_{g_a}$  на  $R^{M_k}$ . Змінні стану  $\bar{\Phi}_i(r_j, z, t)$  та управління  $\bar{U}_g(r_j, z, t)$  визначено у відкритих гільбертових просторах із границями



відповідно  $\Omega_{\Phi_i}, \Omega_{U_r}, \forall i=1, \dots, k; \forall r=1, \dots, k^*$ . Функції  $f_i[\cdot]$  та  $y_i[\cdot]$  — безперервні лінійні або нелінійні функції;  
 $D_i(\bar{\Phi}_i, r_j, z, t) = D_i\{r_j, z, t, \Phi_1(r_j, z, t), \Phi_2(r_j, z, t), \dots, \Phi_k(r_j, z, t)\}$  — лінійні або нелінійні функції, що характеризують дію зовнішніх збуджуючих впливів;  
 $P_i(r_j, z, t), \forall i=1, \dots, k; \forall j=1, \dots, N; \forall (r_j, z) \in \Omega$  — задані функції на границі  $\partial\Omega$  області, які можуть виступати в якості граничних управляючих впливів;  
 $\lambda_i, \forall i=1, \dots, k$  — параметр, який характеризує енергетичні властивості елементів об'єкта (технологічного апарата);  $N$  — число поверхонь теплообміну (зокрема, внутрішньо об'ємних перегородок).

Для узагальненої ММ вигляду (1) — (3) розроблено чисельні схеми реалізації на основі схем з «вагами», відомих в літературі як економічні схеми Кранка-Ніколсона [2, 3] та інструментальні засоби машинної реалізації, виконані шляхом модифікації ToolBox платформи Matlab.

**Висновки.** Запропоновано та реалізовано ММ наливних вантажів, що перевозяться у вагонах-цистернах. Узагальнення та уніфікація цих ММ дозволило при обчислювальній реалізації використовувати єдиний інструментарій у вигляді пакета прикладних модулів, що, у підсумку, дало зниження обчислювальних затрат на (25 — 40) %.

### Література

1. Верлань А.Ф. Математическое моделирование аномальных диффузионных процессов / А. Ф. Верлань, С. А. Положаенко, Н. Г. Сербов. — К.: Наукова думка, 2011. — 416 с.
2. Погосов А.Ю. Моделирование физических процессов и технологическая информатизация в нефтяной промышленности и энергетике: монография / А. Ю. Погосов, С. А. Положаенко, Ю. В. Григоренко. — Одесса: Наука и техника, 2013. — 656 с.
3. Самарский А. А. Теория разностных схем. — М.: Наука, 1983. — 616 с.

## ОБ'ЄКТИВНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ КЛІПОВАНИХ СИГНАЛІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МОМЕНТУ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКУ

Продеус А.М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»

03056, Київ, проспект Перемоги 37, тел. (067) 2322896

E-mail: aprodeus@gmail.com

При передачі мовних або музичних сигналів каналами зв'язку зазвичай прагнуть максимально використовувати динамічний діапазон каналу для максимізації відношення сигнал-шум. При цьому, однак, виникає небезпека виникнення нелінійних спотворень у вигляді двостороннього обмеження, яке йменується кліпуванням та аналітично описується співвідношенням

$$y(n) = \begin{cases} x(n), & |x| < A, \\ A \cdot \text{sgn}[x(n)], & |x| \geq A, \end{cases} \quad (1)$$

де  $x(n)$  - чистий сигнал;  $y(n)$  - кліпований сигнал;  $n$  - номер вибірки сигналу,  $A$  - поріг кліпування ( $0 < A < C = \max |x(n)|$ ),  $\text{sgn}(\cdot)$  - знакова функція,  $|\cdot|$  - символ модуля.

Ступінь кліпування зручно визначати величиною

$$k = 20 \lg(\max |x(n)| / A) \quad (2)$$

Суб'єктивно якість спотворених аудіо сигналів оцінюють на слух за п'ятибальною шкалою Degradation Mean Opinion Score (DMOS) [1], порівнюючи їх із неспотвореними сигналами. Таке оцінювання потребує багато часових та фінансових ресурсів. Крім того, не завжди є можливість отримати чистий сигнал. Тому актуальним є питання об'єктивного (інструментального) оцінювання якості кліпованих сигналів, що не потребувало би наявності чистого сигналу.

Мета даної роботи полягає в тому, щоб показати принципову можливість використання моменту четвертого порядку як міри якості кліпованих сигналів.

Для досягнення вказаної мети, були проведені експериментальні дослідження, в результаті чого отримано:

- 1) усереднену залежність  $DMOS(k)$  суб'єктивної міри якості;
- 2) усереднену залежність об'єктивної міри якості від величини  $k$  ;
- 3) побудовано усереднену карту відповідності об'єктивної та суб'єктивної мір якості.

Результати суб'єктивного оцінювання якості мовних сигналів наведено на рис. 1 [2].

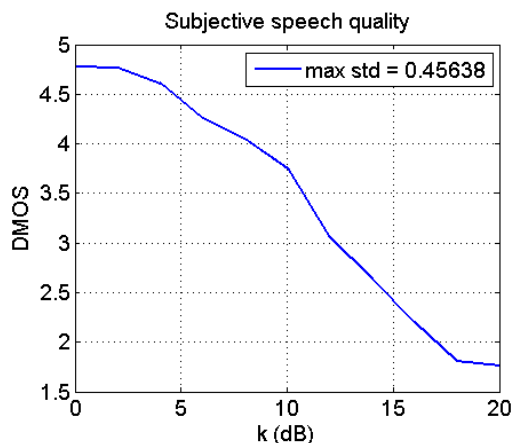


Рис. 1 – Залежність  $DMOS(k)$

Результати оцінювання параметрів  $\beta_4 = \mu_4 / (\mu_2)^2$  [2] та  $\gamma_4 = 1/\beta_4$ , де  $\mu_k$  - центральний момент  $k$ -го порядку, представлено на рис. 2. Ці параметри є претендентами на роль об'єктивних мір якості кліпованих сигналів.

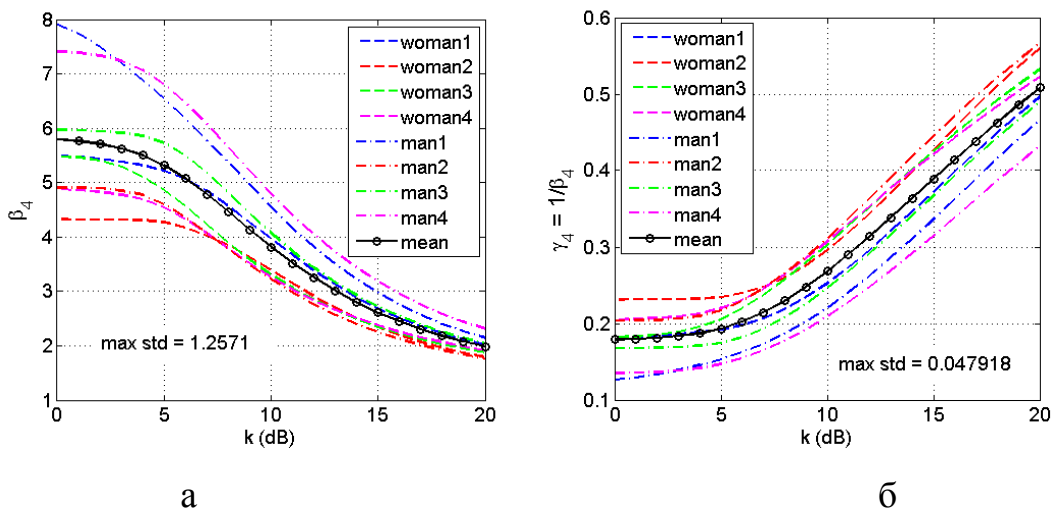


Рис. 2 – Залежності  $\overline{\beta_4}(k)$  (а) та  $\overline{\gamma_4}(k)$  (б)

Карти відповідності результатів суб'єктивного та об'єктивного оцінювання якості мовних сигналів представлено на рис. 3.

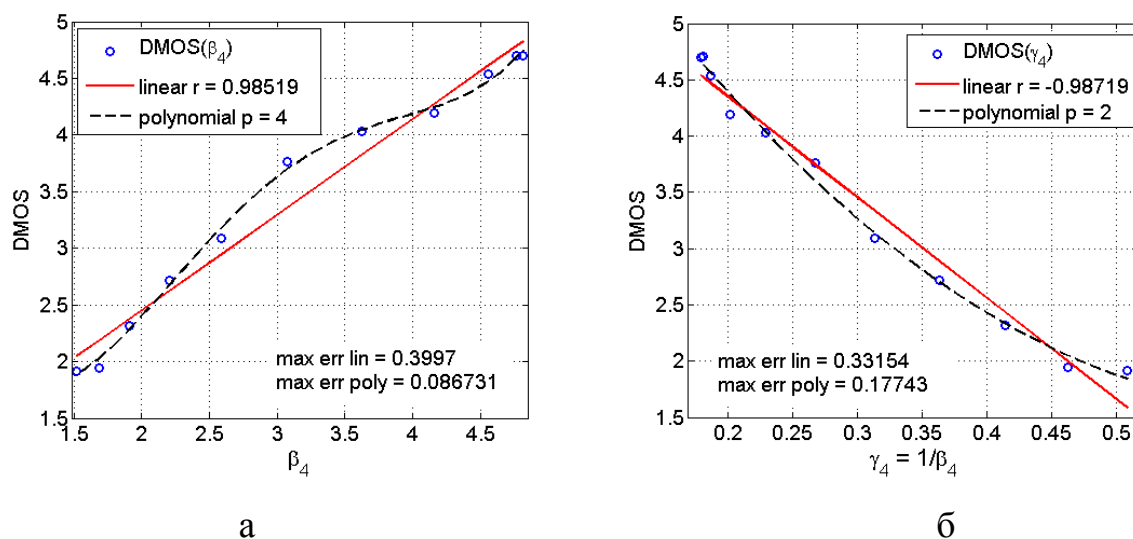


Рис. 3 – Карти відповідності  $DMOS(\beta_4)$  (а) та  $DMOS(\gamma_4)$  (б)

Монотонний та гладкий характер показаних на рис. 3 карт відповідності дозволяє стверджувати про наявність принципової можливості використання нормованого четвертого моменту, а також оберненої до нього величини, як мір якості кліпованих мовних сигналів.

Цікаво, що використання величини, оберненої до нормованого четвертого моменту, є зручнішим з огляду на менший порядок апроксимаційного поліному. Дійсно, якщо для мінімізації похибки апроксимації залежності  $DMOS(\beta_4)$  знадобився поліном 4-го порядку, то для апроксимації залежності  $DMOS(\gamma_4)$  достатньо поліному 2-го порядку, що дозволяє спростити обчислення.

### Література

1. Cote N. Integral and diagnostic intrusive prediction of speech. / Cote N. - Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, 2011. – 248 p.
2. Prodeus A.M., Kotvytskyi I.V., Ditiashov A.A. Assessment of clipped speech quality. / Prodeus A.M., Kotvytskyi I.V., Ditiashov A.A. - Electronics and Control Systems, N 4(58), 2018, pp. 11-18. DOI:10.18372/1990-5548.58.13504

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ТЕПЛОВОГО КОМФОРТУ

**Хапченко О.В.**

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського  
03056 Київ вул. Політехнічна 16, корпус №12, кафедра конструювання  
електронно-обчислювальної апаратури 38 044 204 93 63  
e-mail: sasha4247@gmail.com

Головними чинниками, які формують об'єктивний тепловий комфорт (ТК), є температура повітря, середня температура випромінювання, швидкість руху повітря, відносна вологість, швидкість обміну речовин та ізоляція одягу. Саме вони покладені в основу об'єктивного визначення ТК, яке було закріплено міжнародною стандартизацією (ISO), національною стандартизацією Росії (ГОСТ) та національною стандартизацією України (ДСТУ).

Метою роботи є метод і модель підтримки теплового комфорту для автоматичної системи управління ТК на основі технологій нейронних мереж (НМ).

Для класифікації станів ТК створено одношаровий перцептрон (рисунок 1). Кількість вхідних нейронів відповідає позиціям вхідного вектора, сформованого головними змінними  $x_j$ , що визначають ТК згідно [ДСТУ], а кількість вихідних нейронів – прийнятій класифікації. У даній роботі здійснено класифікацію на 12-ти рівнях, яка відображена у таблиці 1. За основу взято прогнозовану середню оцінку (PMV) - це індекс, за допомогою якого прогнозують середнє значення чутливості до температури великої групи людей на підставі балансу температури тіла людини (таблиця 1).

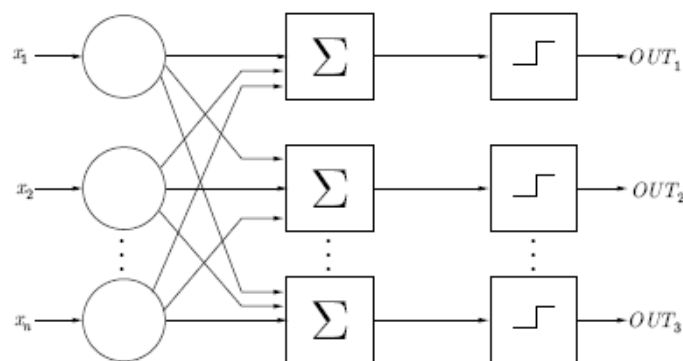


Рисунок 1. Одношаровий перцептрон

Таблиця 1

	<b>Зони теплового комфорту</b>	<b>PMV (коефіцієнт комфорту)</b>
1	Дуже холодно	-2
2	Холодно	-1,5
3	Помірно холодно	-1
4	Прохолода	-0,7
5	Помірна прохолода	-0,5
6	Комфортна прохолода	-0,2
7	Комфортне тепло	0,2
8	Помірно тепло	0,5
9	Тепло	0,7
10	Помірно гаряче	1
11	Гаряче	1,5
12	Спекотно	2

Навчаючу вибірку з 3000 векторів для НМ сформовано за рівняннями (1) – (4) [ДСТУ]. Персептрон створено у системі МАТЛАБ за допомогою пакету прикладного програмування NNT, також отримані синаптичні коефіцієнти  $w_{ij}$ . За цими коефіцієнтами формують рівняння класифікаційних гіперплощин у просторі станів ТК розмірності  $i + 1$  з координатними осями  $Y, x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_i$ .  
виду:

$$\sum_{j=0}^6 w_{ij} \cdot x_j = 0,$$

де  $i$  – номер класифікаційної площини,  $j$  – номер синапсу.

Якість класифікації оцінена за логістичним класифікатором виду (рисунок 2):

$p_i = \frac{1}{1 + e^{-Y_i}}$ , де  $p_i$  – логістична функція, яка встановлює ймовірність правильної класифікації  $i$ -го стану ТК,

$Y_i = \sum_{j=0}^6 w_{ij} \cdot x_j$  – рівняння  $i$ -ї класифікаційної площини, де  $x_j$  – предиктори логістичної функції, в якості яких виступають головні змінні вхідного вектора.

Ймовірність правильної класифікації ТК знаходилась у межах 0,97 ... 1,0.

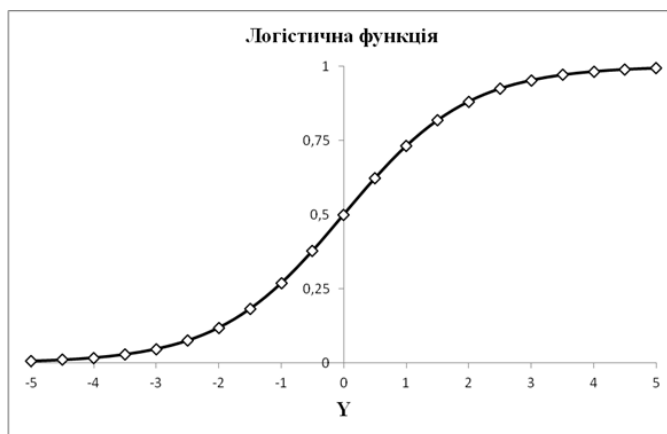


Рис. 2. Логістична функція  $p = \frac{1}{1 + e^{-Y}}$

Для формування сигналів команд виконавчим пристроям на зміну їх режимів роботи потрібно створити функцію керування. Її можна представити у вигляді рівняння регресії як функцію, яка моделює зв'язок між PMV та змінними, що визначають PMV. У цій роботі це рівняння представлено поліномом четвертого ступеня як суперпозиція окремих одночленів, складених із добутоків головних змінних з різними степенями:

$x_m^\alpha \cdot x_n^\beta$ , де  $m \neq n = 1, 2, \dots, 6$ ;  $\alpha, \beta$  – показники степеня (від 0 до 6).

Поліном налічує 105 одночленів.

Коефіцієнти поліному знайдено методом найменших квадратів згідно матричного рівняння  $B = (X^T X)^{-1} \cdot X^T Y$ , де  $X$  – матриця умов,  $Y$  – матриця результатів. Матриці  $X$  та  $Y$  утворені векторами навчаючої вибірки перцептрону. Отримана модель має дисперсію не вище 0,01 що свідчить про високу точність апроксимації.

Швидкість зміни PMV як функцію аргументів  $x_j$  оцінюють відповідними похідними  $\frac{\partial Y}{\partial x_j}$ . На підставі отриманих рішень оптимізують процес керування автоматизованою системою підтримки комфортного середовища.

### Список використаної літератури

1. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту. – Чинний з 01.01.2013 – Київ: Держспоживстандарт України, 2012.
2. А.Б. Сулин, Т.В. Рябова, А.К. Рубцов, А.А. Никитин Індеси теплового комфорту: Учбово-методичний посібник. Санкт-Петербург: Університет ИТМО, 2016.

# Методи та алгоритми обробки сигналів та статистичних даних



## ТЕОРІЯ МИТТЄВОЇ ПОТУЖНОСТІ ТРИФАЗНОЇ ТРИПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ В СИСТЕМІ КООРДИНАТ МЕТОДУ ДВОХ ВАТМЕТРІВ

Артеменко М.Ю., Кутафін Ю.В., Хвіст А.М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського», пр. Перемоги 37, Київ-56, 03056.

E-mail:artemenko\_m\_ju@ukr.net

Як відомо, метод двох ватметрів застосовується в електротехніці для вимірювання активної потужності трифазної трипровідної мережі [1]. Метою даної публікації є використання електричних змінних, задіяних в системі координат методу двох ватметрів, для викладення основних понять теорії миттєвої потужності трифазної три провідної мережі, перебіг розвитку та останні досягнення якої узагальнені в [2].

Як впливає з модифікованої теорії миттєвої потужності трифазних систем електроживлення [3], енергетичний процес трифазного трипровідного кола (рис. 1) повністю задається двокоординатними векторами миттєвих значень лінійних напруг та струмів, що використовуються в системі координат методу двох ватметрів:

$$\mathbf{u}(t) = \begin{Bmatrix} u_{AC}(t) \\ u_{BC}(t) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u_A(t) - u_C(t) \\ u_B(t) - u_C(t) \end{Bmatrix}; \mathbf{i}(t) = \begin{Bmatrix} i_A(t) \\ i_B(t) \end{Bmatrix}.$$

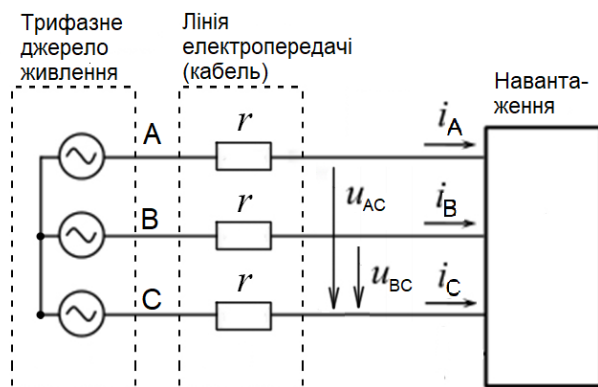


Рис. 1

В (1) фазні напруги  $u_A(t), u_B(t), u_C(t)$  розглядаються відносно штучної точки заземлення, при цьому складові нульової послідовності всіх лінійних струмів та фазних напруг дорівнюють нулю.

Визначимо базові поняття теорії миттєвої потужності в цій системі координат як окремий випадок модифікованої теорії миттєвої потужності [3] при  $n=2$ .

Оскільки в трипровідній системі  $r_N = r$ , нормована матриця опорів втрат та її обернене значення визначаються виразами:

$$\bar{\mathbf{R}} = \mathbf{I} + \mathbf{j}\mathbf{j}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}; \bar{\mathbf{R}}^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} = \mathbf{I} - \frac{1}{3} \mathbf{j}\mathbf{j}^T.$$

З урахуванням того, що

$$\mathbf{u}(t) = \begin{bmatrix} u_A - u_C \\ u_B - u_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \end{bmatrix} - u_C \mathbf{j} = \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \end{bmatrix} + \mathbf{j}(u_A + u_B) = \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \end{bmatrix} + \mathbf{j}\mathbf{j}^T \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \end{bmatrix} = (\mathbf{I} + \mathbf{j}\mathbf{j}^T) \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \end{bmatrix} = \bar{\mathbf{R}} \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \end{bmatrix},$$

квадрат повної миттєвої потужності, визначений за формулою [3]

$$\begin{aligned} \Delta p(t) \times p_0(t) &= \mathbf{r}\mathbf{i}^T(t) \bar{\mathbf{R}}\mathbf{i}(t) \times \frac{1}{r} \mathbf{u}^T(t) \bar{\mathbf{R}}^{-1}\mathbf{u}(t) = \mathbf{i}^T(t) \bar{\mathbf{R}}\mathbf{i}(t) \times \begin{bmatrix} u_A & u_B \end{bmatrix} \bar{\mathbf{R}}\bar{\mathbf{R}}^{-1}\bar{\mathbf{R}} \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} i_A & i_B \end{bmatrix} (\mathbf{I} + \mathbf{j}\mathbf{j}^T) \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} u_A & u_B \end{bmatrix} (\mathbf{I} + \mathbf{j}\mathbf{j}^T) \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \end{bmatrix} = (i_A^2 + i_B^2 + i_C^2)(u_A^2 + u_B^2 + u_C^2) = s^2(t), \end{aligned}$$

відповідає загальновідомій формулі класичної теорії [2]. Миттєва активна потужність, визначена в системі координат методу двох ватметрів

$$\begin{aligned} p(t) &= \mathbf{u}^T(t) \mathbf{i}(t) = u_{AC}i_A + u_{BC}i_B = (u_A - u_C)i_A + (u_B - u_C)i_B = \\ &= u_A i_A + u_B i_B - u_C(i_A + i_B) = u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C, \end{aligned}$$

також збігається з класичною. Отже, збігатимуться і значення миттєвих неактивних потужностей, визначені в різних координат системах. Отримаємо пряму формулу для визначення миттєвої неактивної потужності в системі координат методу двох ватметрів, перетворивши класичний вираз [2]:

$$\begin{aligned} q(t) &= (i_a u_{bc} + i_b u_{ca} + i_c u_{ab}) / \sqrt{3} = (i_a u_{bc} - i_b u_{ac} - i_a u_{ab} - i_b u_{ab}) / \sqrt{3} = \\ &= [i_a u_{bc} - i_b u_{ac} - i_a(u_{ac} - u_{bc}) - i_b(u_{ac} - u_{bc})] / \sqrt{3} = [i_a(2u_{bc} - u_{ac}) + i_b(u_{bc} - 2u_{ac})] / \sqrt{3}. \end{aligned}$$

З урахуванням того, що

$$\bar{\mathbf{R}}^{-1}\mathbf{u}(t) = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2u_{AC} - u_{BC} \\ 2u_{BC} - u_{AC} \end{bmatrix}; \mathbf{u}^T(t) \bar{\mathbf{R}}^{-1}\mathbf{u}(t) = \frac{2}{3} (u_{AC}^2 - u_{AC}u_{BC} + u_{BC}^2),$$

формула для миттєвого активного струму набуває вигляду

$$\mathbf{i}_p(t) = \frac{p(t)}{u_{AC}^2 - u_{AC}u_{BC} + u_{BC}^2} \times \begin{bmatrix} u_{AC} - u_{BC} / 2 \\ u_{BC} - u_{AC} / 2 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Попередньо визначивши матрицю

$$\mathbf{Q}(t) = \mathbf{i}(t)[\bar{\mathbf{R}}^{-1}\mathbf{u}(t)]^T - \bar{\mathbf{R}}^{-1}\mathbf{u}\mathbf{i}^T(t) = \frac{i_A(2u_{BC} - u_{AC}) + i_B(u_{BC} - 2u_{AC})}{3} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} = \frac{q(t)}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix},$$

запишемо пряму формулу для визначення миттєвого неактивного струму

$$\mathbf{i}_q(t) = \frac{\mathbf{Q}\mathbf{u}(t)}{\mathbf{u}^T(t)\mathbf{R}^{-1}\mathbf{u}(t)} = \frac{(u_{BC} - u_{AC}/2)\mathbf{i}_A - (u_{AC} - u_{BC}/2)\mathbf{i}_B}{u_{AC}^2 - u_{AC}u_{BC} + u_{BC}^2} \begin{vmatrix} u_{BC} \\ -u_{AC} \end{vmatrix} = \frac{\sqrt{3}q(t)}{2(u_{AC}^2 - u_{AC}u_{BC} + u_{BC}^2)} \begin{vmatrix} u_{BC} \\ -u_{AC} \end{vmatrix}. \quad (3)$$

Отже, справедлива декомпозиція вектора струмів навантаження на миттєві активний та неактивний струми

$$\mathbf{i}(t) = \mathbf{i}_p(t) + \mathbf{i}_q(t) = \frac{p(t)}{u_{AC}^2 - u_{AC}u_{BC} + u_{BC}^2} \begin{vmatrix} u_{AC} - u_{BC}/2 \\ u_{BC} - u_{AC}/2 \end{vmatrix} + \frac{\sqrt{3}q(t)}{2(u_{AC}^2 - u_{AC}u_{BC} + u_{BC}^2)} \begin{vmatrix} u_{BC} \\ -u_{AC} \end{vmatrix},$$

якій відповідає декомпозиція миттєвих потужностей  $s^2(t) = p^2(t) + q^2(t)$ , та миттєвих втрат:

$$\mathbf{i}^T(t)\mathbf{R}\mathbf{i}(t) = \mathbf{i}_p^T(t)\mathbf{R}\mathbf{i}_p(t) + \mathbf{i}_q^T(t)\mathbf{R}\mathbf{i}_q(t).$$

Таким чином, співвідношення (2), (3) встановлюють вирази для активного та неактивного струмів трифазної трипровідної мережі у системі координат методу двох ватметрів, які, на відміну від класичних формул, містять не шість, а чотири безпосередньо вимірюваних змінних та для своєї реалізації потребують двох, а не трьох незалежних регуляторів. Вони можуть бути використані для прямого формування струмів компенсації активного фільтра, уникаючи матричних перетворень координат, тим самим підвищуючи точність та швидкодію компенсатора.

### Література

1. Теоретичні основи електротехніки: Підручник: У 3 т. / В.С. Бойко, В.В. Бойко, Ю.Ф. Видолоб та ін. – К.: Видавництво «Політехніка», 2004. Т.1. Усталені режими лінійних електричних кіл із зосередженими параметрами. – 232 с.
2. H. Akagi, E.H. Watanable, and M. Aredes, Instantaneous power theory and applications to power conditioning. Piscataway, IEEE Press, Second edition, (2017). 464 p.
3. M.Yu. Artemenko, V.M. Mykhalskyi, S.Y. Polishchuk, V.V. Chopyk and I.A. Shapoval, “Modified Instantaneous Power Theory for Three-Phase Four-Wire Power Systems,” 2019 IEEE 39th International Scientific Conference Electronics and nanotechnology (ELNANO), Conference proceedings, 2019. Pp. 600-605.

# СЕЛЕКЦИЯ И РАСПОЗНАВАНИЕ ЗАДАНЫХ СИГНАЛОВ В ЗАДАЧАХ РАДИОКОНТРОЛЯ

Безрук В.М., Калюжный Н.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

E-mail: valeriy\_bezruk@ukr.net

## 1. Введение

В целом задача радиоконтроля (РК) состоит в слежении за динамикой изменения электромагнитной обстановки в заданном частотном диапазоне [1]. Для решения задач РК используются специальные сканирующие приемники и соответствующие алгоритмы обработки выходных сигналов. Важными задачами обработки являются задачи селекции и распознавания заданных сигналов, которые соответствуют заданным радиоизлучениям (РИ) в анализируемых частотных каналах. Сложность решения этих задач определяется необходимостью обработки, как правило, случайных сигналов с неизвестными статистическими характеристиками. Априорная неопределенность обычно преодолевается с использованием обучающих выборок сигналов для оценивания неизвестных статистических характеристик в рамках выбранной вероятностной модели сигналов. Однако специфика реальных задач обнаружения и распознавания сигналов при сканировании анализируемой полосы частот такова, что кроме заданных сигналов на обработку могут поступать также неизвестные сигналы, для которых не представляется возможным получить обучающие выборки.

В классических методах распознавания сигналов обычно полагается, что число проверяемых гипотез равно количеству классов распознаваемых сигналов, заданных своими классифицированными выборками реализаций. Когда наблюдается неизвестный сигнал, он будет ошибочно отнесен к одному из заданных классов сигналов. Чтобы исключить такую ошибку распознавания сигналов, должен быть введен класс неизвестных сигналов. В данной работе рассматривается нетрадиционный метод селекции и распознавания заданных сигналов, который учитывает повышенную априорную неопределенность, связанную с появлением неизвестных сигналов наряду с заданными в статистическом смысле сигналами при

проведении РК [2]. Приводятся результаты исследований предложенного решающего правила селекции и распознавания заданных случайных сигналов, которое основано на описании сигналов вероятностной моделью в виде авторегрессионных процессов.

## 2. Решающее правило селекции и распознавания заданных сигналов

Полагается, что распознаваемые сигналы представлены случайными  $L$ -мерными векторами  $\bar{x}$ , по реализациям которых принимаются решения. Задаются  $(M+1)$ -а гипотезы, которые могут быть сделаны в отношении наблюдаемых сигналов:  $H^i, i=\overline{1, M}$  – для заданных сигналов,  $H^0$  – для неизвестных сигналов, объединенных в  $(M+1)$ -й класс. Плотности вероятности заданных сигналов  $W(\bar{x}/\alpha^i), i=\overline{1, M}$  заданы с точностью до параметров  $\alpha^i, i=\overline{1, M}$ , а для  $(M+1)$ -го класса плотность вероятности неизвестна. Заданы также априорные вероятности гипотез  $P(H^i)=P_i$ , причем  $\sum_{i=0}^M P_i=1$ . Считается, что заданы обучающие выборки  $m$  заданных сигналов  $\{\bar{x}_r^i, r=\overline{1, n_i}; i=\overline{1, M}\}$ , а обучающая выборка для неизвестных сигналов из  $(M+1)$ -го класса ( $i=0$ ) отсутствует либо является непредставительной.

Для решения такой нетрадиционной задачи селекции и распознавания заданных сигналов может быть использовано следующее решающее правило [2]:

- принимается гипотеза  $H^0$  о действии неизвестных сигналов из  $(M+1)$ -го класса, если

$$H^0 : \max_{l=\overline{1, M}} \{P_l W(\bar{x}/\alpha^l)\} < \lambda, \quad (1a)$$

- принимается гипотеза  $H^i$  о действии заданного  $i$ -го сигнала, если

$$H^i : \max_{l=\overline{1, M}} \{P_l W(\bar{x}/\alpha^l)\} \geq \lambda, \quad (1б)$$

$$P_l W(\bar{x}/\alpha^l) \geq P_i W(\bar{x}/\alpha^i), \quad l=\overline{1, M}, \quad l \neq i. \quad (1в)$$

Здесь порог  $\lambda$  выбирается из условия обеспечения заданной вероятности правильного распознавания заданных сигналов.

Следует заметить, что при синтезе этого решающего правила не использована информация о плотности распределения неизвестного сигнала

их  $(M + 1)$ -го класса и не требуется его обучающая выборка. Постановка и решение рассмотренной задачи - это формализация требования содержательного характера о необходимости распознать  $M$  заданных сигналов и отнести в  $(M + 1)$ -й класс все неизвестные сигналы, информация о которых недостаточна для их распознавания.

В случае синтеза решающего правила распознавания сигналов при простой функции потерь, когда вводятся потери лишь за счет перепутывание неизвестного сигнала с  $M$  заданными сигналами (безразлично, с каким конкретно), приходят к различению двух гипотез:  $H^i$  - о действии одного из  $M$  заданных сигналов;  $H^0$  - о действии  $(M + 1)$ -го неизвестного сигнала. При этом получается решающее правило:

$$H^0: \sum_{l=1}^M P_l W(\bar{x}/\alpha^l) \leq \lambda, \quad H^i: \sum_{l=1}^M P_l W(\bar{x}/\alpha^l) > \lambda, \quad (2)$$

которое дает возможность решать задачу селекции (выделения)  $M$  заданных сигналов, а также противоположной задачи – выявления (обнаружения) неизвестных сигналов. В работе [2] приведена конкретизация решающего правила (1) при описании распознаваемых сигналов разными вероятностными моделями в виде ортогональных разложений, смеси распределений и др. В частности, при выборе для описания сигналов вероятностной модели в виде гауссовских авторегрессионных процессов решающее правило селекции и распознавания заданных сигналов (1) принимает следующий вид:

$$H^l: K_l(\bar{x}) < \Lambda_l, \quad l = \overline{1, M} \quad (3a)$$

$$K_l(\bar{x}) - K_i(\bar{x}) + \ln \frac{(2\pi\sigma_i)^{p_i-L}}{(2\pi\sigma_k)^{p_k-L}} \geq \ln \frac{P_l}{P_i}, \quad (3б)$$

$$H^{M+1}: K_l(\bar{x}) > \Lambda_l, \quad l = \overline{1, M}. \quad (3в)$$

Здесь  $K_l(\bar{x}) = \frac{1}{2\sigma_l^2} \sum_{k=p+1}^L \left[ x_k - \mu_l - \sum_{j=1}^{p_l} a_j^l (x_{k-j} - \mu_l) \right]^2$  - соотношение, определяющее нормированную ошибку предсказания в авторегрессионной модели;  $\mu_l, \sigma_l$  -

математическое ожидании и дисперсия заданных сигналов;  $\Lambda_l = \ln \frac{(2\pi)^{\frac{L}{2}} \sigma_l^{L-p_l} \lambda_l}{P_l}$  - некоторые пороговые значения, определяемые из условия обеспечения вероятностей правильного распознавания заданных  $M$  сигналов;  $p_l, \alpha_j^l$  - порядок и параметры авторегрессионной модели для  $l$ -го сигнала, которые оцениваются по обучающим выборкам сигналов заданных сигналов.

### 3. Результаты исследований задачи распознавания заданных РИ

Приведем некоторые результаты исследований решающего правила распознавания (3), которые получены методом статистического моделирования на выборках реализаций для 10 типов сигналов, соответствующих РИ с различным видом модуляции (в частности, бинарная и многопозиционная амплитудная, частотная, фазовая модуляции), которые характерны для задач РК. Размерность исходного описания сигналов составляла  $L=512$ , а объемы обучающих и контрольных выборок использовались по 1000 реализаций для каждого сигнала.

Получена зависимость оценки средней вероятности ошибочного распознавания заданных сигналов  $P_{i\phi\text{ ср.}}$  от используемого порядка авторегрессионной модели  $p$ . Получено, что для порядка модели  $p=20$  достигается достаточно высокое качество распознавания сигналов (оценки средней вероятности ошибочного распознавания сигналов  $P_{i\phi\text{ ср.}}$  не превышали значения 0,05. Дальнейшее увеличение порядка модели  $p$  лишь незначительно снижает  $P_{i\phi\text{ ср.}}$ , что свидетельствует о достаточно высокой информативности описания сигналов авторегрессионной моделью. Исследованы также показатели качества решения задачи селекции и распознавания  $M$  заданных сигналов при наличии сигналов из  $M+1$ -го класса неизвестных с применением решающего правила (3). В качестве  $M$  заданных сигналов использовались 5 сигналов, остальные 5 сигналов представляли собой  $M+1$ -й класс неизвестных сигналов. Оценивались такие показатели качества распознавания:  $P_{н/з}$  – вероятность принятия ошибочных решений о действии неизвестных сигналов из  $M+1$ -го класса при условии предъявления

$M$  заданных сигналов;  $P_{3/n}$  – вероятность ошибочных решений о действии  $M$  заданных сигналов при условии предъявления неизвестных сигналов из  $M+1$ -го класса. В результате исследований получены диаграммы обмена показателей качества распознавания в виде зависимости оценок  $P_{н/з}$  от  $P_{з/н}$  при различных длительностях реализаций сигналов  $L=256$  и  $L=512$  (рис. 1). Эти зависимости показывают, что уменьшение потенциально возможного значения одного из показателей качества распознавания может быть достигнуто лишь за счет ухудшения значения другого показателя.

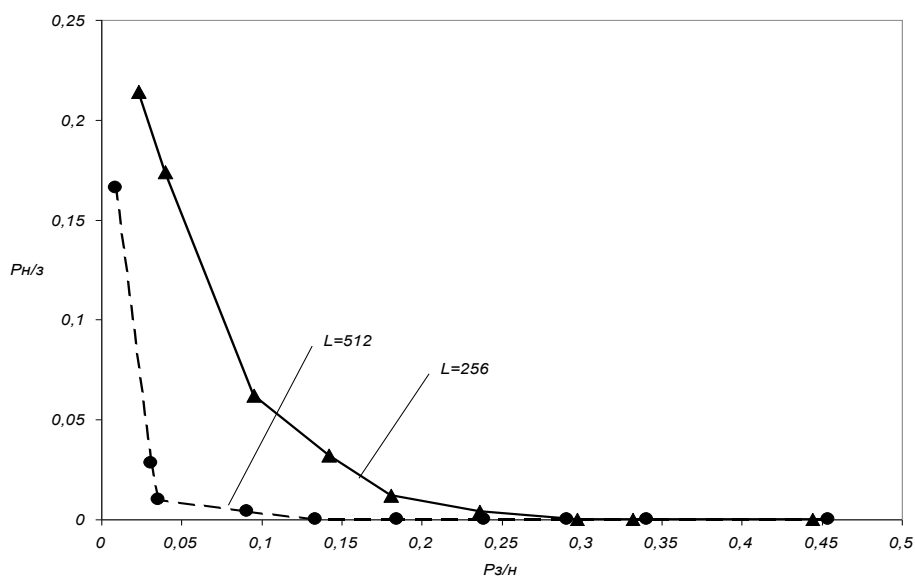


Рис. 1

Результаты исследований подтверждают работоспособность предложенного решающего правила селекции и распознавания заданных сигналов, основанного на их описании вероятностной модели в виде авторегрессионной модели. Полученное качество распознавания РИ приемлемо для решения задач автоматизированного РК.

### Литература

1. Слободянюк П.В., Благодарный В.Г. Радиомониторинг: вчера, сегодня, завтра (Теория и практика построения системы радиомониторинга). – Прилуки: ООО «Издательство «Аір-Поліграф», 2010. - 296 с.
2. Безрук В.М., Певцов Г.В. Теоретические основы проектирования систем распознавания сигналов для автоматизированного радиоконтроля. - Харьков: Коллегиум, 2007. - 430 с.



## СИНТЕЗ АЛГОРИТМІВ ВИЗНАЧЕННЯ КУТОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ДЖЕРЕЛА РАДІОСИГНАЛУ НА ТЛІ НЕГАУССІВСЬКИХ ЗАВАД

**Воробкало Т.В.**, к.т.н., доцент, **Артеменко В.В.**, студент, **Бойко І.С.** студент

Черкаський державний технологічний університет

бул. Шевченка, 460, Черкаси, 18006, тел. (0472)511570

В наш час багатоканальна обробка сигналів широко використовується в різних галузях науки та техніки, в таких як радіонавігація, радіотехніка, радіоастрономія, телебачення, зв'язок та ін.. Щоб за допомогою прийнятого сигналу отримати інформацію про джерело випромінювання: дальність розташування, кут нахилу, швидкість та ін., необхідно оцінити параметри прийнятої випадкової величини, яка представляє собою суміш корисного сигналу та завади.

На сучасному етапі розвитку науки та техніки практичний інтерес представляє нелінійна обробка сигналів при негауссівських завадах [1]. Тому метою роботи є синтез алгоритмів оцінювання кутового положення джерела радіосигналу за допомогою багатоелементної антенної решітки (АР), коли корисний сигнал приймається на фоні негауссівських завад та дослідження точності отриманих оцінок.

Нехай точкове джерело електромагнітної хвилі розташоване під кутом  $\alpha$  щодо нормалі до АР (рис. 1), Будемо вважати джерело досить віддаленим від АР, і тому фронт електромагнітної хвилі можна вважати плоским, і отже до лівого елемента електромагнітна хвиля приходить з запізненням на час  $\tau$  відносно правого елемента

$$\tau = \frac{d}{c} \sin \alpha . \quad (1)$$

Більшість сигналів за допомогою яких передається інформація являються вузькосмуговими. В роботі, також будемо вважати, що сигнал який надходить на АР є вузькосмуговим. Загальна функція для довільного сигналу з інформацією описується наступним співвідношенням.

$$s(t) = U(t) \cos(\omega_0 t + \varphi(t))$$

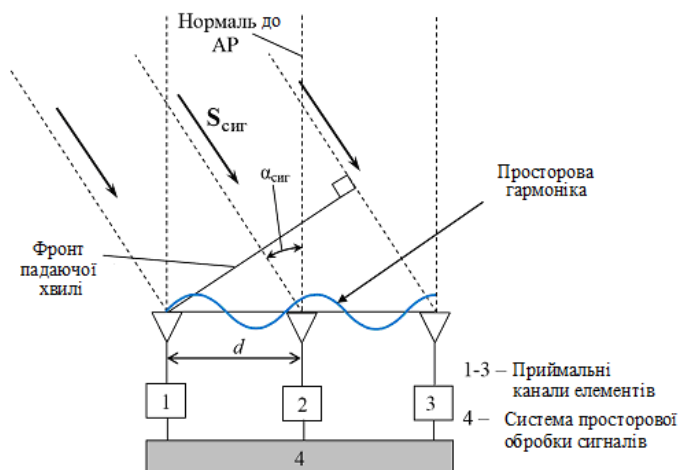


Рис. 1. Багатоелементна антенна решітка

При цьому для більшості сигналів функції  $U(t)$  і  $\varphi(t)$  суттєво повільно змінюються в часі в порівнянні з  $\cos(\omega t)$ . Тобто, лінійний розмір решітки набагато менший, ніж просторова протяжність сигналу. В цьому випадку можна не враховувати затримку огинаючої при аналізі процесів в каналах решітки, оскільки це не призведе до яких-небудь вагомих втрат при реалізації алгоритмів просторової обробки сигналів.

Тоді математична модель корисного сигналу в момент часу  $\nu$  (в дискретному вигляді) в  $p$ -му каналі АР буде мати вигляд

$$S_{\nu(p)} = A \cos(\omega_0(\nu\Delta - p\tau) + \varphi_0), \tag{2}$$

де  $A$  – огинаюча радіосигналу, що не залежить від часу.

Підставивши вираз (1) отримаємо

$$S_{\nu(p)} = A \cos(\omega_0 \nu \Delta + \varphi_0 - \frac{d}{c} \omega_0 p \sin \alpha). \tag{3}$$

Будемо вважати що параметри сигналу  $A, \omega_0, \varphi_0$  - відомі, кут  $\alpha$  - невідомий параметр, який потрібно оцінити.

Нехай взаємодія корисного сигналу і завади є адитивною,

$$\xi_{\nu(p)} = S_{\nu(p)} + n_{\nu(p)}, \quad p = \overline{0, (r-1)}, \quad \nu = \overline{1, n}, \tag{4}$$

де  $r$  – кількість приймальних пристроїв АР,  $n_{v(p)}$  – негауссівська завада, яка описується кумулянтними коефіцієнтами [1].

Нехай з випадкової величини  $\xi_{v(p)}$  виду (4) береться вибірка  $\vec{X}_{(p)} = \{x_{1(p)}, x_{2(p)}, \dots, x_{n(p)}\}$  об'ємом  $n$  при обробці якої необхідно знайти оцінку.

В разі коли характер завади відмінний від гауссівського для знаходження оцінок параметрів випадкової величини, доцільно використовувати метод максимізації полінома, запропонований професором Ю.П. Кунченко [1]. В роботі відповідно до метода максимізації полінома синтезовані алгоритми оцінювання кута надходження радіосигналу на АР до третього степеня поліному включно.

Алгоритм оцінювання параметра  $\alpha$  при першому степені поліному є лінійним і оптимальним для випадку, коли завада є гауссівською. Перевагою такої оцінки є простота її технічної та алгоритмічної реалізації. При другому та третьому степенях поліному алгоритми для знаходження оцінки ускладнюються, але дозволяють врахувати негауссівський характер завади, у вигляді кумулянтних коефіцієнтів вищих порядків. Отримані рівняння є нелінійними, які потрібно розв'язувати за допомогою чисельних методів.

Для дослідження ефективності синтезованих алгоритмів в роботі отримані дисперсії оцінок параметра  $\alpha$  при кожному степені поліному  $s$ . При  $s = 2, 3$  дисперсії оцінок менші ніж при  $s = 1$ , і зменшення залежить від значень кумулянтних коефіцієнтів.

Отже на основі синтезованих в даній роботі алгоритмів можна будувати більш точні пристрої для визначення кутового положення радіосигналу при впливі негауссівських завад.

### Література

1. Кунченко Ю.П. Полиномиальные оценки параметров близких к гауссовским случайных величин. Часть 1. Стохастические полиномы, их свойства и применения для нахождения оценок параметров. - Черкассы: ЧИТИ, 2001. –133 с.

# ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МАКСИМІЗАЦІЇ ПОЛІНОМУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НЕЛІНІЙНИХ РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

**Заболотній С.В., Рудь М.П., Ткаченко О.М.**

Черкаський державний технологічний університет  
18006, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. (0472) 511570

E-mail: s.zabolotnii@chdtu.edu.ua

## **Вступ**

Регресійний аналіз є одним із найвідоміших і найпоширеніших статистичних методів побудови математичних моделей об'єктів або явищ по експериментальним даним. На сьогодні його застосовують для вирішення практичних задач економіки і фінансів, медицині і біології, технічних і соціо-гуманітарних сферах.

Відомо, що більшість існуючих підходів до оцінювання параметрів регресійних моделей базуються на методі найменших квадратів (МНК). Теоретична можливість застосування методу максимізації поліномів (ММПл) для вирішення такої задачі була вперше обґрунтована в роботі [1]. У ній автором методу проф. Ю.П.Кунченко теоретично доведено, що при негаусовому характері статистичних даних ММПл-оцінки в цілому характеризуються меншою (порівняно з МНК) невизначеністю, а величина зменшення дисперсії залежить від значень кумулянтних коефіцієнтів вищих порядків. В роботах [2, 3] детально досліджена можливість застосування ММПл для вирішення задач регресійного аналізу (на прикладі оцінювання параметрів однофакторної лінійної регресії) та шляхом статистичного моделювання підтверджена ефективність такого підходу.

## **Мета роботи та математична постановка задачі**

Метою даної роботи<sup>1</sup> є синтез обчислювальних алгоритмів знаходження

---

<sup>1</sup> Дане дослідження виконано в рамках держбюджетної НДР «Розробка технології та пристроїв адитивного виробництва індивідуальних хірургічних імплантатів та протезів з біосумісних полімерних матеріалів» (№ держ. реєстрації 0117U000937)

ММПл-оцінок, аналіз їх властивостей шляхом статистичного моделювання та апробація на реальних експериментальних даних, отриманих при дослідженні технологічних процесів адитивного виробництва. Як математична модель нелінійної регресійної залежності використана сума гармонічного сигналу і лінійної функції:

$$y_v = A \sin(Fx_v + \varphi) + a_0 + a_1 x_v + \xi_v, \quad v = \overline{1, N}, \quad (1)$$

де  $\xi_v$  - послідовність незалежних і однаково-розподілених випадкових величин. Імовірнісні властивості випадкової складової моделі суттєво відрізняються від гаусового закону (мають асиметричний характер розподілу) і описуються за допомогою послідовності кумулянтів (кумулянтних коефіцієнтів).

Задача полягає в знаходженні оцінок компонентів векторного параметру  $\theta = \{a_0, a_1, A, F, \varphi\}$ , на основі статистичного аналізу даних  $(x_v, y_v)$ ,  $v = \overline{1, N}$ .

### **Теоретичні результати дослідження**

Основні теоретичні результати даного дослідження полягають у отриманні співвідношень, що описують оптимальні коефіцієнти рівнянь максимізації поліному, призначених для знаходження оцінок параметрів одно-факторної лінійної регресії виду (1), для випадку застосування стохастичних поліномів степені  $S = 1, 2$ . Крім того, отримані аналітичні вирази, які для асимптотичного випадку (при  $N \rightarrow \infty$ ) дозволяють розраховувати дисперсії ММПл-оцінок.

### **Статистичне моделювання**

На основі отриманих теоретичних результатів, в середовищі MATLAB, розроблено програмний комплекс, який дозволяє здійснювати статистичне моделювання роботи алгоритмів оцінювання параметрів нелінійної регресії при використанні моделі негаусових помилок. Даний комплекс на основі багаторазових випробувань (метод Монте-Карло), дозволяє здійснювати порівняльний аналіз точності різних алгоритмів статистичного оцінювання, а

також досліджувати властивості оцінок.

Для знаходження ММПл-оцінок, які отримуються шляхом вирішення системи нелінійних (степеневих) рівнянь застосовується чисельна процедура Ньютона-Рафсона. Її використання забезпечує при середній кількості 4-5 ітерацій високу відносну точність на рівні  $10^{-6}$ .

### **Експериментальні результати**

Як приклад для апробації розробленого алгоритму знаходження ММПл-оцінок параметрів регресійної моделі (1) використаний набір даних отриманих при дослідженні технологічних характеристик пристрою 3D-друку індивідуальних хірургічних імплантатів та протезів з біосумісних полімерних матеріалів за технологіями FDM. Зокрема були використані дані дослідження механічних характеристик системи подачі філаменту та реологічних характеристик екструдера 3D-принтера. Цей набір даних представляє собою залежність швидкості виходу пластикового філаменту через сопло екструдера у вигляді розплаву від керованих параметрів. А саме заданої швидкості подачі філаменту в твердому стані та температури гарячої частини екструдера для різних термопластичних матеріалів.

Проведені розрахунки показали, що застосування ММПл дозволяє зменшити на 10-25 % (порівняно із МНК) дисперсію оцінок інформативних параметрів нелінійної регресійної моделі.

### **Висновки**

Аналіз сукупності отриманих результатів підтверджує можливість і доцільність застосування методу максимізації поліномів для знаходження оцінок параметрів нелінійних регресійних моделей за умови негаусового розподілу помилок.

Проведені теоретичні дослідження показали, що МНК-оцінки є окремим випадком ММПл-оцінок, одержуваних для ступеня полінома  $S=1$ . Нелінійні ММПл-оцінки, синтезовані для ступеня полінома  $S=2$ , у цілому характеризуються більшою точністю порівняно з МНК-оцінками. Коефіцієнт зменшення дисперсії визначається ступенем негаусовості випадкової

складової регресійній моделі, що чисельно виражається значеннями кумулянтних коефіцієнтів асиметрії та ексцесу.

Отримані при статистичному моделюванні методом Монте-Карло експериментальні результати в цілому підтверджують ефективність застосування ММПл (при  $S = 2$ ) для ситуацій, коли помилки регресійної моделі мають асиметричний характер розподілу. Зі збільшенням обсягу вибіркового даних експериментальні значення коефіцієнтів зменшення дисперсії прагнуть до теоретично розрахованих величин, а розподіл ММПл-оцінок нормалізується. Важливим фактором є те, що працездатність запропонованих поліноміальних процедур регресійного аналізу спостерігається і в практично важливих ситуаціях відсутності апріорної інформації про параметри негаусових помилок. В цьому випадку можуть бути використані апостеріорні оцінки необхідних параметрів помилок, що обчислюються на основі статистичного аналізу регресійних МНК-залишків.

Таким чином, даний підхід до знаходження оцінок параметрів регресійних моделей можна трактувати як адаптивний і компромісний з точки зору практичної реалізації.

### Література

1. Кунченко Ю.П., Лега Ю.Г. Оценка параметров случайных величин методом максимизации полинома. – К.: Наукова думка, 1991. – 180 с.
2. Zabolotnii S., Warsza Z.L., Tkachenko O. (2018) Polynomial Estimation of Linear Regression Parameters for the Asymmetric PDF of Errors. AUTOMATION 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 743. Springer, Cham
3. Zabolotnii S.W., Warsza Z.L., Tkachenko O. (2020) Estimation of Linear Regression Parameters of Symmetric Non-Gaussian Errors by Polynomial Maximization Method. AUTOMATION 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 920. Springer, Cham

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІНОМІАЛЬНИХ ОЦІНОК ДАНИХ ІЗ ЕКСПОНЕНЦІЙНИМ СТЕПЕНЕВИМ РОЗПОДІЛОМ

**Заболотній С.В., Чепинога А.В., Ярмош Б.В.**

Черкаський державний технологічний університет  
18000, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. (0472) 730261

E-mail: toxacher@ukr.net

Відомо, що особливе місце в прикладній статистиці займає гаусовий (нормальний) закон розподілу ймовірностей. Його широке поширення обґрунтовується відомим наслідком «нормалізації», доведеним в рамках центральної граничної теореми. Крім того, використання такої моделі, як правило, істотно спрощує обчислювальні алгоритми. Зокрема, оцінки максимальної правдоподібності центру гаусового розподілу вироджуються в лінійні оцінки середнього арифметичного. Проте гаусова модель, що є зручною ідеалізацією з точки зору багатьох аспектів, не описує всього різноманіття реальних даних (навіть при дотриманні умови симетрії їх розподілу). Більш функціональним є модель експоненціального степеневого розподілу (ЕСР), яку часто називають узагальненим гаусовим розподілом [1], що має вид:

$$p(x) = \frac{P}{2\lambda\sigma\Gamma(1/p)} \exp\left(-|(x-\mu)/\lambda\sigma|^p\right), \quad (0)$$

де  $\lambda = \sqrt{\Gamma(1/p)/\Gamma(3/p)}$ ;  $p$  – показник степені розподілу;  $\Gamma(z)$  – гамма функція;  $\sigma$  – середньо-квадратичне відхилення;  $\mu$  – координата центру.

В роботі [2] розглянуто знаходження оцінок координата центру розподілу (1) із застосуванням методу максимізації поліномів (ММПл) [3] та моментно-кумулянтного опису. В ній отримано аналітичні вирази для знаходження поліноміальних оцінок та показано, що при степені стохастичного полінома  $r \leq 2$  поліноміальні оцінки вироджуються в лінійні оцінки середнього арифметичного, а при використанні поліномів степені  $r = 3$  відносна точність



поліноміальних оцінок збільшується. Доведено, що теоретичне значення коефіцієнта зменшення дисперсії ММПл-оцінок (у порівнянні із лінійними оцінками середнього) залежить від величини кумулянтних коефіцієнтів 4-го і 6-го порядку випадкової похибки. Проведене статистичне моделювання дозволило порівняти точність поліноміальних оцінок з відомими непараметричними оцінками (середнім, медіаною і серединою розмаху).

*Метою* даного дослідження є порівняльний аналіз ефективності (на основі критерію мінімуму дисперсії) підходів до статистичного оцінювання, які базуються на застосуванні методу максимальної правдоподібності і методу максимізації поліномів.

Математична постановка задачі оцінювання передбачає, що стохастична складова (випадкові помилки) адекватно описуються моделлю ЕСР, проте апріорна інформація про параметри цього розподілу відсутня. Подібне обмеження обумовлено умовами статистичної обробки реальних даних. Тому для забезпечення функціонування алгоритмів оцінювання використовується адаптивний підхід, який передбачає знаходження апостеріорної інформації, необхідних для кожного з методів (параметрів ЕСР для ММП або моментів вищих порядків для ММПл).

Визначення величини дисперсій оцінок, отриманих обома методами, здійснюється на основі статистичного моделювання методом Монте-Карло, тобто шляхом багаторазових випробувань при фіксованих параметрах ймовірнісної моделі.

В якості інструментарію для реалізації моделювання використано мову програмування R. Цей вибір обумовлений її вільним поширенням, а також наявністю великої кількості бібліотек, орієнтованих на задачі статистичного аналізу даних. Серед них є програмний модуль (*normalp package*), що містить набір функцій для генерації, статистичного оцінювання і візуалізації випадкових величин з ЕСР [4].

На основі сукупності результатів статистичного моделювання (отриманих для  $M = 10^4$  однотипних експериментів) можна зробити висновки про те, що порівняльна ефективність (відношення дисперсій оцінок) аналізованих методів істотно залежить від величини параметра форми  $p$  і

обсягу вибірових даних  $N$ . Необхідно відзначити, що для гостровершинних розподілів при  $p < 2$  точність ММП-оцінок прогнозовано перевищує точність ММПл-оцінок. Однак при  $p > 2$  для досить широкого діапазону значень  $p$  ситуація змінюється на протилежну (відносно по відношенню до ММП зменшення дисперсії ММПл-оцінок може становити до 25%). Цей принципово новий результат може бути пояснений різною чутливістю методів до точності отримання апостеріорної інформації про властивості помилок (параметрів моделі) при їх функціонуванні в адаптивному режимі. При цьому, зі зростанням  $p \rightarrow \infty$  і/або  $N \rightarrow \infty$  точність обох методів асимптотично співпадає.

Отримані результати ще раз підтверджують потенційну ефективність застосування апарату стохастичних поліномів Кунченка для вирішення практичних статистичних задач навіть в умовах апріорної невизначеності.

Що до впровадження в практику даної розробки, то можна сказати те, що її сфера досить широка, але, насамперед, це автоматичне опрацювання експериментальних даних, даних вимірювань, статистичний аналіз, статистичний контроль якості виробництва, аналіз медичних даних тощо.

### Література

1. Taguchi T (1978). 'On a Generalization of Gaussian Distribution', *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 30, pp. 211–242..
2. Заболотній, С. В. Поліноміальні оцінки параметрів для даних з експоненційним степеневим розподілом / С.В.Заболотній, А.В.Чепинога, Ю.Ю.Бондаренко, М.П.Рудь // *Вісник НТУУ КПІ Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування*, 2018, № 75, – С.40–47.
3. Кунченко Ю. П. Стохастические полиномы / Ю.П. Кунченко. – К.: Наук. думка, 2006. – 275 с.
4. Mineo, Angelo, and Mariantonietta Ruggieri. "A software tool for the exponential power distribution: The normalp package." *Journal of Statistical Software* 12 (2005): 1-24.

## INFORMATION TECHNOLOGY FOR ANALYSIS AND PROCESSING OF LARGE RISK DATA AND SECURITY OF CIBERNETIC SYSTEMS

**Valentina Kunchenko-Kharchenko, Igor Ogirko, Olha Ohirko,  
Taras Mayba, Andriy Chorniy**

Cherkasy State Technological University, Ukraine

Ukrainian Academy of Printing, Ukraine, Kazimierz Pulaski University of  
Technology and Humanities in Radom, Poland

Ivan Franko National University of Lviv, State University of Internal Affairs,  
Ukraine

**Key words:** analysis, Big data, Visualization data, Model, Data Mining, Text Mining, MapReduce.

**Formulation of the problem.** Today, information technologies penetrate practically all spheres of human activity and they are the most important factor of innovation. Embedded control systems (VSKs) that are integrated with each other through WANs perform many new features and actions that allow partially or completely eliminate people from the process. Every year, real and virtual worlds are becoming closer to each other, forming the technical base of cyber-physics systems (CPS). *Cybernetic Systems - Complex Dynamic Control Systems.* A cybernetic system is a set of interrelated objects that can perceive, memorize, and process information as well as exchange it. Examples of cybernetic systems: computer, human brain, living organism, enterprise, human society. The system control system: it directs the system to the choice of certain behavior or state, compensating for external disturbances, achievement of the goal, as well as the behavior of the system, is probabilistic and is determined by the ratio of the power of disturbing influences and the efficiency of the control device, the property of equilibrium inherent in some cybernetic systems, that is, the ability of the control device to rotate the system to the initial state or to the initial treatment, compensating for disturbing influences, the property of self-organization, so It is inherent in some cybernetic systems, that is, the ability to restore or change its structure and mode of operation, offsetting disturbing influences. The cybernetic system is a purposeful system. Such systems have special system properties, the study of which is the task of the organization theory. Management in such a system is based on the principle of feedback. The cyberphysical system (CPS) is a mechanism controlled or monitored by computer algorithms and is closely related

to the Internet and its users. Adaptation is achieved through the flexibility of internal components and external compatibility. In other words, the CFS imposes a variety of requirements. Therefore, we consider it expedient to describe each of the types of CFS taking into account the metrology and software used during their design[1-5].

With regard to software, this means that some of its inputs are random variables. Therefore, calculate the probability that the software meets the security specifications. Two methods of checking KFS are known: probabilistic model of verification, statistical verification of the model. There is a connection between cybernetic and physical aspects of functioning. Cyberspace is an interactive media environment that functions through computer systems. The cyberspace is characterized by three main features: the information space ; it is a communicative environment; it is formed with the help of technical systems. Cyberspace can be viewed as: 1) a local environment in the case of a computer device that is not connected to the network, and how dispersed the environment occurs when connecting the computer device to a 2) local or 3) global data network . Cybernetic space is the result of the evolution of information technology. Therefore, in order to ensure the correct functioning of the components of the CFS, it is important to develop methods, methods and tools for remote metrological testing of primary converters, measuring instruments and software[4-8].

Particularly valuable information needs adequate protection. Cyber security needs to be ensured at all levels. The main idea of cyber-physics systems is related to work and sensory systems, which are equipped with mechanisms with sufficient computing capabilities for sufficient control.

Information security is characterized by the degree of security and, consequently, the stability of the main spheres of life in relation to dangerous, informational influences, both in the implementation and the removal of information. The notion of information technology (IT) involves a wide range of activities and refers to the technical means of processing and transmitting data or information[7-9].

Characteristics of the system considered by cybernetics, its parameters, are divided into input parameters:  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , taking into account the influence of the external environment on the system, and the initial parameters  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ , characterizing the system's influence on external environment. Cybernetic systems - complex systems, themselves consist of subsystems (A, B ...), between which also

have connections. There are several views about what constitutes a system function. So, under the function of the system one can understand the transformation of its inputs into outputs. From another standpoint, the function of the system can be to preserve its existence, maintain its structure and orderliness. Therefore, the objective basis for the formation of the system is the problem situation, that is, such unsatisfactory condition of the elements of the external environment, which environment by its own means at this stage is not able to normalize[1,2,10-16].

Working with large data is a progressive direction of the IT sphere, which allows you to get useful information from any amount of data. Simulation of large data helps to obtain hidden patterns in large information arrays, and allows better understanding of data, analysis of them and obtaining useful knowledge.

Data modeling is a process used to define and analyze data requirements necessary to support business processes within the respective information systems in organizations. Data requirements are initially recorded as a conceptual data model, which is essentially a set of technologically dependent data specifications and is used to discuss initial requirements with business stakeholders. The final step in data modeling is to transform the logical data model into a physical data model that organizes the data in the table and explains details of access, performance, and storage. Data modeling is also used as a technique for detail requirements for specific databases. Therefore, it is important to find quantitative characteristics of the expert level of expert competence[10-16].

Data processing technology is intended to solve well-structured tasks, which require the necessary inputs and known algorithms and other standard procedures for their processing. This technology is applied at the operational level of management in the activities of personnel of low qualification in order to automate some routine repeatedly repeated operations of management work. Parallelization and distributed computing are obvious answers to the question of scaling. But this does not always turn out to be so easy, even in the case of a simple statistical tool like logistic regression analysis. Distributed statistical calculations are as different from traditional business analytics as ice from water. Sometimes engineers with extensive software development experience are retraining and become data-seekers in order to raise wages. Data models provide a framework for data that will be used in information systems by providing a specific definition and format. If the data model is used sequentially on all systems, data compatibility is achievable[16-18].

In certain circumstances, information systems can be penetrated by a deliberate attack. Most often such penetrations are done by hackers specifically looking for information to steal. Employee fraud, impersonation or theft are other deliberate means to access data. Approximately 36% of reported breaches, according to Privacy Rights Clearing House, were due to an outside attack, often via malware infection. Places where computer systems contain thousands of records with sensitive information, such as a medical center, financial administration area, bursar, human resource department or alumni office are more likely to be targeted by an attacker than smaller systems containing fewer records. System owners should be regularly viewing access logs, updating access authorizations as employees come and go, as well as putting other protections in place to limit access to these systems for employees with a business need.

The database design process involves the creation of three types of schemes described above - conceptual, logical, and physical. The database project can describe many different parts of the project throughout the database system [2-4]. The database project can also be applied to the entire design process, as well as forms, queries used as part of the entire database application in the database management system, or the DBMS. In the process, system interfaces range from 25% to 70% of the cost of developing and maintaining current systems. If the data models are system-based on the system, then not only the same analysis is repeated in common areas, but further analysis should be done to create interfaces between them. In comparison with the statistics, on the methods of which largely based on the science of data, it refers to the study of large-sized heterogeneous arrays of digital information and inextricably linked with information technologies that provide their processing. In comparison with the activity in the field of design and work with databases, which provides for the preliminary design of a data model, reflecting the relationship of the subject area and further study data downloaded by simple arithmetic methods, in the science of data provides support to the apparatus of mathematical statistics, artificial intelligence, machine learning, often without preloading data in the model. The data modeling technique can be used to describe any ontology, that is, the review and classifications of the terms used and their relationships, areas of interest. Several techniques have been developed for designing data models. General data models are generalizations of conventional data models. They define standardized general types of relationships, along with the kinds of things that can be related to these types of relationships. Defining a

common data model is similar to natural language definition. The development of machine learning has led to an increase in the importance of data science and its rapid development. The science of data affects scientific and applied research in many fields, such as machine translation, speech recognition, robotics, search engines, digital economics, as well as biological sciences, computer technology in medicine, health care and humanities . It greatly affects the economy, business and finance. Nowadays you have to continuously analyze a huge amount of data at the same time in order to extract relevant information that will make the most of it. This is not an easy task. That's why our engineers use sophisticated analytical tools that turn the information you have into the knowledge you need [3-5]. Nowadays, great data stimulates innovation everywhere.

**Working of hardware-based security:** A hardware device allows a user to log in, log out and set different privilege levels by doing manual actions. The device uses biometric technology to prevent malicious users from logging in, logging out, and changing privilege levels. The current state of a user of the device is read by controllers in peripheral devices such as hard disks. Illegal access by a malicious user or a malicious program is interrupted based on the current state of a user by hard disk and DVD controllers making illegal access to data impossible. The data on hard disks can be corrupted after a malicious access is obtained. The hardware protects the operating system image and file system privileges from being tampered. Therefore, a completely secure system can be created using a combination of hardware-based security and secure system administration policies.

To use large data with the highest efficiency, you need to connect data from internal, public, and licensed sources. Providing the right data to the right people at the right time is what really increases organizational productivity. This includes the use of complex algorithms to determine what data to store in real time, which - in the short-term access, and which - in the archive, which is needed for large data. The development of information technology has led to new type systems, called the decision support systems. These systems are based on OLAP technology, the basis of which is the implementation of analytical queries. The main problems that arise in data processing are the lack of analysis methods that are suitable for use due to their heterogeneity, the need for significant human resources to support the data analysis process, the high computational complexity of existing analysis algorithms and the rapid growth of the volume of data collected. Understanding how data can be disclosed and what to do to protect it is the key to minimizing data

breaches. At MIT data is sometimes sent around campus and between MIT and its business partners in electronic mail attachments, in many cases without protection. Much of this data ends up on individual laptop and desktop computers for a period of time, available to anyone with access to that computer [16-20].

**Conclusion.** The international standards ISO/IEC 27001:2013 and ISO/IEC 27002:2013 covers data security under the topic of information security, and one of its cardinal principles is that all stored information, i.e. data, should be owned so that it is clear whose responsibility it is to protect and control access to that data. Big Data in Information Technology is a series of approaches, tools and methods for processing structured and unstructured data of enormous volumes and significant varieties for obtaining results that are perceived by a person, effective in conditions of continuous growth, distribution in the numerous nodes of the computational network that have been formed. , alternative to traditional database management systems and the Business Intelligence class. This series includes mass-parallel processing of uncertainly structured data, primarily NoSQL, MapReduce algorithms, software frameworks and Hadoop project libraries. Therefore, in any organization must necessarily be an information system of data processing and developed relevant information technology, solving only well structured tasks for which it is possible to develop an algorithm, the implementation of standard processing procedures [1,2,3-5]. Existing standards define typical data processing procedures and regulate their compliance with organizations of all kinds; performing the basic amount of work in an automatic mode with minimal human participation; using detailed data. The records of the organization's activities are detailed in nature, allowing for audits. The properties of safety in and the main threats in cyberphysical security are considered. The basic thesis for cyberphysical systems of distributed load in cloud computations is formulated. Software-based security solutions encrypt the data to protect it from theft. However, a malicious program or a hacker could corrupt the data in order to make it unrecoverable, making the system unusable. Hardware-based security solutions can prevent read and write access to data and hence offer very strong protection against tampering and unauthorized access. Hardware based security or assisted computer security offers an alternative to software-only computer security. However, dongles can be used by anyone who can gain physical access to it. Newer technologies in hardware-based security solves this problem offering full proof security for data.



## LITERATURE

1. Kunchenko Y. Polynomial Parameter Estimations of Close to Gaussian Random variables. —Germany, Aachen: Shaker Verlag, 2002. —396 p
2. Kunchenko Y. P. Polinomial parameter estimation of close to Gaussian random variables. Shaker verlag Gmb, 2002,414 pp.
3. R. M. Skrynkovskyy, L. V. Yuzevych, O. I. Ogirko, G. Pawlowski. Big Data Approach Application for Steel Pipelines in the Conditions of Corrosion Fatigue // Journal of Engineering Sciences. – Sumy : Sumy State University, 2018. – Volume 5, Issue 2. – P. E27-E32.
4. F. Jack Smith. Data Science as An Academic Discipline . Data Science Journal, Volume 5, 19, p. 163—164. CODADA.
5. Vasant Dhar Data Science and Prediction // Communications of the ACM. — 2013. — Vol. 56, no. 12. — P. 64—73.
6. Огірко І., Огірко О. Інформаційні технології безпекометрії в поліграфії. ІІІ- Міжнародна науково-технічної конференції “Захист інформації і безпека інформаційних систем”. Національний університет “Львівська політехніка”05 – 06 червня 2014 р. Львів, Україна– С. 46-51
7. Олійник Р.В., Огірко О.І. Інформаційна технологія обробки даних інформаційних систем із змінними структурою та параметрами.- Комп'ютерні технології друкарства,УАД.Львів. 2016.1(35).С.87-97.
8. Кунченко, Ю. П. Проверка статистических гипотез при использовании полиномиальных решающих правил, оптимальных по моментному критерию суммы асимптотических вероятностей ошибок [Текст] / Кунченко Ю. П., Палагин В. В. // Радиоэлектроника и автоматика. — 2006. — № 3(34). — С. 4.
9. Валентина Кунченко-Харченко, Ігор Огірко. Феномен вченого у творчій діяльності .Українська Міжнародна академія ПМ НТШ. Зб.наук.праць. - вип.70(136) - с.14-18.- Львів , 2017. ISBN 2397-0722.
10. Кунченко-Харченко В., Огірко І., Огірко О. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ. Зб. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ.Институт проблем реєстрації інформації Національна академії наук України. Матеріали XVII Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології і безпека» (ІТБ-2017)." 30 листопада 2017 р. Київ. Вип. 17. с.139-148. <http://its.ipri.kiev.ua>
11. Кунченко-Харченко В.І., Огірко О.І. Нелінійна статистична обробка негаусівських сигналів та алгоритми оцінювання інформаційних параметрів нечітких сигналів. "ОБРОБКА СИГНАЛІВ І НЕГАУСІВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ".Зб.VI Міжнародна науково-практична конференція ОСНП-2017. 24 – 26 травня 2017 р., Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси.С.107-117.

12. Валентина Кунченко-Харченко, Ігор Огірко, Влад Козленко. Методи і засоби захисту криптовалют. Електронна публікація. Черкаський державний технологічний університет. Кафедра інформатики, інформаційної безпеки та документознавства. <https://robototehnikainfockua.blogspot.com/2017/10/1.html> 23.10.2017. С.9.
13. Валентина Кунченко-Харченко, Демиденко Дмитро, Ігор Огірко, Владіслав Козленко. Сучасна криптографія. Симетричне шифрування. Електронна публікація. Черкаський державний технологічний університет. Кафедра інформатики, інформаційної безпеки та документознавства. <http://blogdmytrademydenka.blogspot.com/2017/10/blog-post.html> 24.10.2017. С.11.
14. Ігор Огірко Андрій Іванченко Валентина Кунченко-Харченко. Методи та засоби захисту від хакерських атак. Черкаський державний технологічний університет. Кафедра інформатики, інформаційної безпеки та документознавства. Електронна публікація. <http://vnchnk.wordpress.com> 26.10.2017. С.9.
15. Кунченко-Харченко В. І. Внесок професора Юрія Петровича Кунченка у розбудову сучасної науки та освіти Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасний університет: перспективи розвитку» 18- 21 жовтня 2010 р. Черкас. держ. технол. ун-т.-Черкаси: ЧДТУ, 2011. — С.61 — 64 — фахове видання
16. Кунченко-Харченко В. І. Навчальний посібник «Документологія — базис прогнозу інформаційних систем». М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Черк. держ. технол. ун-т. — Черкаси: ЧДТУ, 2011. — 317 с.
17. Кунченко-Харченко В. І. Теорія нелінійної статистичної обробки негаусівських сигналів Кунченка Ю. П.. Матеріали третьої міжнародної науково-практичної конференції «Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації» Вінниця — 2011. — С. 32-33.
18. Кунченко-Харченко В. И., Рискаль М. О. Стохастические полиномы Юрия Петровича Кунченка для систем радиосвязи. Материалы 15-го юбилейного Международного молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке» Том 3, Харьков — 2011. С. 111—112.
19. Кунченко-Харченко В. І. Теорія сигналів Ю. П. Кунченка в розвитку інформаційних технологій. Матеріали третьої міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія» Вінниця — 2012. С. 26-32.
20. Кунченко-Харченко В. І. Використання в системах бази даних та в документології моделей інформаційних потоків в умовах впровадження інновацій. Матеріали II науково-технічної конференції "Обчислювальні методи і системи перетворення інформації" Львів — 2012 С.244-248.

## АНАЛІЗ ПОМИЛОК СТАТИСТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЩІЛЬНОСТІ ІМОВІРНOSTІ ВІДРІЗКОМ РЯДУ ПО ОРТОГОНАЛЬНИХ ПОЛІНОМАХ

Берегун В.С.<sup>1</sup>, Краси́льніков О.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,

03056, Київ, вул. Політехнічна, 16, корп. 12, тел. (044) 2049072

<sup>2</sup> – Інститут технічної теплофізики НАН України

03057, Київ, вул. Марії Капніст, 2а, тел. (044) 4532857

E-mail: viktorberegun@i.ua<sup>1</sup>, tangorov@ukr.net<sup>2</sup>

**Постановка задачі.** Нехай  $\xi$  – неперервна випадкова величина з невідомою щільністю імовірності  $p(x)$ , а  $\xi_1, \dots, \xi_N$  – вибірка об'єму  $N$ , отримана в результаті проведення експерименту. Для оцінки щільності імовірності випадкової величини  $\xi$  зазвичай використовується відрізок ряду

$$\hat{p}_n(x) = \rho(x) \sum_{k=0}^n \hat{c}_k \varphi_k(x), \quad (1)$$

де  $\varphi_k(x)$  – ортогональні поліноми з ваговою функцією  $\rho(x)$ ,  $\hat{c}_k$  – оцінки коефіцієнтів розкладу, що є функціями оцінок початкових моментів  $\hat{\alpha}_j$ .

При використанні відрізка ряду (1) вирази для імовірнісних характеристик оцінки стають громіздкими, тому для зручності перебудуємо (1) до виду

$$\hat{p}_n(x) = \sum_{j=0}^n \hat{\alpha}_j Q_j(x, n), \quad (2)$$

де  $Q_j(x, n)$  – базисні функції на основі поліномів  $\varphi_k(x)$ ,  $\hat{\alpha}_j = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \xi_k^j$  – точкові оцінки початкових моментів  $\alpha_j$ .

Для визначення якості оцінки (2) розглянемо наступні помилки оцінювання щільності імовірності:

- середньоквадратична помилка

$$\varepsilon_n(x) = \sqrt{\sigma_n^2(x) + \Delta_n^2(x)}, \quad (3)$$

де  $\sigma_n^2(x)$  – дисперсія оцінки (2),  $\Delta_n^2(x)$  – квадрат зміщення оцінки (2).

- інтегральна середньоквадратична помилка

$$\varepsilon_n = \int_{-\infty}^{\infty} \varepsilon_n(x) dx. \quad (4)$$

**Результати.** Формули (3)–(4) при відомих початкових моментах  $\alpha_j$  величини  $\xi$  дозволяють теоретично аналізувати залежність помилок оцінки (2) від об’єму вибірки  $N$ . Так, отримано наступні імовірнісні характеристики:

- зміщення  $\Delta_n(x) = \mathbf{M}\hat{p}_n(x) - p(x)$ , яке не залежить від  $N$ ;

- дисперсія  $\sigma_n^2(x) = \sum_{j=1}^n \sigma_j^2 Q_j^2(x, n) + 2 \sum_{j=1}^n \sum_{r>j}^n R_{jr} Q_j(x, n) Q_r(x, n)$ ,

де  $\mathbf{M}\hat{p}_n(x)$  – математичне сподівання оцінки (2),  $\sigma_j^2 = \mathbf{D}\hat{\alpha}_j = \frac{1}{N}(\alpha_{2j} - \alpha_j^2)$  та

$R_{jr} = R\{\hat{\alpha}_j, \hat{\alpha}_r\} = \frac{1}{N}(\alpha_{j+r} - \alpha_j \alpha_r)$  – дисперсії та кореляційні моменти оцінок початкових моментів відповідно.

Зазвичай на практиці моменти  $\alpha_j$  невідомі, тому для знаходження помилок оцінювання у формулах (3)–(4) замість теоретичних моментів  $\alpha_j$  необхідно використовувати їх оцінки  $\hat{\alpha}_j$ . Для аналізу похибок, що виникають у результаті заміни теоретичних моментів їх оцінками, дослідимо вплив об’єму вибірки  $N$  на помилки (3)–(4) оцінки (2). Для цього спочатку для однієї реалізації оцінки  $\hat{p}_n(x)$  проаналізуємо помилки оцінювання щільності імовірності при використанні у формулах (3)–(4) оцінок  $\hat{\alpha}_j$  при різних об’ємах вибірки  $N$ , а потім змодельємо  $L$  реалізацій  $p_n(x, l)$ ,  $l = \overline{1, L}$ , оцінки (2) і знайдемо інтегральну середньоквадратична помилку, підставляючи у формулу (4) характеристики, отримані усередненням по ансамблю  $L$  реалізацій оцінки:

$$\hat{\sigma}_n^2(x) = \frac{1}{L-1} \sum_{l=1}^L (p_n(x, l) - \hat{m}_n(x))^2, \text{ де } \hat{m}_n(x) = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L p_n(x, l),$$

$$\widehat{\Delta}_n(x) = \widehat{m}_n(x) - p(x).$$

Наведемо результати дослідження помилок оцінювання (4) для випадку, коли  $\xi$  – стандартна гауссівська випадкова величина. Як  $\varphi_k(x)$  використано поліноми Ерміта  $H_k(x)$  з ваговою функцією  $\rho(x) = e^{-x^2/2}$ . У виразі для оцінки (2) приймаємо  $n=4$ . При різних об'ємах вибірки  $N = 10^3, 10^4, 10^5, 10^6$  змодельовано  $L=10^3$  реалізацій  $p_4(x, l)$ ,  $l = \overline{1, L}$ , оцінки (2).

За формулою (4) для різних значень  $N$  отримано (табл. 1) теоретичні значення інтегральної середньоквадратичної помилки  $\varepsilon_4$ , її експериментальні значення  $\hat{\varepsilon}_4$ , отримані при використанні  $\hat{\alpha}_j$  замість  $\alpha_j$ , та  $\widehat{\varepsilon}_4$ , отримані усередненням по  $L$  реалізаціях.

Таблиця 1. Помилки для різних об'ємів вибірки

$N$	$\varepsilon_4$	$\hat{\varepsilon}_4$	$\widehat{\varepsilon}_4$
$10^3$	0,0468	0,0510	0,0472
$10^4$	0,0148	0,0180	0,0148
$10^5$	0,0046	0,0050	0,0046
$10^6$	0,00148	0,00184	0,00146

**Висновки.** З даних табл. 1 видно, що значення помилки  $\widehat{\varepsilon}_4$ , отримані усередненням по ансамблю реалізацій, практично збігаються зі значеннями теоретичної помилки  $\varepsilon_4$ , а значення помилки  $\hat{\varepsilon}_4$ , отриманої по одній реалізації, відрізняються від значень помилки  $\varepsilon_4$  суттєво (більше ніж на 8% для  $N = 10^3$ ,  $N = 10^5$  і більше ніж на 20% для  $N = 10^4$ ,  $N = 10^6$ ).

Однак для практики таку відмінність можна вважати допустимою, тому що інтегральна середньоквадратична помилка є наближеною характеристикою якості оцінки щільності імовірності та може бути округлена в більшу сторону. Зокрема, усі три помилки не перевищують значення 0,06 для  $N = 10^3$ ; значення 0,02 для  $N = 10^4$ ; значення 0,006 для  $N = 10^5$  та значення 0,002 для  $N = 10^6$ . Таким чином, експериментальну інтегральну середньоквадратичну помилку  $\hat{\varepsilon}_4$  можна використовувати на практиці для визначення якості оцінки щільності імовірності.

## КУМУЛЯНТНЫЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ УТЕЧКИ ЖИДКОСТИ В ТРУБОПРОВОДЕ

Красильников А.И., Полобюк Т.А.

Институт технической теплофизики НАН Украины

03057, Киев, ул. М. Капнист, 2а, тел. (044) 4532857

E-mail: tangorov@ukr.net, polobyuk@gmail.com

Акустическое контактное течеискание является перспективным направлением обнаружения утечек жидкости в трубопроводе в процессе его эксплуатации. Акустический сигнал утечки, создаваемый утечкой жидкости в трубопроводе, искажается акустическими шумами движущегося потока жидкости, поэтому задача обнаружения утечек в трубопроводах сводится к задаче обнаружения шумового сигнала утечки на фоне шумовой помехи.

Акустические сигналы утечки являются негауссовскими случайными процессами, поэтому для их обнаружения наряду с традиционными корреляционно-спектральными методами целесообразно применять методы, применяемые для вероятностного анализа негауссовских процессов.

В данной работе представлены результаты применения кумулянтных методов для решения задачи обнаружения акустического сигнала утечки жидкости в трубопроводе.

**Кумулянтный метод обнаружения утечек.** Если в некоторой точке  $x_0$  трубопровода возникла течь (рис. 1), то в результате перепада давлений из трубы происходит утечка жидкости, которая возбуждает механические колебания, являющиеся источником акустического сигнала утечки  $\xi_{\text{ут}}(t)$ .

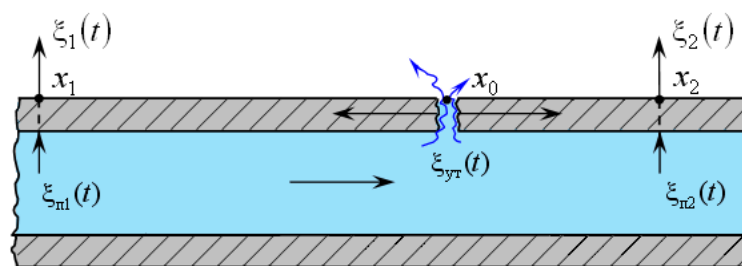


Рис. 1. Схема диагностируемого участка

Регистрируемые в точках  $x_1$  и  $x_2$  сигналы  $\xi_1(t)$  и  $\xi_2(t)$  описываются

выражением

$$\xi_1(t) = A_1 \xi_{\text{ут}}(t - \tau_1) + \xi_{\text{п1}}(t), \quad \xi_2(t) = A_2 \xi_{\text{ут}}(t - \tau_2) + \xi_{\text{п2}}(t), \quad (1)$$

где  $A_1, A_2$  – коэффициенты ослабления сигнала  $\xi_{\text{ут}}(t)$  на участках  $l_1 = x_0 - x_1$  и  $l_2 = x_2 - x_0$ ,  $0 \leq A_1, A_2 \leq 1$ ;  $\tau_1 = l_1/c$ ,  $\tau_2 = l_2/c$  – задержки прихода сигнала  $\xi_{\text{ут}}(t)$  в точки  $x_1$  и  $x_2$ ,  $c$  – скорость звука в трубе;  $\xi_{\text{п1}}(t)$  и  $\xi_{\text{п2}}(t)$  – помехи.

На промежутках времени, необходимых для регистрации и обработки, все процессы в формулах (1) можно считать стационарными, а из физических соображений можно предположить, что  $\xi_{\text{ут}}(t)$ ,  $\xi_{\text{п1}}(t)$  и  $\xi_{\text{п2}}(t)$  являются независимыми процессами. Будем считать вероятностные характеристики помех  $\xi_{\text{п1}}(t)$ ,  $\xi_{\text{п2}}(t)$  одинаковыми. При таких предположениях кумулянты  $\kappa_{s,1}$ ,  $\kappa_{s,2}$  порядков  $s$  процессов  $\xi_1(t)$  и  $\xi_2(t)$  не зависят от времени и равны

$$\kappa_{s,1} = A_1^s \kappa_s[\xi_{\text{ут}}] + \kappa_s[\xi_{\text{п}}], \quad \kappa_{s,2} = A_2^s \kappa_s[\xi_{\text{ут}}] + \kappa_s[\xi_{\text{п}}], \quad (2)$$

где  $\kappa_s[\xi_{\text{ут}}]$ ,  $\kappa_s[\xi_{\text{п}}]$  – кумулянты сигнала утечки и помехи.

Из формул (2) следует, что если утечка отсутствует, то  $\kappa_s[\xi_{\text{ут}}] = 0$  и  $\kappa_{s,1} = \kappa_{s,2} = \kappa_s[\xi_{\text{п}}]$ , при наличии утечки  $\kappa_{s,1} \neq \kappa_{s,2}$ . Для обнаружения утечки предложено использовать метрики, которые определяются по формулам

$$\rho_{\kappa}(\xi_1, \xi_2) = \sum_{s=1}^m |\kappa_{s,1} - \kappa_{s,2}|, \quad s = \overline{2, m}; \quad \rho_{\gamma}(\xi_1, \xi_2) = \sum_{s=3}^m |\gamma_{s,1} - \gamma_{s,2}|, \quad s = \overline{3, m}. \quad (3)$$

Критерием наличия утечки жидкости в трубопроводе является выполнение условия  $\rho_{\kappa}(\xi_1, \xi_2) > 0$  или  $\rho_{\gamma}(\xi_1, \xi_2) > 0$ ; если  $\rho_{\kappa}(\xi_1, \xi_2) = \rho_{\gamma}(\xi_1, \xi_2) = 0$ , то принимается решение об отсутствии утечки.

**Результаты экспериментальных исследований.** Экспериментальная проверка предложенного метода проведена с использованием компьютеризированной системы обнаружения сигналов утечки. Имитация утечек жидкости в трубопроводе осуществлена на установке для физического моделирования при различных параметрах – давлении в трубопроводе и диаметре течи. Помеха регистрировалась с трубопровода теплового пункта Института технической теплофизики НАН Украины при давлении 7 атм.

Проведено статистическое оценивание вероятностных характеристик сигналов утечки и помехи – корреляционных функций, спектральных плотностей, кумулянтов, плотностей вероятностей, в результате чего установлено, что кумулянты и кумулянтные коэффициенты наиболее чувствительны к изменению давления и диаметра течи.

На основании результатов спектрального анализа для повышения чувствительности обнаружения выбрана полосовая фильтрация процессов в частотном диапазоне 5...10 кГц. Для сигналов утечки, полученных при давлении 6 атм и насадке с отверстием диаметром 1 мм исследовано влияние фильтрации на зависимость расстояния от отношения сигнал-помеха (табл. 1).

Табл. 1 – Расстояния при фиксированном отношении сигнал-помеха

Отношение сигнал-помеха		20	10	5	1	0,1
Расстояние, м	без фильтрации	0,53	2,94	5,35	10,9	18,9
	с фильтрацией	10,1	12,5	14,9	20,5	28,5

Исследовано влияние расстояния  $l_k$  от места утечки до приемного преобразователя на значения оценок кумулянтов и кумулянтных коэффициентов профильтрованных акустических сигналов. Получены экспериментальные значения метрик (3) при различных расстояниях  $l_k$  по оценкам первых шести кумулянтов и кумулянтных коэффициентов (табл. 2).

Табл. 2 – Значения метрик  $\rho(\xi_1, \xi_2)$  при различных расстояниях  $l_k$

Метрика	$l_1 = 3; l_2 = 10$	$l_1 = 3; l_2 = 20$	$l_1 = 10; l_2 = 20$
$\rho_k(\xi_1, \xi_2)$	0,16	0,16	0,0015
$\rho_\gamma(\xi_1, \xi_2)$	0,0149	0,28	0,2992

Полученные результаты подтвердили эффективность кумулянтных методов, а их применение позволит увеличить чувствительность и достоверность обнаружения утечки жидкости в трубопроводе.



# КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ И МОДЕЛЬ МНОГОКАНАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СМАРТ-ГРИД СИСТЕМЫ АНАЛИЗА АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕГКИХ

Луценко В.И.<sup>1</sup>, Ло Иян<sup>2</sup>, Луценко И. В.<sup>1</sup>, Бабаков М.Ф.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт Радиофизики и Электроники им. А. Я. Усикова НАНУ,

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина,

<sup>3</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского.

Заболевания легких занимает одно из первых мест в статистике потерь работоспособности во всех странах мира (особенно имеющих развитую промышленность). Использование современных информационных технологий при создании автоматизированной системы анализа акустических шумов для дифференциальной диагностики состояния легких и сердца позволяет создать современную систему диспансеризации и мониторинга заболеваний легких и сердца у населения Украины.

Для решения проблемы диспансеризации и мониторинга состояния легких и сердца у населения на основе анализа акустических шумов могут использоваться подходы, основанные на современных информационных технологиях, позволяющих создать пространственно распределенную - «облачную» систему анализа, которая строится по иерархическому принципу. Первой ступенью являются индивидуальные потребители (население), которые используют интеллектуальные акустические сенсоры, соединенные со смартфонами, а также системами беспроводной связи с домашними РС, на которых установлены специальные программные продукты для автоматизации процесса мониторинга состояния легких по акустическим шумам. Это позволит решать проблему первичной диагностики состояния легких на дому и создать виртуального домашнего врача. Автоматизация процесса первичной диагностики на дому позволит существенно снизить нагрузку на вторую ступень системы - районные

поликлиники и больницы. Записи акустических шумов потребителей передаются в их районные поликлиники для дополнительной обработки, диагностики и хранения в базах данных шумов и личной папке потребителя, где будут накапливаться в течение жизненного цикла акустические портреты шумов его легких, как в нормальном состоянии, так и при патологиях. Районные поликлиники и больницы, которые будут составлять вторую ступень системы диспансеризации должны быть оборудованы многоканальными системами мониторинга по акустическим шумам легких. Сочетание одноканальных индивидуальных средств мониторинга на основе смартфонов и РС потребителя с многоканальными профессиональными, которыми оборудуются больницы и поликлиники, позволит создать гибкую разветвленную информационную систему, необходимую для диспансеризации населения страны. Кроме того такой подход позволяет создать разветвленную базу данных эталонных шумов, присущих патологиям органов дыхания человека, что позволит проводить переподготовку врачей пульмонологов и терапевтов с целью повышения их квалификации.

На третьем уровне, включающем городские и областное управление здравоохранения будут обобщаться данные диспансерного обследования населения полученные на втором уровне, что создаст условия для обработки данных третьего уровня в пределах страны на четвертой ступени системы.

*Управление системой диспансеризации с помощью математики нечетких множеств.* В системе управления процессом диспансеризации легочных патологий населения по акустическим шумам. особенно в случаях неполноты данных, предлагается применение систем, основанных на математике нечетких множеств (fuzzy sets) и нечеткой логике (fuzzy logics). Задача обеспечения медицинскими услугами различного уровня сложности является многокритериальной задачей [1] с неизвестными параметрами, которые могут быть представлены нечеткими числами. Для этого случая задача многокритериального анализа может быть определена как процесс

нахождения минимума нечеткого отклика  $\tilde{Z}$  от вектора  $\tilde{X}$  решения на наборах нечетких функций :

$$\tilde{Z}(\tilde{X}) = \{\tilde{f}_1(\tilde{x}), \tilde{f}_2(\tilde{x}), \dots, \tilde{f}_n(\tilde{x})\}, \quad (1)$$

где:  $\tilde{f}_j(\tilde{x})$  – целевые нечеткие функции, определенные на векторах  $\tilde{X}$  нечетких критериев.

Для нахождения решения используются модифицированные для математики нечетких чисел градиентные методы поиска оптимума регрессионных моделей [1].

Для оценки объемов информационных потоков, которыми происходит обмен между различными иерархическими уровнями системы можно использовать теорию массового обслуживания и математическую теорию распространения эпидемий. Моделирование информационных потоков показывает, что если на первом уровне системы для отдельных пользователей потребные объемы хранимой информации не более 1,5ГБ, то на следующем уровне в поликлиниках и больницах достигает 10ТБ. На уровне областных управлений здравоохранения он увеличивается до 1000ТБ, а в общегосударственном масштабе – до 20000ТБ. Хранение и обработка столь больших объемов информации невозможна без применения грид-технологий, создания, начиная со второго уровня системы диспансеризации грид – кластеров, использующих специальное программное обеспечение (Middleware), обеспечивающее возможность параллельного программирования, рационального распределения информационных потоков и функционирование грид среды.

### Список использованной литературы

1. Беллман, Р. Принятие решений в расплывчатых условиях. Вопросы анализа и процедуры принятия решений: сб. переводов под ред. И. Ф. Шахнова / Р. Беллман, Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – С. 178-215.
2. Лю, Б. Теория и практика неопределенного программирования. / Б. Лю. – М., 2005. – С. 390.

## МЕТОДИ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ГРАФІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ СОЦІАЛЬНИХ МЕДІА

Мелешко Є.В.

Центральноукраїнський національний технічний університет  
25030, м. Кропивницький, просп. Університетський, 8, тел. (0522)390-449  
E-mail: elisemeleshko@gmail.com

Одною з основних задач аналізу соціальних мереж (СМ) є задача виділення співтовариств (кластерів). Виділення співтовариств може бути корисним при розробці: рекомендаційних систем (РС), систем виявлення ботів, систем виявлення прихованих соціальних структур, тощо.

Метою даної роботи є дослідження методів кластеризації графів, які можна використати для побудови рекомендаційних систем для СМ.

Методи пошуку співтовариств за принципами роботи можна поділити на [1-4]: засновані на оптимізації модулярності, засновані на розмітці графів, засновані на випадкових блуканнях, тощо. За призначенням їх можна поділити на такі, що розбивають граф на кластери, які не перетинаються, та на ті, що розбивають граф на кластери, які перетинаються [2].

Переважає більшість методів кластеризації графів заснована на оптимізації модулярності [2, 3]. **Модулярність** – деяка числова характеристика, яка описує вираженість структури кластерів в певному графі [1-3]. Для оцінки модулярності можна використовувати формулу:

$$Q = \frac{1}{2n_e} \sum_{ij} (A_{ij} - \frac{d_i d_j}{2n_e}) \delta(C_i, C_j), \quad (1)$$

де  $n_e$  – кількість ребер у графі;  $A$  – матриця суміжності графу;  $d_i$  – кількість ребер, суміжних з вершиною  $i$ ;  $d_j$  – кількість ребер, суміжних з вершиною  $j$ ;  $\delta(C_i, C_j)$  – дельта-функція, рівна одиниці, якщо  $C_i = C_j$  та нулю в іншому випадку.

Прикладами методів заснованих на оптимізації модулярності є: FastGreedy, Louvain (інша назва Multilevel), Leading Eigenvector [2, 4].

Для пошуку кластерів у графі можна використовувати різні методи розмітки та розфарбовування графів. В основі даних методів лежить ідея, що вершина належить до того кластеру, до якого належить найбільша кількість її сусідніх вершин. Прикладом таких методів є LabelPropagation [2, 3].

Для розбиття графу на кластери можна застосовувати алгоритми випадкового блукання. Існує група методів кластеризації графів, які використовують ідею про те, що короткі випадкові блукання не призводять до виходу з поточного кластеру. Прикладом таких методів є Walktrap [2, 4].

Розглянуті вище методи дозволяють розбити граф на кластери, що не перетинаються. Алгоритми, що розбивають граф на кластери, які перетинаються [2, 4]: Clique relocation method – використовує аналіз структури графу та пошук клік у графі; Cluster Affiliation Model for Big Networks – використовує метод максимізації правдоподоби для визначення оптимальної матриці зв'язків приналежності до кластерів; Democratic Estimate of the Modular Organization of a Network – полягає у тому, що для кожної вершини графу будується его-мережа, потім для кожної такої его-мережі окремо застосовується алгоритм Label Propagation.

Оскільки генерація списків рекомендацій у РС заснована на визначенні схожих між собою користувачів та/або схожих між собою об'єктів системи [5, 6], а елементи РС та зв'язки між ними зручно представляти у вигляді графу [7], то застосування методів кластеризації графів може бути доречним та вирішувати питання пошуку схожих елементів.

У сучасних РС для пошуку схожих елементів переважно використовується обчислення коефіцієнтів подоби для кожної пари однотипних елементів системи. Як коефіцієнти подоби можуть виступати коефіцієнт кореляції Пірсона, косинусна відстань, тощо [5, 6]. Такий підхід дозволяє для кожного елементу системи знайти схожі на нього елементи, але не дає можливості розділити елементи на певні категорії. Застосування кластеризації може надати таку можливість та додати гнучкості РС.

Після розбиття графу елементів РС на кластери, можна визначати

елементи з яких кластерів більше цікавлять певного користувача та рекомендувати йому в першу чергу інші елементи з цих кластерів. Також можна визначити, до яких кластерів відноситься певний користувач та рекомендувати йому об'єкти, що вподобали користувачі з даних кластерів.

### Література

1. Выделение сообществ в графе взаимодействующих объектов / М.И. Коломейченко, И.В. Поляков, А.А. Чеповский, А.М. Чеповский // *Фундаментальная и прикладная математика*. – Т. 21. № 3. – 2016. – С. 131–139.
2. Никишин Е.С. Методы выделения сообществ в социальных графах [Электронный ресурс] / Е.С. Никишин. – 2016. – Режим доступа: [http://www.machinelearning.ru/wiki/images/8/8a/Nikishin\\_coursework\\_community\\_detection.pdf](http://www.machinelearning.ru/wiki/images/8/8a/Nikishin_coursework_community_detection.pdf)
3. Форман Д. Много цифр. Анализ больших данных при помощи Excel / Джон Форман. – Москва: Альпина Паблишер, 2016. – 464 с.
4. Пархоменко П.А., Григорьев А.А., Астраханцев Н.А. Обзор и экспериментальное сравнение методов кластеризации текстов // *Труды ИСП РАН*. 2017. №2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-i-eksperimentalnoe-sravnenie-metodov-klasterizatsii-tekstov>
5. Мелешко Є.В. Дослідження методів побудови рекомендаційних систем в мережі Інтернет / Є.В. Мелешко, Г.С. Семенов, В.Д. Хох. // *Збірник наукових праць "Системи управління, навігації та зв'язку"*. Випуск 1(47). – Полтава: ПНТУ ім. Ю. Кондратюка. – 2018. – С. 131–136.
6. *Recommender Systems Handbook* / Editors Francesco Ricci, Lior Rokach, Bracha Shapira, Paul B. Kantor. – 1st edition. – New York, NY, USA: Springer-Verlag New York, Inc., 2010. – 842 с.
7. Мелешко Є.В. Розробка рекомендаційної системи на базі СУБД neo4j. / Є.В. Мелешко, В.В. Босько, В.А. Резніченко // V Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології та взаємодії", 20-21 листопада 2018 року, м. Київ. – 2018. – С. 351–352.

## **ЗНАХОДЖЕННЯ ОЦІНОК ПАРАМЕТРА ПОСТІЙНОГО СИГНАЛУ НА ФОНІ НЕГАУСОВИХ КОРЕЛЬОВАНИХ ЗАВАД**

**Палагін В.В., Івченко О.В., Ведерніков Д.А.**

Черкаський державний технологічний університет

бул.Шевченко, 460 м.Черкаси, 18006 тел.: (0472) 511570

E-mail: o.ivchenko@chdtu.edu.ua

Дія різноманітних дестабілізуючих факторів на сигнали породжують складну сигнально-завадову ситуацію, яка представляється негаусовим випадковими процесами. Ці обставини істотно ускладнюють застосування традиційних гаусових моделей при розробці алгоритмів оцінки параметрів сигналів в технічних системах [1, 2]. Окрім того, використання традиційних підходів до дослідження та розробки систем обробки випадкових негаусових процесів суттєво ускладнюється, якщо досліджуваний процес характеризується різноманітними кореляційними зв'язками.

Дослідження останніх років свідчать про те, що для розв'язання задач обробки негаусових процесів перспективним є інший підхід, який для опису статистичних властивостей випадкових величин використовує моменти і кумулянти (семіваріанти) і дозволяє з прийнятним наближенням описати статистичні властивості негаусових процесів [3]. Такий підхід на основі застосування методу максимізації поліному [4] (ММП - методу Кунченко) і його адаптації дозволяє підвищити точність обробки негаусових сигналів у порівнянні з традиційним кореляційним підходом при заданих обмеженнях на їх складність, зменшити складність алгоритмів оцінювання параметрів сигналів, врахувати кореляційні зв'язки негаусових випадкових величин [5, 6].

В роботі розглядається особливості використання методу максимізації поліному для знаходження оцінок параметра корисного сигналу при його адитивній суміші з асиметричною корельованою завадою, що може бути корисним для розробки нових ефективних алгоритмів обробки випадкових процесів.

Нехай протягом часу спостерігається сигнал, який представляє адитивну суміш корисного сигналу з негаусовою корельованою завадою:

$$\xi(t) = S(\vartheta) + n(t). \quad (1)$$

Будемо вважати, що за час спостереження сигнал залишається постійним, але його значення залежить від невідомого параметра. Нехай з процесу який спостерігається  $\xi(t)$ , береться вибірка  $\vec{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  обсягом  $n$ . Вибіркові значення будуть статистично пов'язаними між собою, однаково розподіленими і рівними:  $x_v = S_\vartheta + n_v$ .

Розглянемо синтез алгоритмів знаходження оцінок параметра  $\vartheta$  корисного сигналу  $S(\vartheta)$  процесу  $\xi(t)$  за умови наявності апріорної інформації про значення параметрів завади, а саме одномоментних кумулянтних функцій  $\chi_2(\vartheta)$ ,  $\chi_3(\vartheta)$  і кумулянтних функцій багатомоментного розподілу  $\chi_2(0, \tau)$ ,  $\chi_3(0, \tau, \tau)$ ,  $\chi_3(0, 0, \tau)$ , які залежать від параметру, що необхідно оцінити  $\vartheta$ .

Надалі припустимо, що кореляційна функція завади відома  $\chi_2(0; \tau) = r_\xi(\tau)$ . Запропонований підхід буде реалізовуватися для кореляційних функцій другого порядку, які часто використовуються в різноманітних додатках:  $r_\xi(\tau) = \sigma^2 e^{-A|\tau|}$ .

При степені поліному  $S=1$  оцінка параметра  $\vartheta$  знаходиться з рівняння [5, 6]:

$$h_{1(i)}(\vartheta) \sum_{v=1}^n (x_v - S_\vartheta) \Big|_{S_\vartheta = \hat{S}_\vartheta} = 0. \quad (2)$$

Легко показати, що в даному випадку коефіцієнт знаходиться з наступного виразу:

$$h_{1(i)}(\vartheta) = \frac{dS_\vartheta}{d\vartheta} \chi_2^{-1} r_\xi^{-1}(\tau). \quad (3)$$



При підстановці (3) в рівняння максимізації полінома (2) отримаємо вираз, з якого легко знайти оцінку корисного сигналу.

Згідно методу максимізації полінома дисперсія оцінки  $\vartheta$  обернено пропорційна кількості інформації про шуканий параметр, яка знайдена методом максимізації полінома:

$$\sigma_{(\vartheta)s}^2 = J_{sn}^{-1}(\vartheta), \quad (4)$$

$$\text{де } J_{sn}(\vartheta) = n \sum_{i=1}^s h_{i(s)}(\vartheta) \frac{d}{d\vartheta} m_i(\vartheta) = n \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s h_{i(s)}(\vartheta) h_{j(s)}(\vartheta) K_{i,j}(\vartheta), \quad (5)$$

$K_{i,j}(v-k, \vartheta)$  - корелянти корельованного випадкового процесу.

Для знаходження асимптотичної дисперсії оцінки, відповідно до методу максимізації полінома, необхідно знайти кількість добутої інформації, яка, відповідно до рівняння (5), для степеня полінома  $S=1$  з врахуванням значення коефіцієнта (3) і момента першого порядку

$$\frac{d}{d\vartheta} m_1 = \frac{dS_\vartheta}{d\vartheta}$$

буде дорівнювати:

$$J_{1n}(\vartheta) = n \left( \frac{dS_\vartheta}{d\vartheta} \right)^2 \chi_{20}^{-1} r_\xi^{-1}(\tau). \quad (6)$$

Асимптотична дисперсія оцінки, відповідно до рівняння (4), буде дорівнювати:

$$\sigma_{(\vartheta)1}^2 = \frac{1}{J_{1n}(\vartheta)} = \frac{1}{n} \left( \frac{dS_\vartheta}{d\vartheta} \right)^{-2} r_\xi(\tau). \quad (7)$$

З виразу (7) видно, що значення дисперсії оцінки параметра сигналу залежить не тільки від дисперсії завади, виду сигналу, але і від параметра кореляційної функції.

При збільшенні степені полінома з'являється можливість врахувати одномоментні та багатомоментні кумулянтні функції вищих порядків, що дозволяє покращити ефективність алгоритмів оцінювання параметра постійного сигналу на фоні негаусових корельованих завад із забезпеченням необхідної точності при заданих обмеженнях на їх складність.

### Література

1. H.L.Van Trees, K.L.Bell, Z.Tiany: 'Detection Estimation and Modulation Theory, 2nd Edition, Part I, Detection, Estimation, and Filtering Theory', (John Wiley & Sons, New York, 2013)
2. D.Middleton: 'Non-Gaussian Statistical Communication Theory', (John Wiley & Sons, New Jersey, 2012)
3. Малахов А.Н. Кумулянтный анализ случайных негауссовых процессов и их преобразований. – М.: Сов. Радио, 1978. – 376 с.
4. Y.Kunchenko: 'Polynomial parameter estimations of Close to Gaussian Random Variables', (Shaker Verlag, Aachen, 2002)
5. L.Vokorokos, S.Marchevský, A.Ivchenko, E.Palahina, V.Palahin. Parameters Estimation of Correlated non-Gaussian processes by the Method of Polynomial Maximization. – Submitted to IET Signal Processing, Volume 11, Issue 3, May 2017, p. 313 – 319.
6. Палагін В. В. Статистичне оцінювання параметрів негаусових корельованих випадкових процесів : [монографія] / В. В. Палагін, О. В. Івченко, Д. А. Ведерніков ; Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : видавець ФОП Гордієнко Є.І., 2018. – 199 с.

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЁТА РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ НА ЯЗЫКЕ PYTHON

**Попукайло В.С., Столяренко Ю.А.**

Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко

г. Тирасполь, ул. Восстания 2а, MD3300, тел. 0(0373)533-7-37-62

E-mail: mlcc@mail.ru

При решении задачи управления электросетями необходимо заранее просчитать возможные ситуации, возникающие при их эксплуатации, а также определить наиболее оптимальные действия пути решения возникающих проблем. Все это требует проведения значительного объема вычислений диспетчера, которые необходимо регулярно повторять для различных наборов входных данных. С этой целью разрабатывают специализированное программное обеспечение.

Управление режимами электроэнергетических систем строится на решении ряда основных электросетевых задач, одной из которых является расчет установившихся режимов электрической сети, который включает в себя расчет потокораспределения на основе эквивалентной схемы электрической сети.

Установившийся режим электрических систем и цепей рассчитывают при различных способах задания исходных данных в зависимости от физической сути и цели расчета. На практике, обычно, токи не известны, а заданы мощности потребителей и генераторов. В этом случае необходимо решение системы нелинейных справа комплексных уравнений, т.к. результирующие задающие токи узлов зависят от напряжений, которые нужно найти. Решение нелинейной системы можно найти только приближенными численными методами. При этом, предварительно, необходимо перейти к системе нелинейных уравнений относительно действительных переменных.

Здесь необходимо учитывать, что система нелинейных уравнений может иметь несколько решений, поэтому необходимо выбрать то решение, которое соответствует условиям задачи, т.е. учесть физические свойства исследуемого объекта.

Рекомендуется для решения системы нелинейных узловых уравнений применять метод Ньютона [1], который широко применяется и в других энергетических задачах [2]. Для расчета установившихся режимов электрических систем было решено написать вычислительное ядро системы на языке Python, в связи с тем, что данный язык предоставляет широкие возможности для научных вычислений. Для решения систем нелинейных уравнений используется библиотека, специально разработанная для научных вычислений – SciPy. Рассмотрев возможности данной библиотеки было выяснено, что метод Ньютона в классическом виде в данной библиотеке не представлен. Однако, существует целый ряд функций для решения систем нелинейных уравнений, среди которых: различные модификации метода Бройдена, метод Андерсона, метод Крылова, метод Пауэлла и прочие. Большинство из используемых методов относятся к классу квазиньютоновских методов. К данным методом относятся методы оптимизации, которые основаны на накоплении информации о кривизне функции по наблюдениям за изменением градиента, чем они принципиально отличаются от ньютоновских методов. Данные методы широко применяются для решения задач многофакторной оптимизации, в связи с тем, что расчет матрицы Якоби является трудной и вычислительно дорогой операцией. Однако, применение данных методов для сложных нелинейных систем зачастую невозможно, из-за проблем сходимости алгоритмов.

Для проверки возможности использования и скорости сходимости алгоритмов был решён контрольный пример, числовые параметры которого представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Характеристики узлов и линий

Сопротивления линий		Узлы	U узла	Задающие токи	Трёхфазные мощности
$Z_{12}$	$10+j20$ Ом	1 (балансирующий)	115 кВ		
$Z_{13}$	$15+j30$ Ом	2		$\frac{1}{\sqrt{3}}(0,2624 - j0,1575)$ кА	$28,8675+j17,3205$ МВ·А
$Z_{23}$	$10+j25$ Ом	3		$\frac{1}{\sqrt{3}}(0,4199 + j0,02099)$ кА	$-46,1880-j23,0940$ МВ·А

В таблице 2 даны результаты решения контрольного примера при помощи различных методов.

Таблица 2. – Расчёт контрольного примера

Метод	Время, сек	Результат
Алгоритм Бroyдена –Флетчера – Гольдфарба -Шанно (BFGS)	0,003	<b>Алгоритм успешно сошелся</b>
Алгоритм Левенберга – Марквардта	0.004	<b>Алгоритм успешно сошелся</b>
DF-SANE	-	Алгоритм не сошелся
Метод «хорошего Бroyдена»	0.034	Алгоритм сошелся в других точках
Метод «плохого Бroyдена»	-	Алгоритм не сошелся
Метод Андерсона	0.049	Алгоритм сошелся в других точках
Метод Ньютона-Крылова	0.007	<b>Алгоритм успешно сошелся</b>
Диагональный метод Бroyдена	-	Алгоритм не сошелся
Метод Ньютона со скалярной аппроксимацией Якобиана	-	Алгоритм не сошелся
Метод Ньютона с модифицированной диагональной аппроксимацией	-	Алгоритм не сошелся

Таким образом, было выявлено три метода, позволяющих решить данную задачу в соответствии с контрольным примером. К данным методам относятся: Алгоритм Бroyдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно (BFGS), Алгоритм Левенберга-Марквардта, Алгоритм Ньютона-Крылова.

Кроме этого, был реализован модифицированный метод Ньютона, без использования библиотеки SciPy. При расчете контрольного примера, алгоритм сошелся в тех же точках, что и библиотечные функции: [1.15415040e+02, 1.09721025e+02, 2.35945883e-03, -3.76172837e-02]. Время работы 0,003, что соизмеримо с наиболее эффективными по времени алгоритмами Бroyдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно и Левенберга-Марквардта.

### Список литературы

1. Идельчин В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1989 – 592 с.
2. Омельчук А.О. Щодо балансу реактивної потужності в мережах живлення в нових нормативних умовах перетоків реактивної енергії в Україні / А.О.Омельчук, А.М.Скрипник, В.С. Трондюк// Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК».- 2011. – № 161. – С.111–119.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

**Федорченко С.Г., Федорченко Г.С.**

Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко

г. Тирасполь, ул. Восстания 2а, MD3300, тел. (0373) 533-7-37-62

E-mail: fedgreg@yandex.ru

Ранее нами было предложено [1, 2, 3] использовать для оценки энергетической безопасности региона интегральный показатель, при формировании которого опираться на:

- набор индикаторов, характеризующих энергетическую безопасность исследуемого региона [3];
- границы областей кризисности, заданных исследователем [1, 2];
- функцию Харингтона- Менчера [8].

Используем предложенную нами методику построения интегрального показателя энергобезопасности Приднестровья.

В соответствие с нашей методикой предварительно необходимо значения индикаторов преобразовать в значения безразмерной функции полезности  $d_i$ , которые будем называть частными показателями качества. Это преобразование нами описано в [4].

Методика, используемая при формировании интегрального показателя энергетической безопасности требует, чтобы значения индикаторов, используемых нами, были некоррелированы. Для проверки выполнения этого требования используем метод корреляционных плеяд [5].

При оценке величины энергетической безопасности Приднестровья нами использовались 16 индикаторов. Границы кризисности были заимствованы (с некоторыми изменениями) из [6].

В результате проделанной работы мы получили 4 плеяды, причем одна из них (№ 1) содержит 13 индикаторов, а остальные – по одному индикатору. Возникает вопрос, как быть с множеством индикаторов, принадлежащих 1-й

плеяде. Мы не можем взять один индикатор и рассматривать его как представителя всей плеяды, т.к. значения функции полезности индикаторов, входящих в плеяду № 1, различны.

Будем использовать, в качестве значения, характеризующего плеяду №1, средневзвешенное значение частных показателей качества по всем членам плеяды, с учетом значения весов индикаторов.

Тогда величина интегрального показателя энергобезопасности региона может быть вычислена с помощью выражения:

$$D = \sqrt{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4} \sqrt{d_1^{\alpha_1} d_2^{\alpha_2} d_3^{\alpha_3} d_4^{\alpha_4}} \quad (1)$$

Полученный нами показатель  $D$  назовем комбинированным интегральным показателем энергобезопасности региона.

Проведем вычисления значений  $D$  для различных режимов функционирования энергосистемы региона [7]. Результат расчетов приведен в таблице.

Таблица значений комбинированного интегрального показателя энергобезопасности региона в зависимости от режима работы энергосистемы

Режим функционирования энергосистемы	Значение комбинированного интегрального показателя энергобезопасности $D$
Нормальный	0,545
Предкризисный начальный	0,444
Предкризисный развивающийся	0,363
Предкризисный критический	0,301
Кризисный нестабильный	0,254
Кризисный угрожающий	0,184
Кризисный критический	0,16
Кризисный чрезвычайный	0,128

Из проведенного нами опроса экспертов, по результатам которого были выставлены значения весов индикаторов энергетической безопасности региона установлено, что веса индикаторов очень сильно зависят от режима работы энергосистемы, так, при критических режимах работы снижается значение экономических индикаторов ( $z_{13}$ ,  $z_{16}$ ) и возрастает роль индикатора ( $z_2$ ).

Используя данный подход нами был проведен анализа энергетической безопасности региона и предложены мероприятия по его улучшению, учитывающих режим работы функционирования энергосистемы.

### Литература

1. Федорченко Г.С., Федорченко С.Г. Интегральная мера оценки состояния энергетической безопасности//Проблемы региональной энергетики. Академия наук республик Молдова. Институт энергетики, электронное издание. 2014
2. Федорченко Г.С., Федорченко С.Г. Мультипликативная интегральная мера оценки состояния энергетической безопасности//Вестник Приднестр. ун-та, Серия: Физ.-мат. и техн. науки, № 3/2014. – с.86-94
3. Федорченко Г.С., Федорченко С.Г. Мультипликативная интегральная оценка состояния энергетической безопасности)//Проблемы региональной энергетики. Академия наук республик Молдова. Институт энергетики, электронное издание. №1, 2016
4. Федорченко Г.С. Расчет значений индикаторов, характеризующих энергетическую безопасность Приднестровья//Вестник Приднестр. ун-та. Сер: Физ.-мат и техн. науки.- 2017.- № 3(57).- С.144-149.
5. Быкова Е.В., Михайлович Е.В., Постолатий В.М. Методические рекомендации решения проблем энергетической безопасности Молдавии и Белоруссии. Кишинев, 2010. – 100 с.
6. Дружинин Г.В. Методы оценки и прогнозирования качества. – М.: Радио и связь, 1982. - 160с.
7. Федорченко Г.С. Классификация режимов функционирования энергосистемы региона//Вестник Приднестр.ун-та. Сер: Физ.-мат и техн. Науки.- 2018.- № 3(60).- С.32-138.
8. Федорченко С.Г., Долгов Ю.А., Кирсанова А.В. и др. Обобщенная функция полезности и ее приложения/Под ред. С.Г., Федорченко.- Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2011.- 196 с.



## ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ НЕЛІНІЙНОЇ ПОЛІНОМІАЛЬНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДІАГНОСТИЧНИХ СИГНАЛІВ

**Чепинога А.В., Клопотовський П.А., Борона Є.М.**

Черкаський державний технологічний університет

18000, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. (0472) 511570

E-mail: a.chepynoha@chdtu.edu.ua

Виявлення та ідентифікація несправностей технічних систем є однією із найважливіших проблем сучасної інженерії.

Так як в більшості випадків характер діагностичних сигналів має випадковий характер, то й їх обробка та дослідження безпосередньо пов'язана з використанням ймовірнісно-статистичних методів обробки інформації.

Аналіз інформаційних джерел показує, що характерною особливістю більшості класичних методів ймовірнісної діагностики є їх орієнтація на гаусову (нормально-розподілену) модель статистичних даних. Це суттєво спрощує процедури синтезу та аналізу алгоритмів опрацювання.

Проте відомо, що в багатьох практичних випадках гаусова модель не завжди є адекватною, що призводить до погіршення результатів опрацювання.

Однією з ключових проблем ймовірнісної діагностики є так зване «розладнання», під яким розуміють непередбачувану, стрибкоподібну зміну ймовірнісно-статистичних властивостей стохастичних процесів.

При наявності «розладки», характерним є наявність двох станів: налагодженого та розладженого. Можна вважати, що кожному з них притаманні виконання однієї з двох статистичних гіпотез: простої  $H_0$  та альтернативної  $H_1$ . Висунута гіпотеза потребує перевірки, яка здійснюється статистичними методами. Для перевірки гіпотези використовують критерії, що дозволяють прийняти або спростувати гіпотезу. [1]

Нехай в якості діагностичного сигналу спостерігається випадковий процес, який представляє собою адитивну суміш негаусового асиметричного 2-го типу 1-го виду та гаусового сигналів, тобто  $\xi(t) = s(t) + n(t)$ , що мають нульові математичні сподівання.

Вважатимемо, налагодженому стану діагностичної системи (гіпотеза  $H_0$ ) відповідає ситуація, коли  $\chi_2 = 0$ , тобто діагностичний сигнал містить лише гаусову складову. Неналагоджений стан (гіпотеза  $H_1$ ) характеризується наявністю як гаусової так і негаусової складових ( $\chi_2 \neq 0$ ).

Проведено математичне моделювання алгоритмів нелінійної поліноміальної фільтрації діагностичного сигналу для неналагодженого стану.

Задача фільтрації полягає в тому, щоб за допомогою поліноміального безінерційного фільтру степеня  $s$  наблизити відгук фільтру до корисної випадкової складової діагностичного сигналу. Це досягається визначенням виразів для знаходження оптимальних коефіцієнтів. [2]

Залежності величин коефіцієнтів зменшення коефіцієнтів наближення (КЗКН) відгуків поліноміального безінерційного фільтру (3 та 4 степенів) в порівнянні з коефіцієнтом наближення відгуку фільтру при першому степені  $\epsilon_{s,1}$  в залежності від значень кумулянтних коефіцієнтів  $\gamma_3, \gamma_5$  та відношення дисперсій  $q$  складових досліджуваної суміші сигналів наведено на рис. 1 та 2.

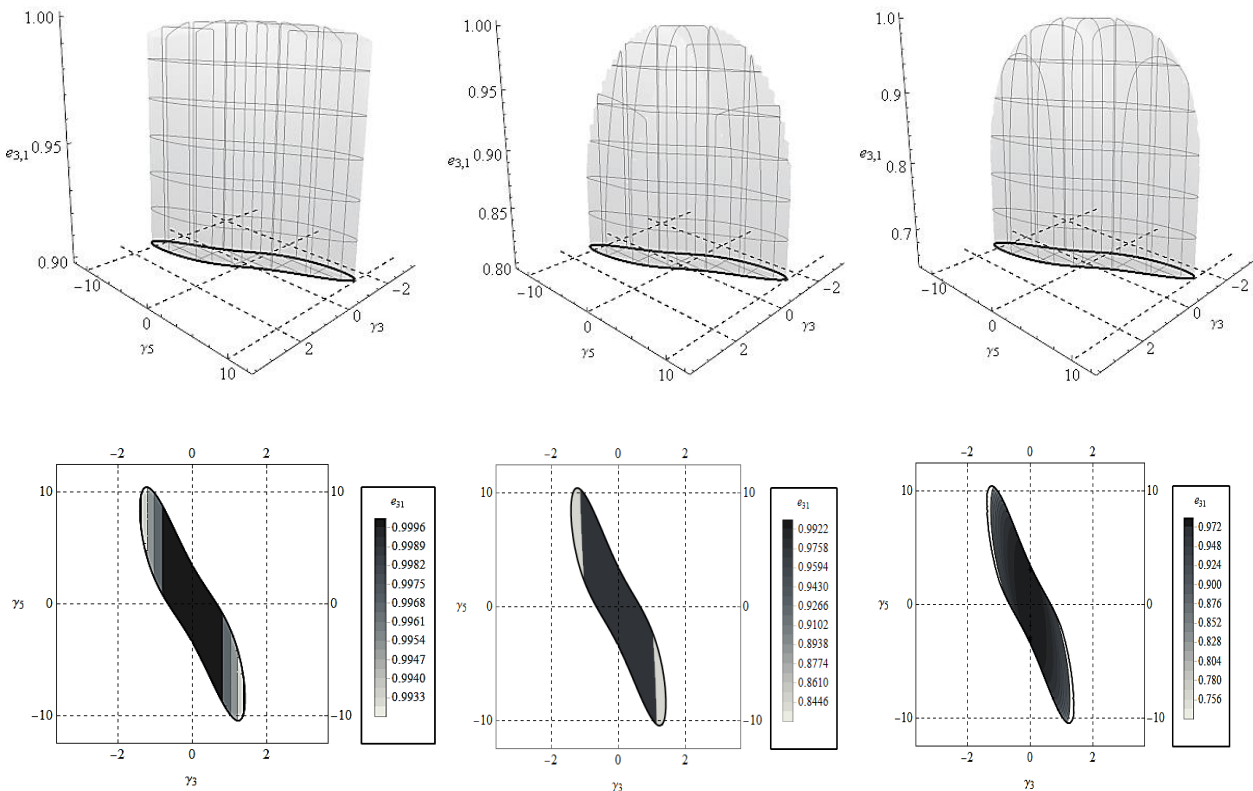


Рис. 1 – Графіки залежностей  $\epsilon_{3,1}$  при різних  $q=0,1..10$

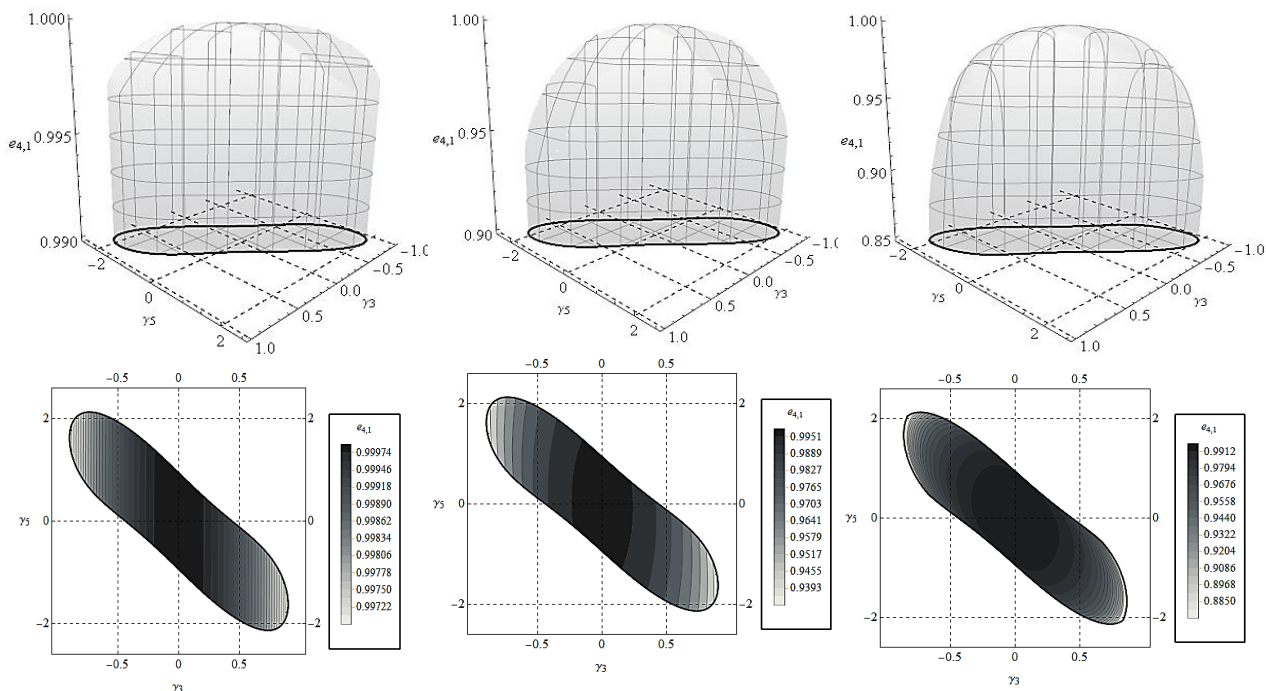
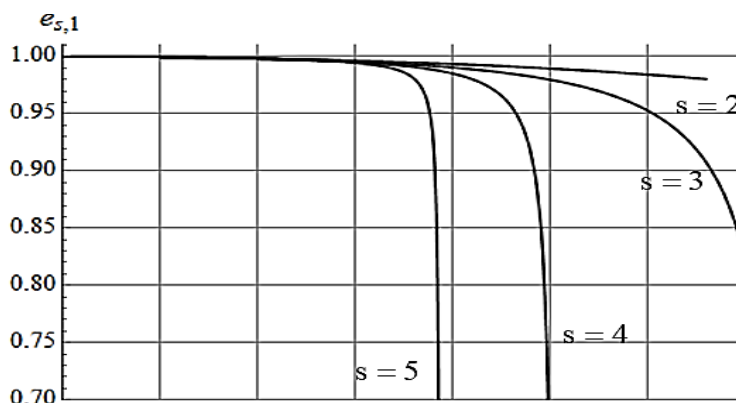


Рис. 2 – Графіки залежностей  $e_{4,1}$  при різних  $q=0,1..1..10$

Для візуалізації залежностей КЗКН від степенів поліноміального фільтру, побудовано спрощений двовимірний графік (рис. 3) для випадку  $q=10, \gamma_5 = 0$ .



**Література**

1. Застосування розкладу в просторі з порідним елементом для вирішення задач ймовірнісної діагностики / С.В. Заболотній // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2014. - № 4(4). - С. 28-35.
2. Кунченко Ю.П., Коваль Е.А., Клопотовский П.А. Синтез полиномиальных безынерционных фильтров и их свойства // Сборник научных трудов 2-го Международного радиоэлектронного форума “Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития”. – Харьков, 2005. – Т. 4. – С. 220-223.

# Апаратні та програмні засоби опрацювання сигналів та даних

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС****В.В. Гломаздин, Е.В. Кривенко, В.И. Луценко,****И. В. Луценко, А.И. Шубный**

Институт Радиофизики и Электроники им. А. Я. Усикова НАНУ, 61085,

Харьков, ул. Проскуры, 12

В настоящее время погрешности определения координат системами ГНСС лимитируются преимущественно условиями распространения радиоволн в атмосфере. Для их коррекции используются разнообразные модели, учитывающие региональное расположение потребителя и сезон измерений. В приемниках используются модели зенитной тропосферной задержки, которая учитывает широту расположения потребителя и время года, то есть сезонную зависимость рефракционных свойств, при этом совершенно не учитываются суточные изменения коэффициента преломления, имеющих место, а также индивидуальные особенности погодных условий в месте проведения измерений. Вместе с тем погодные условия достаточно динамичный объект, зависящий от многих факторов.

Следует отметить, что в данный момент специализированные системы, которые имеют достаточно высокую точность измерения и в то же время небольшую цену отсутствуют на потребительском рынке. Оснащение приемников ГНСС высокоточными метеодатчиков, а также приборами для определения коэффициента преломления тропосферы значительно повысит потребительские характеристики ГНСС навигаторов, которые сейчас выпускаются массово. Особенно в тех случаях, когда требуется получение высокой точности измерений в RTK (Real time kinematic) формате. Существующие в настоящее время портативные метеостанции имеют недостаточно высокие точности измерений (температура- $0,1^{\circ}\text{C}$ , влажность воздуха 1%, атмосферное тиск- 1.5 hPa) и предназначены для измерения и прогноза погоды в домашних условиях. Кроме того такие метеостанции не имеют возможности передачи данных на приемник глобальной

навигационной спутниковой системы (ГНСС).

Было создано устройство, сочетающего в себе специфический набор параметров не характерных для бытовой техники. Это – способ получения информации о результатах измерения в виде потока цифровых данных, широкий диапазон рабочих температур, высокая точность и скорость измерений, а также минимальный вес и габариты, низкое энергопотребление и сравнительно невысокая стоимость готового изделия.

При создании метеостанции был использован датчик ВМЕ280, объединяющий в себе датчики давления, влажности и температуры в одном корпусе. Функция точного измерения высоты, обеспечивалась наличием высокоточного альтиметра. Для считывания результатов измерений и калибровочных коэффициентов, необходимых для вычисления истинных значений относительной влажности, давления и температуры, а также передачи данных в персональный компьютер (ПК) либо центральный процессор (ЦП), применяется микроконтроллер «АТхmega 32А4U». Обмен между контроллером и датчиком осуществлялся с помощью двухпроводного интерфейса I<sup>2</sup>C (автомат TWI контроллера) с тактовой частотой 100 кГц. Связь контроллера с ПК осуществлялась на основе двухпроводного асинхронного интерфейса RS232 со скоростью 9600 бит/с. (рис. 1). Скорость обмена была специально уменьшена для снижения влияния нестабильности тактового генератора контроллера в низких температурах и увеличения дальности связи.

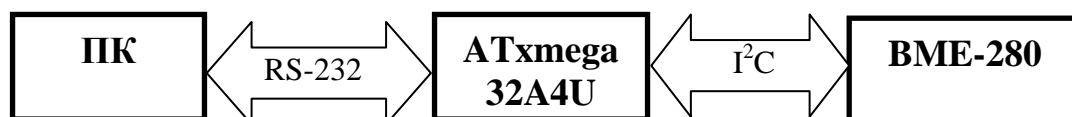


Рис. 1. Общая схема потока данных

Связь ПК с контроллером осуществлялась через специальный помехозащищённый протокол, позволяющий исключать повреждённые пакеты и предотвращать сбои потока данных при возможной кратковременной потере связи. Для работы оператора ПК с датчиком была написана программа работы «Control VME280» (для ОС Windows).

Испытания комплекса метеорологического производились с использованием камеры тепла-холода МС-71 Тагаі и камеры влажности КРК-400 Пка. В ходе испытай было установлено, что при плавном понижении температуры от  $+10^{\circ}\text{C}$  до  $-57^{\circ}\text{C}$  происходит понижение в небольших пределах относительной влажности (менее чем на 15%) и давления-менее чем на 200Па. В то же время ступенчатое изменение температуры может приводить к существенно большим погрешностям в измерениях давления и влажности.

Натурные испытания метеостанции, проведенные на побережье Черного моря в г. Черноморск представлены на рис. 2.

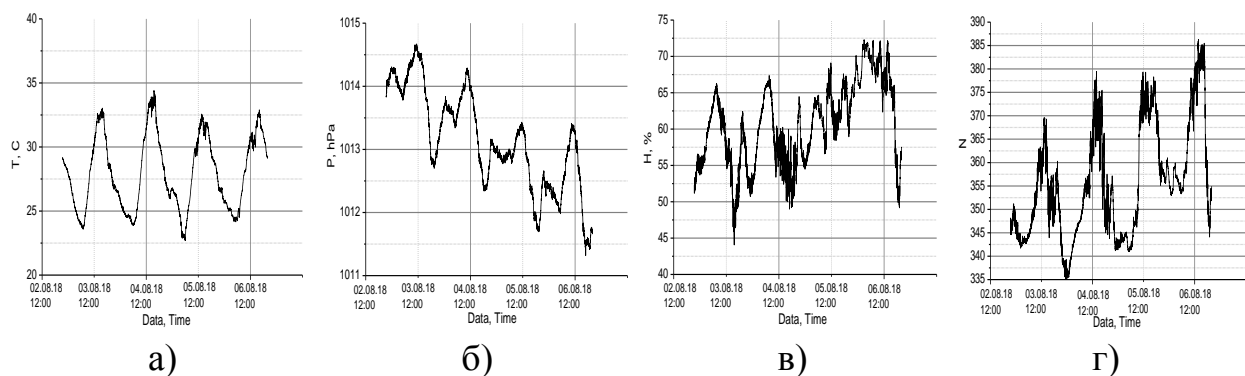


Рис.2 Суточные изменения температуры (а), давления (б), влажности (в) и коэффициента преломления (г) на северо-западном берегу Черного моря в г. Черноморске (Украина) 2...6 августа 2018г.

Метеопараметры пересчитаны в коэффициенты преломления (рис. 2г) и показывают, что реализуемые метеостанцией точности измерения достаточны для получения оценок коэффициента преломления тропосферы необходимых для введения поправок в приемную аппаратуру ГНСС.

Рассмотрена возможность создания малогабаритной недорогой метеостанции для использования совместно с приемниками ГНСС, приведены результаты ее испытаний и верификации, а также показана возможность использования ее для оценки значений коэффициента преломления тропосферы, необходимых для коррекции результатов измерений приемников ГНСС.

**РОЗРОБКА МОДЕЛІ "РОЗУМНИЙ СВІТЛОФОР"****Гончаров А.В., Доронін Д.С.**

Черкаський державний технологічний університет

18006, Черкаси, бул. Шевченка, 460, тел. (0472)511570

E-mail: artyom28@gmail.com, dimadoronin16@gmail.com

Сьогоднішній день диктує нову модель розвитку міст, засновану на людському капіталі інноваціях і високих технологіях. Міста поступово перетворюються в інтелектуальні системи. Цифрова трансформація впливає на всі основні напрямки функціонування міста: охорона здоров'я, освіта, енергетика транспорт, управління ресурсами і міським простором [1].

Європейські країни вже переходять на шлях розумного розвитку: так, наприклад, 28 держав, що входять до Європейської спільноти, мають розумні міста. "Розумне місто" – це забезпечення сучасної якості життя за рахунок застосування інноваційних технологій, які передбачають економічне та екологічне використання міських систем життєдіяльності.

В даний час в світі налічується більше 150-ти проектів з автоматизації дорожнього руху. Основний недолік їх в тому, що ці проекти мають розрізнений характер. Існують окремі варіанти реалізацій з обмеженими можливостями. Відсутня система, яка об'єднує кілька технологій і здатна вирішувати відразу кілька глобальних завдань. Нова ідея, закладена в цьому проекті, здатна не тільки вирішувати описані вище існуючі проблеми в системі управління рухом, а й надати унікальні можливості для всіх учасників дорожнього руху, відкривши перспективу в розробці програмно-апаратних комплексів для розвитку інфраструктури мегаполісів. Інтерес представляє використання кардинально нових способів управління і впровадження інновацій в процес контролю руху. Реалізація рішення розглянутої проблеми високо затребувана, тому що спостерігається гостра необхідність в зміні системи моніторингу та управління дорожнім рухом, а також є зростаючий попит на ІТ-технології в бортових пристроях машин.



Унікальністю роботи є поєднання сучасних ІТ-технологій, математичних моделей і апаратно-технічних засобів в єдиній цілісній системі [2].

Метою даної роботи є покращення та спрощення управління містом, благоустрій міського середовища, забезпечення громадської безпеки та підвищення якості життя жителів міста.

В роботі запропоновано систему «розумний світлофор», яка призначена для підвищення пропускної здатності перехресть за допомогою динамічного управління сигналами світлофора. Система складається з контролерів, камер і віддалених датчиків руху, які в режимі реального часу оцінюють завантаженість перехресть і передають цю інформацію на центральний сервер управління. Зв'язок з центральним сервером може здійснюватися через радіосередовище або оптичними лініями зв'язку.

"Розумний світлофор" – це надійний помічник як для пішоходів так і для водіїв, пішоходам він забезпечить дійсно безпечний перехід вулиці, автомобілям забезпечить рух без заторів. "Розумний світлофор" буде оцінювати ситуацію як на дорозі так і на тротуарі і за рахунок її аналізу буде надавати перевагу у русі тим чи іншим учасникам руху, також за рахунок "розумного світлофору" можливо створити розумну систему штрафів з фіксацією та контролем того, що відбувається на дорозі.

Робота має бути корисна усім громадянам і приносити безпеку у повсякденне життя, а також можливість змінити світ на краще, оскільки "розумний світлофор" зможе зменшити кількість ДТП до мінімуму за рахунок правильного регулювання сигналів світлофору у потрібний час у потрібному місці в залежності від обставин.

### **Література**

1. Лэндри Ч.А. Творческий город. Москва: Современные технологии, 2014. 225 с.
2. Города, управляемые данными. От концепции до прикладных решений. URL: <http://www.pwc.ru/government-and-public-sector/publications/data-driven-city.html> (дата звернення: 23.04.2019).

## **АВТОМАТИЧНА ІНДУКЦІЙНА УСТАНОВКА ДЛЯ ПЛАВЛЕННЯ МЕТАЛІВ НА МІКРОПРОЦЕСОРНОМУ КЕРУВАННІ**

**Гончаров А.В., Погребняк Є.В.**

Черкаський державний технологічний університет  
18006, Черкаси, бул. Шевченка, 460, тел. (0472)511570  
E-mail: a.honcharov@chdtu.edu.ua

Індукційний метод нагріву і плавки металів, пройшовши більш ніж столітній шлях розвитку, зарекомендував себе як найбільш ефективний спосіб безконтактного підведення тепла в електропровідне середовище. Індукційна плавка отримала виключно широке поширення як по числу діючих установок, так і за різноманітністю технологічних застосувань в самих різних областях техніки [1].

Однією з основних тенденцій в розвитку індукційного плавильного устаткування є підвищення продуктивності в одиниці устаткування і необхідність отримання великих кількостей металу, що зумовило ріст місткості і потужності печей. Для малих печей місткістю декілька десятків грамів оптимальна частота зростає до 440 кГц. Завдяки прогресу в області виробництва потужних напівпровідникових приладів і розвитку перетворювальної техніки напівпровідникові перетворювачі частоти стають дешевше і ефективніше в порівнянні з електромашинними генераторами в середньо-частотному діапазоні [1]

В даний час використання потужних джерел живлення в пристроях індукційного нагріву скорочується, що пов'язано з необхідністю забезпечення енергоефективності. Тому знову актуальності набуває проектування нових високо-економічних малогабаритних джерел живлення для прецизійного лиття невеликих виробів. В зв'язку з цим проектування нових мікроконтролерних блоків керування такими джерелами живлення є також актуальною задачею, яка і вирішувалась в даній роботі.

А тому метою роботи є розробка і удосконалення автоматичної індукційної установки для плавлення металів на мікропроцесорному керуванні.

В роботі запропоновано метод регулювання потужності на основі модуляції щільності імпульсів, модифіковано інвертор автоматичної індукційної установки для плавлення металів і отримали подальший розвиток методи побудови автоматичних індукційних установок.

Більшість модулів керування автоматичною індукційною установкою для плавлення металів реалізовано на мікропроцесорному керуванні у вигляді окремих блоків. Це дає можливість вилучати та додавати різні блоки, спрощуючи чи ускладнюючи конструкцію.

Отримано ряд важливих результатів, які можуть бути застосовані в установках індукційного плавлення металів з автоматичним керуванням, в приладах керування інверторами струму. За рахунок отриманих рішень збільшено стабільність частоти синхронізації, що сприяє надійному функціонуванню всієї установки, застосовано інноваційний метод керування потужністю в резонансному навантаженні.

Що до впровадження в практику даної розробки, то застосування може бути корисним в прецизійному плавильному виробництві, дрібно-серійному виробництві деталей, що виливаються з металів.

### Література

1. Исаев И.Х. Высоочастотные транзисторные генераторы для индукционного нагрева и закалки. Литье и металлургия. 2011. № 1 (59). С. 176–178.
2. Лузгин В.И. Перспективы развития индукционных систем и методов среднечастотной плавки черных металлов. Индукционный нагрев. 2008. № 1. С. 4–8.

**РОБОТ-АСИСТЕНТ НА МІКРОПРОЦЕСОРНІЙ СИСТЕМІ****Гончаров А.В., Рябов А.В.**

Черкаський державний технологічний університет  
18006, Черкаси, бул. Шевченка, 460, тел. (0472)511570

E-mail: a.honcharov@chdtu.edu.ua

Протягом багатьох років використання роботів в різних областях людської діяльності, будь то промисловість або повсякденне використання, стає все більш помітним. Однією з найбільш швидко розвивається області робототехніки є мобільна робототехніка. Мобільну робототехніку можна розділити на два класи. Перший клас – це керовані дистанційно оператором роботи, і другий клас – це роботи, здатні виконувати певні дії в автономному режимі. У більшості випадків управління роботом здійснює людина-оператор на рівні рухів [1]. Ці класи тісно пов'язані один з одним, але поступово йде перехід від роботів першого класу, до повністю автоматичних мобільних роботів. Основний напрям розвитку робототехніки – це машини які б могли спростити життя людини у різних сферах діяльності.

В даний час вирішується досить велика кількість завдань, пов'язаних з організацією автоматичного переміщення робота, виконанням ним деяких елементарних дій [2]. Серед різних класів роботів, важливим сучасним класом є мобільні роботи, що застосовуються в промисловості (робочари), екології (динамічний моніторинг навколишнього середовища, робота в екологічно шкідливих умовах), військовій справі (робот-розвідник, робот, що несе легке озброєння і т.п.), побутові роботи та роботи-асистенти [3–5].

Для дистанційного керування роботом як в бездротовому так і в разі дротового зв'язку, існує кілька протоколів і методів обміну сигналами. Bluetooth або WiFi – найбільш поширені стандарти передачі даних, із бездротових, на ринку мобільних пристроїв. Головні причини популярності даних стандартів полягають в прийнятній швидкості передачі даних при малих витратах енергії.

Одна з дуже перспективних технологій, яка можлива тільки завдяки бездротовій мережі, є Mobile Device Management (MDM). У нас цей термін, в силу своєї новизни, ще не сформувався. Правильніше за все його можна перевести як «управління мобільними пристроями». Таку технологію доступніше всього реалізувати на мобільній операційній системі Android по ряду причин. По-перше, дана операційна система – найпопулярніша на сьогодні для мобільних пристроїв. По-друге, Android дозволяє всім бажаючим безкоштовно писати програми і тестувати їх на своєму пристрої.

Роботи, керовані за допомогою бездротового методу обміну сигналами, дуже актуальні на сьогоднішній день. Керуючи таким роботом, можна знаходитись далеко від місця подій і бачити те, що бачить робот або виконувати роботу яка не під силу людині. Це актуально як у військовій, так і в цивільній сфері у вигляді роботів-асистентів або іграшок на кшталт квадрокоптерів чи керованих моделей.

Метою даної роботи є створення бездротової системи управління для функціональної моделі робота за допомогою доступних компонентів та технологій моделювання. Робот побудований на платі WeMos D1 mini і має ряд особливостей та цікавих конструкторських рішень. Для досягнення цієї мети були поставлені такі завдання: розробка конструкції робота, програмування мікроконтролера, створення мобільного додатка для операційної системи Android та побудований робочий прототип.

В рамках даної роботи проведений огляд існуючих систем управління мобільними роботами; розроблена та протестована 3D модель; розглянуто питання технічної реалізації даної системи на прикладі конкретного робота, розроблена система управління рухом мобільного робота.

Розглянуте в роботі практичне завдання дає чітке уявлення про значущість представленої розробки. Дана конструкція здатна вирішити дуже актуальні проблеми в управлінні мобільними роботами в різних сферах життя, так як мобільні роботи мають широке застосування як в

повсякденному житті (роботи-пилососи та роботи-асистенти), так і в більш специфічних галузях.

В результаті виконання даної роботи всі поставлені цілі і завдання успішно досягнуті. Розроблена система протестована в рамках комп'ютерного моделювання в середовищі Fusion 360, а також створений прототип робота.

### Література

1. Папуша Д.А., Чепюк Л.О. Автоматизована система управління рухом робота для дослідження небезпечних приміщень. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/11/154.pdf> (дата звернення: 20.12.2018)
2. Krzysztof Kozlowski, Dariusz Pazderski. Practical Stabilization of a Skid-steering Mobile Robot - A Kinematic-based Approach. URL: [https://www.researchgate.net/publication/224673512\\_Practical\\_Stabilization\\_of\\_a\\_Skid-steering Mobile Robot - A Kinematic-based Approach](https://www.researchgate.net/publication/224673512_Practical_Stabilization_of_a_Skid-steering_Mobile_Robot_-_A_Kinematic-based_Approach) (дата звернення: 15.01.2019).
3. Поляков М.Є. Дослідження алгоритмів керування електроприводами мобільного робота URL: <http://masters.donntu.org/2017/etf/polyakov/diss/indexu.htm> (дата звернення: 15.01.2019)
4. Колпаков С.Г., Мячиков А.Д. Классификация роботов по использованию, передвижению и компонентам. Молодой ученый. 2017. №3. С. 241-244. URL: <https://moluch.ru/archive/137/36438/> (дата звернення: 15.01.2019).
5. Ермишин К.В., Воротников С.А. Система управления сервисным мобильным роботом-экскурсоводом. Экстремальная робототехника: труды Международной научно-технической конференции. СПб.: Политехникасервис, 2011. С. 351–356.

**ПОРТАТИВНИЙ ТЕРМІНАЛ ЗБОРУ ДАНИХ****Гончаров А.В., Ященко О.В.**

Черкаський державний технологічний університет

18006, Черкаси, бул. Шевченка, 460, тел. (0472)511570

E-mail: a.honcharov@chdtu.edu.ua, olexi\_yaschenko2014@ukr.net

В наш час в господарській діяльності активно використовуються штрих-коди, що є зручними для зчитування даних машиною. Наприклад, в сучасній професійній діяльності штрих-коди активно використовуються для маркування основних засобів виробництва. Особливістю розташування штрих-кодів на основних засобах та інших товарно-матеріальних цінностях є їх важкодоступність і погане освітлення в місцях їх розташування.

В будь-якому виді діяльності матеріальні цінності інколи потрібно перераховувати, проводити їх інвентаризацію, при цьому виникає потреба в компактному бюджетному терміналі збору даних. Використання терміналу скорочує затрати часу на ведення обліку товарів, знижує кількість помилок, а також мінімізує так званий "людський фактор", причинами якого можуть бути особиста вигода, помилка, або погана видимість штрих-коду.

В наш час виробляються як спеціалізовані термінали збору даних, так і спеціальне програмне забезпечення для використання на споживацьких мобільних телефонах.

Експериментально було встановлено, що при рівні освітлення менше 25 люкс, що є досить часто характерним для об'єктів основних засобів виробництва при інвентаризації, та при куті зчитування, який більше 20 градусів від перпендикуляру відносно етикетки, штатна камера мобільного телефону зчитує лише 20-25% штрих-кодів, в той час як зчитувачі штрих кодів з лазерним підсвічуванням дозволяють отримати 70-80% успішних зчитувань. В реальних умовах проведення інвентаризацій освітленість зазвичай нижче 30 люкс, особливо в важкодоступних місцях розташування етикеток [1].

Ще одним експериментом було виявлено суттєву економію часу обліковця. При проведенні переобліку на площі 2000 м<sup>2</sup> без терміналу збору даних витрачається 22 години робочого часу, а при проведенні переобліку на площі 2000 м<sup>2</sup> з використанням терміналу збору даних витрачається 11,5 годин робочого часу.

На даний час вартість сучасних терміналів збору даних знаходиться в межах від 3 до 50 тисяч гривень [2, 3]. Але варто розуміти, що промислові термінали збору даних матимуть ще, так звані, "приховані" витрати на програмне забезпечення (яке по вартості може коштувати навіть більше вартості терміналу збору даних), а також спеціалізовані комплектуючі (наприклад, акумуляторні батареї, які зазвичай підходять лише до даної конкретної моделі терміналу збору даних).

Тому пропонується розробити та створити прототип простого в користуванні і відносно недорогого терміналу збору даних, що має задовольняти наступним вимогам:

- наявність необхідного програмного забезпечення, можливості імпорту та експорту даних як з баз даних на основі SQL, так і з використанням звичайних табличних редакторів (наприклад Microsoft Excel);
- можливість автономної роботи в межах 8 годин;
- зчитувач штрих-кодів має працювати як в автономному режимі, так і з використанням будь-яких смартфонів на операційній системі Android в якості носія бази даних через середовище передачі даних Wi-Fi, так і без смартфона, використовуючи зв'язок з сервером через протокол Wi-Fi;
- апаратна база має бути простою і доступною на території України.

З метою забезпечення відповідності останньому пункту в якості сканера штрих-коду з лазерною підсвіткою був вибраний інтегрований сканер Honeywell EV-15 [4], що має вартість близько 350 грн на ринку України.

В якості модуля передачі даних пропонується обрати LolinNodeMCU V3 ESP8266 WiFi. Для забезпечення роботи з рідкокристалічними індикаторами



в разі роботи без смартфонів, а також від зчитувача штрих-кодів пропонується використовувати платформу Arduino Nano.

Програмне забезпечення пропонується розробляти на основі поширених середовищ розробки. Програмне забезпечення слугуватиме в першу чергу для прийому інформації на сервері і трансляції її в базу даних (модуль "DTServer"), для завантаження інформації на термінал збору даних (у випадках автономної роботи, модуль "DTDataLoad").

Таким чином, на основі поставленого технічного завдання планується створити простий для користувача, відносно недорогий і, що саме головне, необхідний та корисний термінал збору даних для проведення інвентаризацій та переобліків з використанням штрих-кодів, а також систему обробки та аналізу зібраних даних.

### Література

1. ДБН В.2.5-28:2018. Видання. Державні будівельні норми України. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28:2006; чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2018. 133 с. (Інформація та документація).
2. Каталог товарів. Термінали збору даних. URL: [https://rozetka.com.ua/ua/data-terminal/c4625286/?gclid=CjwKCAjwiN\\_mBRBBEiwA9N-e\\_u9Yt8jhNFerJVuZUKrBDbPNCqjQFzWlHCrKBjMKk-473BiaIAoNwhoCFocQAvD\\_BwE](https://rozetka.com.ua/ua/data-terminal/c4625286/?gclid=CjwKCAjwiN_mBRBBEiwA9N-e_u9Yt8jhNFerJVuZUKrBDbPNCqjQFzWlHCrKBjMKk-473BiaIAoNwhoCFocQAvD_BwE) (дата звернення: 06.05.2019).
3. Каталог. Термінали збору даних. URL: <https://www.technologic.com.ua/cat/terminalu-sbora-dannych/> (дата звернення: 06.05.2019).
4. Технічний паспорт сканера штрих-коду EV15 OEM 1D Imager. URL: <https://www.honeywellaidc.com/products/oem-scan-engines/1d-imagers/ev15> (дата звернення: 06.05.2019).

**ВИКОРИСТАННЯ АНТЕННИХ ГРАТОК  
ПРИ ВИЗНАЧЕННІ КУТОВИХ КООРДИНАТ  
ФАЗОВИМ МЕТОДОМ В УМОВАХ ВПЛИВУ  
НЕГАУСІВСЬКОЇ ЗАВАДИ**

**Даник В.О.**

Черкаський державний технологічний університет  
18006, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. 8(0472)730261  
E-mail: Danyk2014@ukr.net

При розв'язанні задач, пов'язаних з процесом обробки сигналів, а такі задачі виникають у дуже багатьох галузях науки і техніки, досить часто використовуються антенні ґратки, що можуть бути застосовані і для прийому сигналів, і для їх передачі.

У даному випадку акцентується увага на тому, як здійснюється обробка сигналів при визначенні кутового положення джерела радіовипромінювання за допомогою антенних ґраток в умовах негаусівських завад. Зокрема викликають інтерес особливості застосування найпростішої антенної решітки, коли вона складається з двох приймальних елементів, а завада у кожному приймальному елементі є негаусівською.

Більшість фундаментальних результатів у статистичній радіотехніці, радіолокації, зв'язку, теорії синтезу антенних решіток одержано для гаусівських завад. Але гаусівська модель є до певної міри ідеалізацією реальних картини завад, які здебільшого мають негаусівський характер.

Негаусівські завади є більш складними у порівнянні з гаусівськими і значно менше вивченими. Метод максимізації полінома, який був розроблений Ю.П.Кунченком у роботі [3], дозволяє знаходити оцінки параметрів випадкових величин і оснований на представленні функції правдоподібності у вигляді узагальненого стохастичного полінома. Цей метод дозволяє врахувати тонку структуру негаусівських завад, що знаходить свій безпосередній вияв при синтезі алгоритмів вимірювання.

Сигнали на виходах ізотропних елементів у випадку, коли за допомогою найпростішої двоелементної антенної решітки визначаємо кут приходу хвилі, будуть рівними  $s_0(t) = a_0 e(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$  і відповідно  $s_1(t) = a_0 e(t) \cos(\omega_0 t - \tau + \varphi_0)$ , де  $e(t)$  – обвідна корисного сигналу з одиничною амплітудою.

Отже, можна зробити висновок, що вся інформація про кут приходу хвилі міститься у різниці фаз сигналів на виходах елементів антенної решітки.

Фаза сигналу на першому елементі дорівнює  $\varphi_0$ , а на другому  $(-\tau + \varphi_0)$ . Отже, якщо одночасно вимірювати фазу гармонічного коливання у кожному приймальному елементі і визначити різницю вимірюваних фаз, то дійсний час затримки буде дорівнювати  $\tau_0 = \varphi_0 - \varphi_1$ .

Тому і розв'язання задачі оцінки кутових координат джерела радіовипромінювання за допомогою фазового методу зводиться до оцінки величини затримки гармонічного коливання, що у цьому випадку буде основним інформаційним параметром, а амплітуда та початкова фаза – неінформаційними параметрами. Тоді можна розрахувати, що дійсний кут приходу буде дорівнювати  $\alpha_0 = \arcsin \frac{\lambda}{2\pi d} (\varphi_0 - \varphi_1)$ .

Однак вимірювання фази відбувається з деякою похибкою, оскільки кожен з приймальних елементів здійснює прийом суміші корисного сигналу і завад. Тобто значення фази, одержані у процесі вимірювань, є по суті деякою випадковою величиною.

Отже і одержане значення кута приходу буде оцінкою дійсного  $\hat{\alpha}$  значення  $\alpha_0$ , тобто  $\hat{\alpha} = \arcsin \frac{\lambda}{2\pi d} (\hat{\varphi}_0 - \hat{\varphi}_1)$ . Здійснивши ряд математичних перетворень, одержимо, що асимптотично має місце рівність

$$\hat{\alpha} - \alpha_0 = [(\hat{\varphi}_0 - \varphi_0) - (\hat{\varphi}_1 - \varphi_1)] \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\right)^2 - \tau_0^2}}.$$

Далі можемо знайти асимптотичну дисперсію оцінки кута приходу

$$\sigma_{\alpha}^2 = \frac{\sigma_{\varphi_0}^2 + \sigma_{\varphi_1}^2}{\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\right)^2 - \tau_0^2}.$$

У тому випадку, коли дисперсія оцінок фаз не залежить від величини значень фаз, тобто  $\sigma_{\varphi_0}^2 = \sigma_{\varphi_1}^2 = \sigma_{\varphi}^2$ , тоді згадана вище дисперсія буде дорівнювати

$$\sigma_{\alpha}^2 = \frac{2\sigma_{\varphi}^2}{\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\right)^2 - \tau_0^2}$$

З цього виразу можна зробити висновок, що чим точніше здійснюється вимірювання фази сигналів у кожному з приймальних пристроїв, тим точніше відбувається визначення величини кута приходу хвилі.

Тому дуже важливим завданням є здійснення якомога точнішої оцінки фази сигналу, прийнятого у суміші з адитивною негаусівською завадою, що і визначає, врешті-решт, точність оцінки кутових координат джерела радіовипромінювання.

### Література

1. Кунченко Ю.П., Даник В.О. Особливості оцінки кутових координат фазовим методом в умовах впливу негаусівських завад //Наукові праці конференції "Комп'ютерні технології друкарства: алгоритми, сигнали, системи". – Львів: 1996. – 107с.
2. Даник В.О. Деякі питання оцінки кутових координат джерела гармонічного коливання фазовим методом в умовах впливу негаусівських завад //4-а Українська конференція з автоматичного управління "Автоматика-97", том III. – Черкаси: ЧІТІ, 1997. – 105с.
3. Кунченко Ю.П., Лега Ю.Г. Оценка параметров случайных величин методом максимизации полинома. – К.: Наук. думка, 1992. – 180с.

## КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО КОПИРОВАНИЯ

Каримов М.М., Сагатов М.В., Гулямов Ш.Р., Хамдамова С.М.

Ташкентский государственный технический университет,

Ташкентский университет информационных технологий.

E-mail: informtgu@mail.ru

В общем случае система защиты от несанкционированного копирования представляет собой комплекс средств, предназначенный для затруднения нелегального копирования защищаемого программного модуля, с которым она ассоциирована.

Обобщив сведения из различных источников можно предложить следующую структуру системы защиты от несанкционированного копирования (

Рис.1.1).

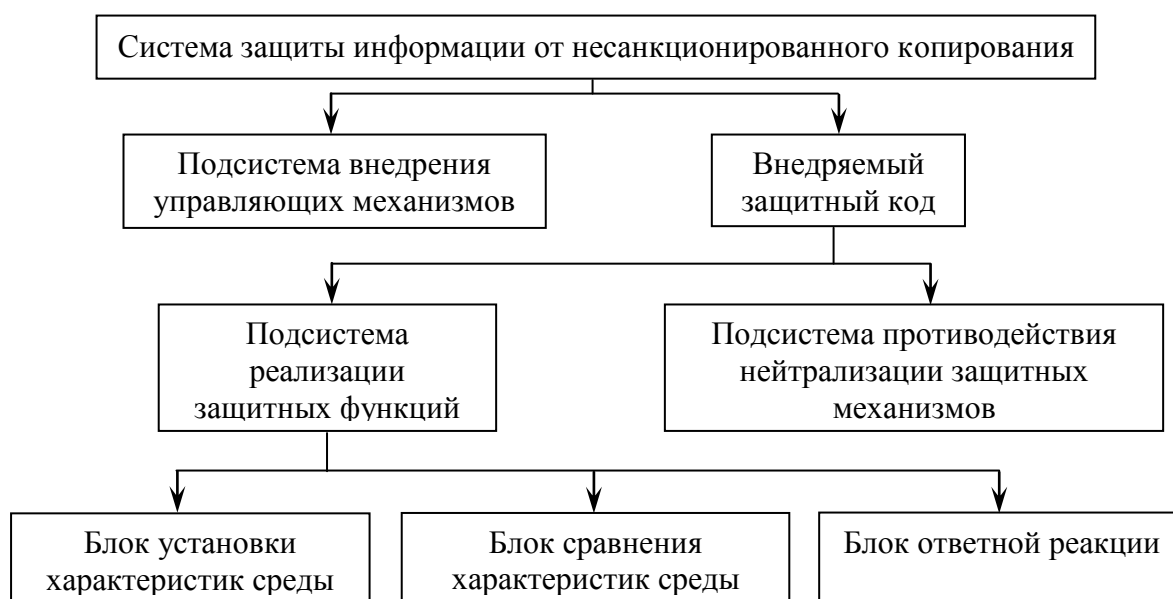


Рис.1.1. Структура системы защиты информации от  
несанкционированного копирования

Подсистема внедрения управляющих механизмов представляет собой комплекс программных средств, предназначенный для подключения внедряемого защитного кода к защищаемому программному модулю. Внедряемый защитный код – это программный модуль, задача которого

состоит в противодействии попыткам запуска (исполнения) нелегальной копии защищаемой программы.

Подсистема реализации защитных функций представляет собой программную секцию, решающую задачу распознавания легальности запуска защищаемой программы.

Подсистема противодействия нейтрализации защитных механизмов предназначена для борьбы с возможными попытками нейтрализации системы защиты от несанкционированного копирования и/или её дискредитации.

Блок установки характеристик среды отвечает за получение характеристик, идентифицирующих вычислительную среду.

Блок сравнения характеристик среды устанавливает факт легальности запуска защищаемой программы.

Блок ответной реакции реализует ответные действия системы защиты на попытку несанкционированного исполнения защищаемой программы.

Наличие системы защиты подразумевает наличие злоумышленника, который будет пытаться каким-то образом нейтрализовать защиту для решения задачи несанкционированного копирования [1-2]. При этом необходимо отчётливо понимать, что не существует абсолютно стойкой защиты, а существуют защиты, время преодоления которых по затратам труда и машинного времени сравнимы с разработкой системы, аналогичной защищённой. Данное положение приводит к парадоксальному на первый взгляд результату – вероятность нейтрализации защиты у элементарных программных продуктов со средним уровнем защищённости гораздо ниже, чем у сложных программ с высоким уровнем защиты.

В отдельных случаях, при относительно невысокой цене одной копии, конечному пользователю бывает выгоднее купить необходимое число инсталляций, чем оплачивать квалифицированный труд хакера.

Поскольку стойкость системы защиты определяется стойкостью каждого её элемента, то в качестве объекта атаки может использоваться любая из описанных подсистем. Здесь необходимо отметить неоднородный

уровень как самих идей, лежащих в основе той или иной подсистемы, так и их реализаций, что, в первую очередь связано с развитием приёмов, методов и средств для нейтрализации систем защиты. Учитывая современное состояние вопроса, наиболее актуальной задачей, с точки зрения автора, является разработка подсистемы внедрения управляющих механизмов системы защиты и подсистемы установки характеристик среды, хотя остальные подсистемы должны быть разработаны не менее тщательно. Показательным примером является блок ответной реакции, который может как просто выводить сообщение о незаконности копии, так и предпринимать более сложные действия, позволяющие на определённое время замаскировать наличие защиты, увеличивая тем самым время атаки.

Но если функционирование блока ответной реакции может влиять на надёжность системы лишь косвенным образом, то зачастую самым слабым местом всей системы является блок сравнения характеристик среды и именно против него в первую очередь направлены атаки злоумышленников.

Методы защиты информации от несанкционированного копирования направлены на противодействие несанкционированному копированию информации, как правило, представленной в электронном виде.

В общем виде методы защиты информации от несанкционированного копирования можно разбить на три группы:

- 1) методы, препятствующие непосредственному копированию;
- 2) методы, затрудняющие считывание скопированной информации;
- 3) методы, препятствующие использованию скопированной информации.

При защите от несанкционированного копирования в зависимости от применяемых способов и средств могут использоваться правовые, организационные, технические и криптографические методы защиты (рис.1.2).

Копирования основываются на ответственности, предусмотренной действующим законодательством, как за несанкционированное использование защищаемой информации.





Рис.1.2. Классификация методов защиты от несанкционированного копирования информации по признаку используемых средств

Организационные методы защиты информации от несанкционированного копирования заключаются в том, что полноценное использование защищаемой информации невозможно без соответствующей поддержки со стороны ее владельца.

Технические методы защиты информации от несанкционированного копирования предполагают намеренное ограничение или затруднение различных действий с данными в электронной форме.

Криптографические методы защиты информации от несанкционированного копирования используют криптостойкие алгоритмы защиты информации [3-4]. Данные методы основываются на необходимости знания определенного секретного ключа для получения доступа к защищаемой информации. Преимуществом криптографических методов защиты информации от несанкционированного копирования является возможность предотвращения непосредственного копирования информации с носителей. Методы защиты информации от несанкционированного копирования можно классифицировать в зависимости от вида защищаемой информации (рис.1.3).

Защита аудиоинформации от несанкционированного копирования в основном осуществляется путем использования специализированных протоколов обмена данными между источником и проигрывающим устройством [5].

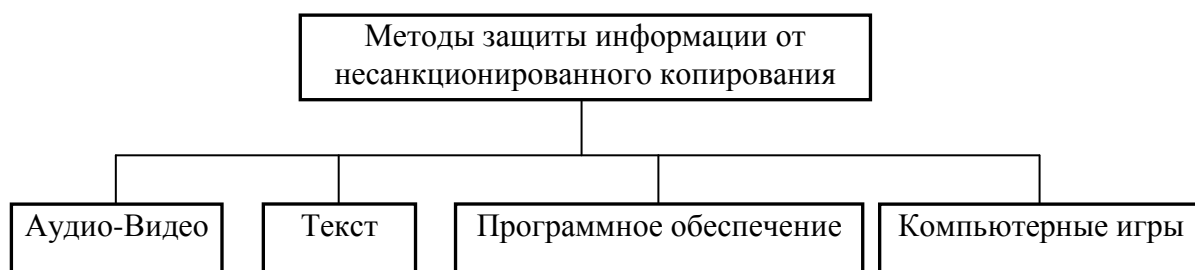


Рис.1.3. Классификация методов защиты информации от несанкционированного копирования в зависимости от вида информации

В результате чего, прослушивание аудиоинформации возможно только на указанных ее владельцем устройствах, а копирование только с использованием его специального программного обеспечения.

Защита видеоинформации и электронных текстовых данных от несанкционированного копирования осуществляется в основном с помощью криптографических методов.

Защита программного обеспечения и компьютерных игр от несанкционированного копирования подразумевает наличие лицензии на приложение или его отдельные алгоритмы. Различают методы защиты информации от несанкционированного копирования, содержащейся на магнитных, оптических и полупроводниковых носителях информации (рис.1.4).

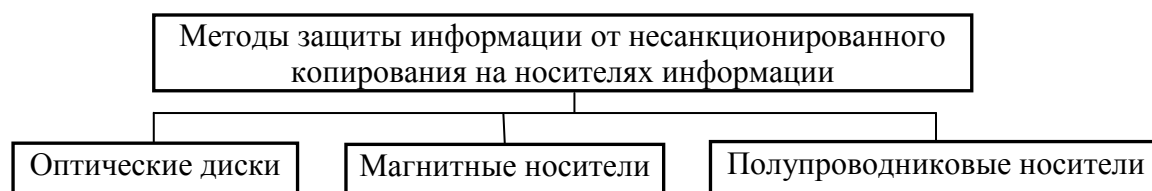


Рис.1.4. Методы защиты информации от несанкционированного копирования в зависимости от типа электронного носителя информации

Для каждого конкретного типа электронных носителей существует множество технологий защиты от несанкционированного копирования, основанных на применении программных и программно-аппаратных средств защиты.

Следует отметить, что независимо от признака классификации самыми эффективными методами защиты информации от несанкционированного копирования являются криптографические. Однако в этом случае типичной является ситуация, когда для использования защищенной информации

правомерный обладатель должен иметь кроме самой информации и ключ к ней, что сводит к нулю всю защиту от несанкционированного копирования. Поэтому криптографические методы защиты информации от несанкционированного копирования предполагают скрытие от пользователя используемого ключа шифрования, что на сегодняшний момент времени осуществлять достаточно надежно нельзя, поскольку применяемые устройства воспроизведения являются достаточно универсальными и могут находиться под полным контролем пользователей.

### Список литературы

1. Варлатая С.К. Программно-аппаратная защита информации: учеб. Пособие /С.К. Варлатая, М.В. Шаханова. — Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007.
2. Панов А.С. Реверсинг и защита программ от взлома / А.С. Проскурин. — СПб.: БХВ- Петербург, 2006. — 256 с.: ил.
3. Буинцев Д.Н. Метод защиты программных средств на основе запутывающих преобразований: дис.канд. техн. наук: 05.13.19 / Д.Н. Буинцев. - Томск, 2006. - С.121.
4. Краснопевцев А.А. Разработка автоматической защиты от несанкционированного копирования.NET приложений с использованием внешнего аппаратного модуля. //Безопасность информационных технологий 2009. №1. С.54-58
5. Краснопевцев А. А. Разработка автоматической защиты приложений и передаваемых, обрабатываемых и хранимых ими данных. //Безопасность информационных технологий 2010. № 3. С.82-85.

## РОЗРОБКА І ВИРОБНИЦТВО ВІТЧИЗНЯНОЇ АПАРАТУРИ СУПУТНИКОВОЇ НАВІГАЦІЇ

**Кривов'яз А.Т.**

Державне підприємство «Оризон-Навігація»

Досвід фахівців державного підприємства «Оризон-Навігація» – біля 40 років розробки, виробництва і впровадження в експлуатацію апаратури споживачів супутникових навігаційних систем (АС СНС) GPS/GLONASS/SBAS різного призначення: для авіаційних, морських і наземних споживачів, геодезичної зйомки, синхронізації зв'язку та ін.

Роботи з напрямку супутникової навігації почалися на Смілянському радіо-приладному заводі з 1979 р.

ДП «Оризон-Навігація» засновано наприкінці березня 1995 року і в наступному році буде святкувати своє 25-річчя.

На наш час в номенклатуру виробів підприємства входять прилади наземного, авіаційного і морського призначення, які забезпечують прийом існуючих систем GPS/ГЛОНАСС/SBAS. На підприємстві серійно виготовляються комплекти апаратури для військових і цивільних застосувань.

Встановлення супутникової навігаційної апаратури на об'єкти техніки суттєво покращує їх конкурентоспроможність для вітчизняних та закордонних замовників.

На підприємстві є технічна база та кваліфіковані кадри для створення сучасного радіоелектронного обладнання.

Сьогодні підприємство «Оризон-Навігація» входить до складу концерну «Укроборонпром» і є партнером Міністерства оборони України, ДП «Антонов», КБ «Південне», ХКБМ, КБ «Луч», КБ «Арсенал», цивільних і військових авіа-ремонтних заводів, бронетанкових заводів, провідних наукових цивільних і військових установ (НАУ, НТУУ «КПІ», «ХАІ»,

ХНУРЕ, Національна Академія сухопутних військ, ХНУПС, ЦНДІ ОВТ, ДНДІ Авіації, ДНДІ ВС ОВТ та ін.).

Підприємство представляє єдиний науково-технічний комплекс чисельністю близько 250 працівників, у складі якого є служби Головного конструктора і Головного технолога, заготівельне виробництво, складально-монтажне виробництво, служби збуту і постачання, економічна служба, служби якості, маркетингу та ін.

Основою навігаційної апаратури є приймачі сигналів систем GPS/ГЛОНАСС/SBAS і модулі навігаційної апаратури, які виготовляються на підприємстві.

На замовлення Збройних Сил України розроблена, введена в серійне виробництво та постачається для потреб Повітряних Сил апаратура СН-3307 трьох модифікацій (Су-25, МіГ-29 і Су-27). На цей час підприємством проводиться модернізація апаратури СН-3307 до рівня СН-3307М з використанням напрацювань роботи зі створення інформаційно-навігаційних комплексів.

Для потреб Повітряних Сил ЗС України виконуються проекти зі створення нових сучасних інформаційно-навігаційних комплексів - СН-4307, СН-4308 та ін.

Підприємством також виробляється апаратура для цивільної авіації - СН-4312 і БПСН-2.

На підприємстві в ініціативному порядку розроблена вітчизняна апаратура СН-4312У і апаратура СН-4314 «Електронний пілотажний індикатор» (для заміни існуючих електро - механічних індикаторів).

Апаратура СН-4312У використовується при модернізації вертольотів Мі-2 і Мі-8, літаків Ан-26.

ДП «Оризон-Навігація» велику увагу приділяє апаратурі наземного призначення. Це обладнання використовується підрозділами Сухопутних військ, зокрема в ракетних військах і артилерії.

На підприємстві проведено цілий ряд ДКР, в межах яких створено та поставлено на постачання ЗС України сучасні засоби навігаційно - інформаційного забезпечення для наземних об'єктів, а саме комплект навігаційної апаратури СН-3003М «Базальт», навігаційний комплекс СН-3210 «Базальт-К», автоматизований комплекс розвідки СН-4003 «Базальт-ЛПР».

В ініціативному порядку на підприємстві розроблені нові прилади наземного призначення СН-4215 для спеціальних використання, які на цей час вже виготовляються серійно.

Апаратура СН-4215 пройшла необхідні випробування у складі броньованого автомобіля. При проведенні цих випробувань фахівці перевіряли тактико-технічні характеристики СН-4215 як у складі автомобіля, так і в заводських умовах на підприємстві «Оризон-Навігація» (кліматичні, механічні та інші спеціальні випробування).

При встановленні СН-4215 і СН-3003М разом з радіостанціями реалізується система контролю, передачі інформації і керування. Монтаж вказаних виробів забезпечить покращення бойових властивостей об'єктів за рахунок широкого застосування електронної картографії і зменшення часу визначення своїх координат на марші та вогневих позиціях. Ці прилади, у об'єднанні зі штатними радіостанціями, можуть бути використані в інформаційно – навігаційних системах військових підрозділів тактичної ланки.

На підприємстві серійно виготовляється апаратура СН-3101М морського призначення.

Всім зацікавленим установам запропоновано проведення спільних досліджень з метою підвищення ефективності ОВТ за рахунок використанням обладнання, яке розробляється та виготовляється в ДП «Оризон-Навігація».

## АВТОНОМНА СИСТЕМА ВИМІРУ ДАЛЬНОСТІ З ПЕРЕДАЧЕЮ ДАНИХ

**Палагін В.В., Зорін О.С., Тимченко В.В., Іванець О.М., Пашков М.В.**

Черкаський державний технологічний університет

Черкаси, бул. Шевченка, 460, тел.:(0472) 51157

E-mail: palahin@ukr.net

Однією із важливих задач при експлуатації багатьох технічних систем та комплексів є вимірювання дальності до об'єктів. На практиці при реалізації різноманітних систем широко використовуються імпульсний, частотний та фазовий методи вимірювання. Застосування традиційний підходів при побудові систем даного класу має ряд обмежень, які пов'язані з зі складністю реалізації, недостатньою точністю, неможливістю автоматизації процесу вимірювання та збереження даних в електронному виді. Тому розробка системи, яка надає можливість автоматизованого одночасного вимірювання дальності до багатьох об'єктів з високою точністю (десятки мм) та можливістю відображення на веб-ресурсах користувача є актуальною.

Запропонована система ґрунтується на застосуванні фазового методу вимірювання, який передбачає наявність базової станції та радіомаркерів, до яких вимірюється дальність, і пов'язані між собою радіоканалом. Радіосигнал, який випромінює базова станція, приймають і ретранслюють в зворотну сторону радіомаркери, що супроводжується певною затримкою сигналу. Така затримка пропорційна відстані від базової станції до об'єктів, що надає можливість провести її точно вимірювання. Отримані дані передаються по GSM каналу на веб-ресурс користувача для подальшої візуалізації, обробки та збереження.

На основі проведених досліджень, побудови моделі взаємодії базової станції та радіомаркерів (об'єктів) представлено рішення запропонованої системи з подальшим виготовленням діючого зразка.

Представлений комплекс може знайти своє застосування в різноманітних системах вимірювання, до яких висуваються високі вимоги по точності, оперативності і мобільності обробки даних.

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ У СФЕРАХ БЕЗПЕКИ ТА ОБРОБКИ ВІЗУАЛЬНИХ ДАНИХ

Палагін В.В., Зорін О.С., Тимченко В.В., Палагіна О.А.

Черкаський державний технологічний університет

Черкаси, бул. Шевченка, 460, тел.:(0472) 51157, E-mail: palahin@ukr.net

Активний розвиток інформаційних технологій призводить до можливості практичної реалізації технічних розумних (*Smart*) систем, які наділені штучним інтелектом (*Artificial intelligence, AI*), реалізують машинне навчання (*Machine Learning, ML*) і мають можливість обробляти великі об'єми даних без активної участі людини [1]. Одним із прикладів систем цього класу є технічні комплекси, які реалізують «комп'ютерний зір» для застосування в системах розпізнавання, ідентифікації, виявлення, виділення на зображеннях структур певного виду, сегментації зображень та ін. [2]. Створені комплекси на базі «комп'ютерного зору» успішно використовуються для ідентифікації обличчя у системах безпеки та контролю, ідентифікації автомобільного номеру та порівняння його з базою даних, розпізнаванні тексту, біометрії, аналізу супутникових зображень, управлінні автомобілем і т.п. [3] [4].

Існує велика кількість різноманітних методів і алгоритмів роботи систем комп'ютерного зору, які базуються на обрахунку пікселів, бінаризації, сегментації, оптичному розпізнаванні символів, виявленні границь об'єктів, зіставленні отриманих даних з початковими заданими шаблонами та ін. Такі підходи досягли певних успіхів у застосуванні, однак характеризуються певними труднощами щодо практичної реалізації при заданих обмеженнях на їх складність і ресурсоємність.

Останнім часом для практичної реалізації машинних алгоритмів активно використовуються компактні комп'ютерні платформи *Raspberry Pi*, які характеризуються достатніми потужностями для розв'язання



різноманітних задач і є достатньо мобільними системами, щоб знайти своє застосування для реалізації систем доступу, контролю, управління різнорізними робототехнічними платформами і обробки візуальних даних.

На базі одноплатного комп'ютера *Raspberry Pi 3 Model B* та користуючись можливостями бібліотеки *OpenCV (Open Source Computer Vision Library)* [5], одним із спеціальних методів обробки даних (*Haar cascades, Tesseract OCR*) пропонується ергономічна технічна система, яка дозволяє забезпечити високу безпеку об'єктів, спираючись на ідентифікацію облич людей, номерів машин і т.п.

Такі рішення можуть знайти своє широке застосування в сучасних та надійних системах безпеки, які функціонують віддалено, автономно, мають характеризуватися малими габаритними розмірами, економним споживанням електроенергії, можливостями оперативної обробки даних та їх передачі на «хмаринковий» сервіс для зберігання та візуального відображення.

### Література

1. Computer vision, a technology that looks into the future: <http://innovacion.uas.edu.mx/computer-vision-a-technology-that-looks-into-the-future/?lang=en>
2. A Real-Time Mobile Vehicle License Plate Detection and Recognition : <http://www2.tku.edu.tw/~tkjse/13-4/09-IE9722.pdf>
3. Algorithmic and mathematical principles of automatic number plate recognition systems: <http://javaanpr.sourceforge.net/anpr.pdf>
4. Real-time face recognition based on pre-identification and multi-scale classification: [https://www.labxing.com/files/lab\\_publications/4958-1556261134-j8CEd1p2.pdf](https://www.labxing.com/files/lab_publications/4958-1556261134-j8CEd1p2.pdf)
5. OpenCV(Open Source Computer Vision Library): <https://opencv.org/>

## АВТОНОМНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ З ПЕРЕДАЧОЮ ДАНИХ ПО РАДІОКАНАЛУ

Палагін В.В., Смірнов Д.О.

Черкаський державний технологічний університет

Черкаси, бул. Шевченка, 460, тел.:(0472) 51157, E-mail: palahin@ukr.net

Розробка сучасних цифрових автоматизованих систем моніторингу і контролю параметрів навколишнього середовища з можливістю безпроводної передачі даних і подальшою їх обробкою і візуалізацією знаходить великий інтерес у потенційних замовників, оскільки надає широкі можливості автономної роботи системи, повної автоматизації збору та обробки даних і не залежить від впливу людського фактору на якість отриманих результатів.

Розробка цифрової системи вимірювання вологості ґрунту для передачі і обробки даних в реальному часі викликає великий інтерес в різноманітних агрофірмах і агрокомплексах і відноситься до сучасних систем автономного віддаленого контролю (*remote control*), що надає додаткові можливості щодо створення системи контролю і прогнозування для реалізації комплексних іригаційних систем в Україні в умовах постійного потепління і збільшення засушливих територій. Впровадження даної системи створює є підґрунтям розробки системи автоматизації збору і обробки даних про навколишнє середовище, яка базується на впровадженні сучасних інформаційно-телекомунікаційних технологій, зокрема відомих як *Internet of Things (IoT)* (Інтернет речей).

На основі проведених досліджень, розробки моделей взаємодії базового зразка системи і віддаленого серверу прийому даних, розроблений діючий макет, який є унікальним в заданому класі систем вимірювання і передачі даних. В роботі запропоновані рішення, які дозволили розробити автономну систему контролю вологості ґрунту з можливістю безпроводної передачі даних по GSM каналу і їх візуалізацією в реальному часі на веб-ресурсі користувача для подальшого аналізу і прийняття рішень.

**ЧИСЛИННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИПЕРЛИНЗЫ****Романенко С.Н., Тверденко А.В.**

Национальный университет «Запорожская политехника»

69063, Запорожье, ул. Жуковского 64, тел. (061) 7698491

E-mail: lzrs@mail.zp.ua

В современном мире метаматериалами называют искусственно созданные материалы, которые обладают уникальными электромагнитными свойствами, не наблюдаемыми в природе. Множество исследований этих материалов позволило выявить такие их свойства, как обратный эффект Доплера, магнетизм в оптике, отрицательный коэффициент преломления.

Особого внимания заслуживают гиперболические метаматериалы представляющие собой структуры, которые обладают рядом интересных свойств: огромным усилением спонтанного излучения, расходящейся плотностью состояний, особыми свойствами отрицательного преломления, увеличением субволновых объектов и др.

Пожалуй, самым интересным применением гиперболических метаматериалов являются гиперлинзы (устройства, которые способны преобразовывать как распространяющиеся, так и затухающиеся волны ближнего поля в изображение в дальнем поле, которое может быть обработано обычными оптическими приборами).

В современных условиях получение широкополосных свойств гиперлинзы исследуется многими учеными [1-3].. Одно с наиболее интересных исследований, посвященное этому направлению принадлежит Weibin Zhang [1]. Он показал, что для создания гиперлинзы возможно использование метаматериалов с различными комбинациями отрицательных и положительных значений  $\mu$  и  $\epsilon$ . На основе его исследования в нашей работе произведено численное моделирование.

Учитывая естественное геометрическое свойство полуцилиндрических гиперлинз, при падении волны на внешнюю границу

гиперлинзы волна распространяется к ее центру, увеличивая пройденное расстояние. Поскольку увеличение расстояния между границами зависит от отношения внутреннего радиуса к внешнему радиусу, то при увеличении этого соотношения растет и эффект разрешения.

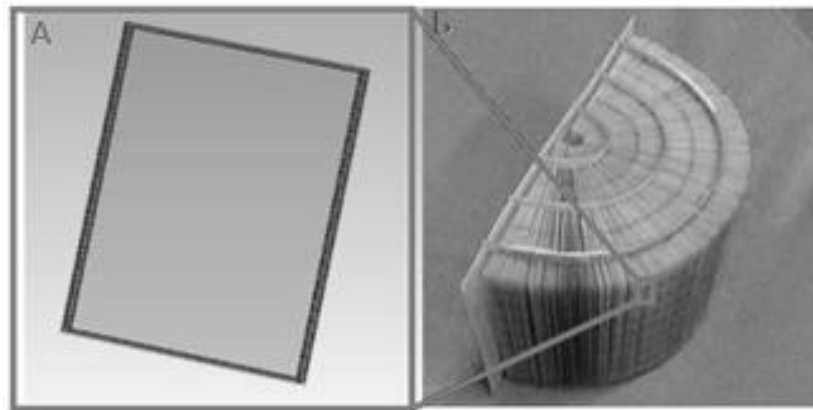
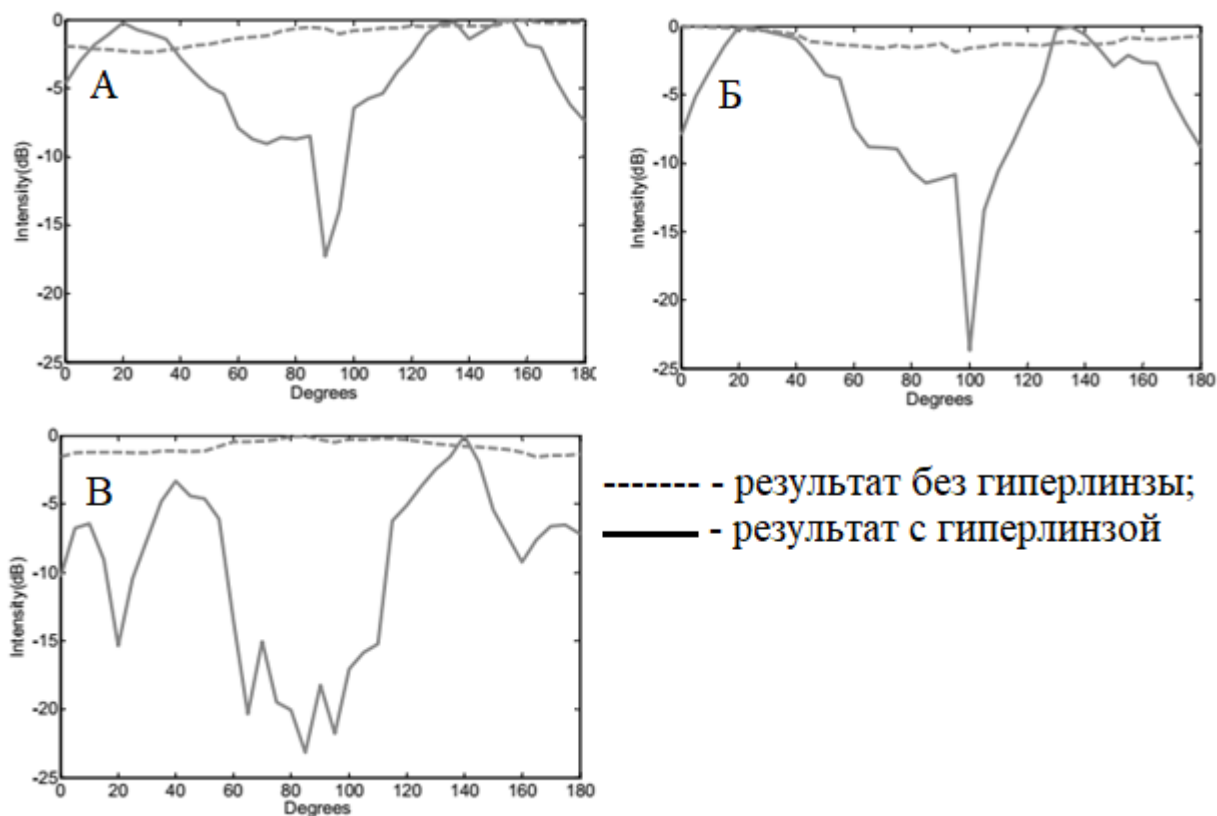


Рис.3. Ячейка замкнутое кольцо(а). прототип гиперлинзы(б)

При проведении численного моделирования был использован метаматериал с замкнутым кольцом (рис.3(а)). Размер печатной платы выполнен из стекловолокна FR4 и составляет 20 мм × 20 мм × 0,5 мм. Конструкция с замкнутым кольцом представляет собой слой меди 19,6 мм × 19,6 мм с шириной 0,2 мм и толщиной 0,035 мм.

Значение магнитной проницаемости равно  $\mu_p=1$ ,  $\mu_\phi=0.1$ . Значение диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  варьирует от 30 до 200 в диапазоне частот от 0,5 до 1,8 ГГц. На рис. 3(б) показан прототип гиперлинзы. Внутренний и внешний радиусы составляют 10 мм и 130 мм соответственно.

Рис.4. Коэффициент отражения  $S_{21}$ 

На рис. 4 подитожино результаты численного моделирования гиперлинзы, на частотах 0,66 ГГц (рис.4(а)), 1,5 ГГц (рис.4(б)) и 1,8 ГГц (рис.4(в)), в которой представленная конструкция может эффективно различать два источника.

### Література

1. Weibin Zhang, Subwavelength imaging in a cylindrical hyperlens based on S-string resonators / Weibin Zhang, Hongsheng Chen, Herbert O. Moser. Applied Physics Letters 98, 073501 (2011); doi: 10.1063/1.3555339
2. V.G. Veselago The Electrodynamics of Substances with Simultaneously Negative Values of  $\epsilon$  and  $\mu$  // Sov. Phys. Usp. 1968. vol. 10, P. 509.
3. J.B. Pendry Negative Refraction Makes a Perfect Lens // Phys. Rev. Lett. 2000. vol. 85. P. 3966.

## ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РЕСУРСУ ДРОТЯНИХ ПОТЕНЦІОМЕТРІВ З НУЛЬОВОЮ ТОЧКОЮ

Ситник О.О., Кисельова Г.О., Кисельов В.Б.

Черкаський державний технологічний університет  
18000, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. (068) 3912195

E-mail: annakys.777@gmail.com

У дротяних потенціометрів допустима величина зносу визначається в першу чергу механічною міцністю дроту, яка визначається за допустимим внутрішнім напруженням, що виникає за рахунок різниці коефіцієнтів лінійного розширення обмотки і каркасу при заданому діапазоні зміни температур [1]. Крім цього, при щільному намотуванні і малих міжвиткових відстанях в процесі тертя можуть накопичуватися продукти зносу, що призводять до закорочування окремих витків [2].

Якщо при переміщенні струмознімача в момент комутації закорочується тільки один виток, то кутова роздільна здатність  $\delta\varphi$  буде величиною постійною по всій довжині намотування і рівною:

$$\delta\varphi = \frac{\varphi_n}{n} = \delta_e \cdot \varphi_n,$$

де  $\delta_e$  – електрична роздільна здатність;  $\varphi_n$  – номінальний кут (або довжина) намотування;  $n$  – кількість витків обмотки.

При наявності зносу, коли контакт струмознімача закорочує  $k$  витків, кутова роздільна здатність на крайніх ділянках обмотки змінює своє значення до величини  $\frac{1}{2} \cdot k \cdot \delta\varphi$ . При цьому електрична роздільна здатність

потенціометра без природної нульової точки на ділянках  $\varphi_1 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \delta\varphi$  та

$\varphi_2 = \varphi_n - \frac{1}{2} \cdot k \cdot \delta\varphi$  дорівнюватиме нулю, а на проміжному змінить своє

значення з  $\delta_e = \frac{1}{n}$  до  $\delta_e = \frac{1}{n-k}$ . На рис. 1 пряма 1 представляє випадок зміни

напруги при точковому контактуванні, а пряма 2 – для випадку наявності  $k$  замкнутих витків під контактом.

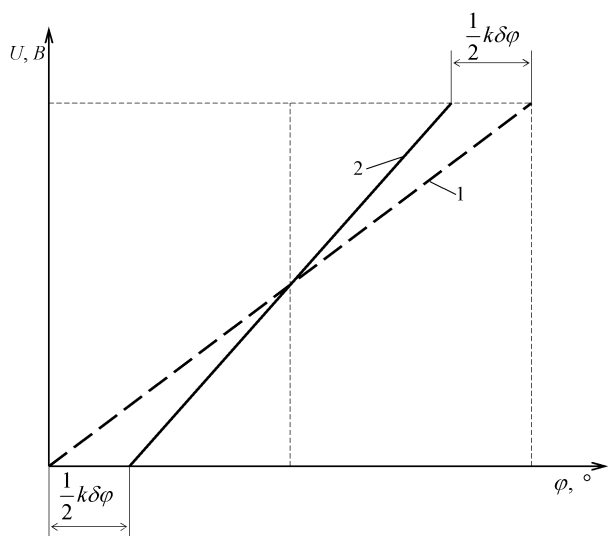


Рисунок 1 – Залежність зміни вихідної напруги потенціометра з штучною нульовою точкою при закорочуванні  $k$  витків обмотки

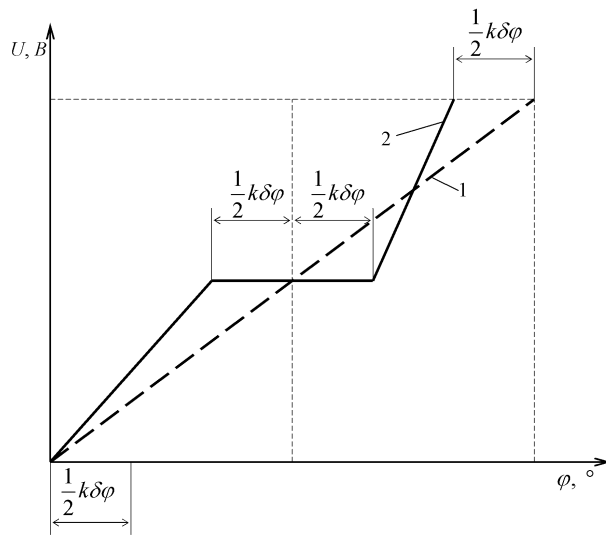


Рисунок 2 – Залежність зміни вихідної напруги потенціометра з природною нульовою точкою при закорочуванні  $k$  витків обмотки

У потенціометрів з природною нульовою точкою з'являються додаткові зони нечутливості і поблизу нуля. На рис. 2 пряма 1 залежності  $u = f(\varphi)$  при точковому контактуванні залишиться незмінною, а при наявності  $k$  замкнутих контактом витків на прямій 2 з'явиться додатковий перегин.

В цьому випадку для точкового контакту електрична роздільна здатність залишиться незмінною  $\delta_e = \frac{1}{n}$ , а при наявності  $k$  замкнутих витків стане

рівною  $\delta_e = \frac{1}{n - 2 \cdot k}$ . Внаслідок зносу контакту відбувається зміщення точок

початку і кінця контактування, що призводить до появи гістерезисної петлі

шириною  $\pm \frac{1}{2} \cdot k \cdot \delta\varphi$ .

Гранична величина зносу контакту в цьому випадку буде визначатися величиною допустимої зони нечутливості системи і величиною кутової роздільної здатності потенціометра.

У потенціометрів, що працюють в схемах стеження з природною нульовою точкою, допустима величина зносу контакту може бути ланкою обмежуючою технічний ресурс всього потенціометра. У той же час для інших потенціометрів зі штучною нульовою точкою слабкою ланкою є знос обмотки.

З метою підвищення технічного ресурсу потенціометрів при заданій точності і допустимій величині зносу контакту необхідно забезпечити оптимальну геометрію контакту.

### Література

1. Дубровский В.В. Резисторы: справочник / Дубровский В.В., Иванов Д.М., Пратусевич Н.Я. и др.; под общ. ред. И.И. Четверткова, В.М. Терехова. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1991. – 528 с.
2. Фролова Н.А., Швед О.В., Румбешта В.О. Аналіз точності роботи функціональних потенціометрів. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2009. № 6. С. 100–103.



## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБКИ МОДУЛЯТОРА ЗАВАДО-ПОДІБНИХ СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА

**Чепинога А.В., Усик А.С.**

Черкаський державний технологічний університет  
18000, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. (0472) 730261

E-mail: a.chepynoha@chdtu.edu.ua

Навряд чи можна уявити сучасність без використання різноманітних радіоелектронних пристроїв, які покликані забезпечити різні потреби як окремих індивідуумів так і суспільства в цілому. Але одним із недоліків або можна сказати побічним продуктом переважної більшості радіоелектронних пристроїв є випромінення електромагнітних хвиль, які звичайно впливають як на живі організми так і на інші пристрої. З іншої сторони постає питання чи можливо цю енергію акумулювати та використовувати повторно. Але оскільки в усьому діапазоні частот такий пристрій навряд чи можна реалізувати, то ведуться дослідження для отримання і накопичення енергії з певних діапазонів, які найбільш засмічені на даний час [3].

Проте необхідно розуміти, що чим вище смуга частот радіохвиль, тим меншої потужності. Тож одним із досить нових напрямків, що переслідують таку мету, є розробка пристроїв, які крім використання енергії зовнішнього поля для живлення не генерують ніяких власних сигналів, а використовують в якості несучих коливань прийняті сигнали інших електромагнітних коливань. Зазвичай їх називають фоновими передавачами або ж модуляторами завадо-подібних сигналів. Таким чином розробка і дослідження теоретичних методів проектування та практичних способів побудови фонових передавачів має в даний час більш ніж актуальний характер [4].

Метою роботи є дослідження перспективних напрямків розробки модуляторів завадо-подібних сигналів на основі мікроконтролера.

В даній роботі було проведено аналіз структур модулів збору енергії. Як аналог систем модуляторів завадоподібних сигналів було також проаналізовано структуру автономного безпроводного датчика.

Показано принцип роботи модулятора завадо-подібних сигналів. Фактично сам модулятор нічого не генерує. Він приймає стороннє фонове випромінювання від певного джерела, наприклад, радіо, цифрове телебачення, мобільний зв'язок, Wi-Fi сигнали, модулює сигнал шляхом зміни антенного опору і відправляє адресату – такому ж самому модулятору, який, дешифрує заголовок і якщо повідомлення для нього – дешифрує повідомлення повністю. Будь-який з цих модулів може працювати аналогічно як передавачем так і приймачем [5].

Проаналізовано блок-схеми фонового модулятора, які можуть бути використані для реалізації реального передавача. В них входить харвестер – збирач енергії, приймач, мікроконтролер, засоби керування та передавач відповідного типу модуляції. Згідно проаналізованих джерел в модуляторі завадо-подібних сигналів доцільно застосувати квадратурну модуляцію – QPSK.

Як висновок, можна сказати, що модулятор завадо-подібних сигналів – це нове рішення проблем зв'язку, при якому пристрої можуть спілкуватися без випромінювання радіосигналів і без відображення спеціального сигналу. Він позбавляє від необхідності мати спеціальну інфраструктуру передачі енергії і таким чином відкриває нову форму всюди доступному зв'язку з раніше недосяжним охопленням і масштабом.

### Література

3. Manuel Pinuela, Paul D. Mitcheson, Stepan Lucyszyn. Ambient RF Energy Harvesting in Urban and Semi-Urban Environments. – IEEE Transactions on microwave theory and techniques, vol. 61, no. 7, july 2013.

4. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – 2 изд. – М.: «Вильямс», 2007. – с. 1104.

5. H. Jayakumar, K. Lee, W. S. Lee, A. Raha, Y. Kim, and V. Raghunathan, “Powering the Internet of Things,” in Proc. ISLPED’10, La Jolla, California, USA, Aug. 2014, pp. 375–380.

# Комп'ютерне моделювання

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШИРЕННЯ ДЕКАМЕТРОВИХ ХВИЛЬ В ІОНОСФЕРІ

**Гавриш О.С., к.ф.-м.н., Багрій М.О.**

Черкаський державний технологічний університет,  
18006, Черкаси, бул. Шевченко, 460, тел. (0472) 511570

E-mail: notgeld@ukr.net

Для ефективного проведення зв'язків радіоаматор повинен знати особливості поширення радіохвиль різних діапазонів, які залежать від сезону, часу доби, кута випромінювання і т.і. [1]. Набути знання з цих питань можна або безпосередньо при роботі в ефірі, або ж на підставі теоретичної підготовки. Для якісного закріплення теоретичних знань актуальною задачею є забезпечення наочного комп'ютерного експерименту [2], в якому моделюється поширення хвиль радіоаматорського діапазону.

Розглянуто основні напрями радіоаматорського хобі та частоти, що виділено радіоаматорам в КХ діапазоні для проведення зв'язків. Кожному діапазону хвиль властиві характерні особливості поширення, які зафіксовані на практиці, і можуть бути повторені за допомогою моделювання.

При моделюванні розповсюдження хвиль радіоаматорського КХ діапазону враховується вплив іоносфери, що обумовлює рикошетний механізм поширення хвиль. Модернізовано віртуальний стенд для моделювання поширення хвиль радіоаматорських діапазонів в середовищі LabVIEW. Стенд містить дві вкладки. На першій вкладці аналізується стан іоносфери, який помітно залежить від часу доби та сезону. На другій вкладці можна спостерігати траєкторію хвилі в іоносфері для різних варіантів її стану [2].

Для різних сполучень (час доби)/сезон/частота, для фіксованого кута випромінювання, визначено максимальну дальність поширення іоносферної хвилі. На низьких частотах дальність зв'язку вдень помітно менша ніж вночі,

проте з ростом частоти довжина радіотраси практично не залежить від часу доби.

Отримані результати вимірювань критичного значення кута випромінення хвилі для різних діапазонів радіоаматорського зв'язку. Показано, що з ростом частоти критичний кут зменшується.

Визначено зони мовчання для різних діапазонів радіоаматорського зв'язку. Для цього змінювався кут випромінення, і відстежувалося при якому з кутів траєкторія матиме мінімальну відстань по вісі Ох. З ростом частоти розмір зони мовчання помітно збільшується незалежно від сезону чи часу доби.

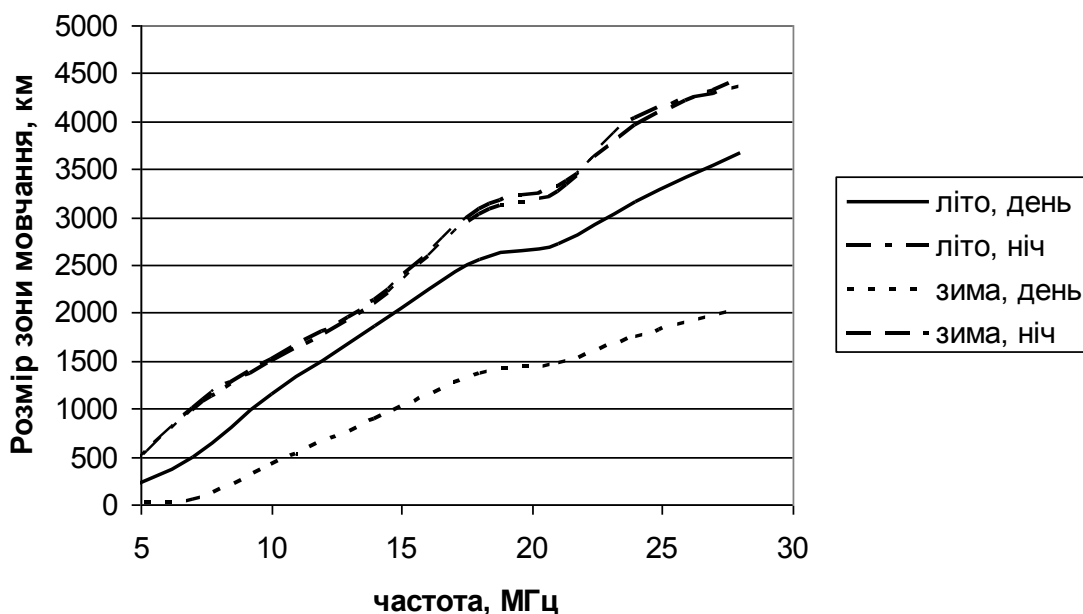


Рисунок 1 – Залежність розміру зони мовчання від частоти

### Література

1. Вербицкий Л. И., Вербицкий М. Л. Настольная книга радиолюбителя-коротковолновика. — СПб.: Наука и Техника, 2012, - 400 с.
2. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW. — М.: ДМК Пресс, 2007. — 400 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ХВИЛЬ В ПРЯМОКУТНОМУ ХВИЛЕВОДІ ЗАСОБАМИ СЕРЕДОВИЩА LABVIEW

Гавриш О.С., к.ф.-м.н., Межерецький В.О., Багрій М.О.

Черкаський державний технологічний університет,  
18006, Черкаси, бул. Шевченко, 460, тел. (0472) 511570

E-mail: notgeld@ukr.net

Режим роботи лінії передачі характеризується рядом параметрів, які в процесі її експлуатації підлягають контролю і підтримуються в певних межах шляхом передбачених регулювань. Для дослідження хвиль в прямокутному хвилеводі в учбових цілях часто цілком достатньо імітаційної комп'ютерної моделі, яка може замінити цілий арсенал кошовної апаратури. Тому створення віртуального стенду в середовищі LabView [1] і дослідження за його допомогою параметрів прямокутного хвилеводу є актуальною задачею.

В роботі синтезовано віртуальний стенд в середовищі LabView, який дозволяє по заданим вхідним параметрам розраховувати вихідні для хвиль Е і Н типів з довільним сполученням індексів. Як вхідні параметри використовуються такі: «індекс  $m$ », «індекси  $n$ », «Ширина хвилеводу  $a$ , мм», «Висота хвилеводу  $b$ , мм», «Робоча частота, ГГц», «Довжина хвилеводу, см», «Коефіцієнт згасання, дБ/м», «Вхідна потужність, Вт». Розрахунки можуть проводитись для двох типів хвиль: електричних Е і магнітних Н. Вихідними параметрами стенду є: «Критична довжина хвилі, мм», «Критична частота, ГГц», «Довжина хвилі в хвилеводі, мм», «Відносна фазова швидкість», «Втрати в хвилеводі, дБ», «Коефіцієнт корисної дії, %», «Характеристичний опір, Ом», «Коефіцієнт відбиття», «Вихідна потужність, Вт», «Потужність втрат, Вт» [2].

При виборі робочої частоти слід враховувати, що її значення обов'язково повинно бути більшим за значення критичної частоти, яка по суті є конструктивним параметром хвилеводу, оскільки залежить від геометричних розмірів його поперечного перерізу. Відносна фазова швидкість представляє відношення фазової швидкості до швидкості хвилі і для хвиль Е і Н типів завжди більше 1. Чим ближче робоча частота до

критичної тим більше відносна фазова швидкість відрізняється від 1. Фазова швидкість більше швидкості світла, оскільки вона характеризує швидкість переміщення геометричного поняття, а не матеріального. Внаслідок існування дисперсії в хвилеводі довжина хвилі в хвилеводі збільшується порівняно з вільним простором. Також є можливість розрахувати значення характеристичного опору хвилеводу, яке може використовуватися для правильного використання хвилеводу з відкритим кінцем в якості випромінюючої структури (антени). Якщо робоча частота близька до критичної, то характеристичний опір хвилеводу значно відрізняється від характеристичного опору вакууму (377 Ом), а при значній відмінності частот значення характеристичного опору хвилеводу прямує до величини 377 Ом, а саме, при поширенні хвиль Н типу зменшується, а при поширенні хвиль Е типу – збільшується.

В роботі отримано результати залежності пробивної потужності, відносної фазової швидкості, характеристичного опору та коефіцієнта відбиття від частоти сигналу в хвилеводі R100 при поширенні хвилі  $H_{10}$  і в хвилеводі R32 при поширенні хвилі  $E_{11}$ . Також досліджено залежність втрат від довжини хвилеводу і к.к.д. від постійної згасання.

Синтезований віртуальний стенд є зручним інструментальним засобом для дослідження параметрів і характеристик прямокутного хвилеводу і при використанні його в учбовому процесі сприятиме покращенню розуміння фізичних процесів, що відбуваються при поширенні хвиль Е і Н типів в хвилеводі.

### Література

1. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 400 с.
2. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Електродинаміка та розповсюдження радіохвиль» для студентів спеціальності 6.050901 “Радіотехніка” / Укл. Гавриш О.С. – Черкаси: ЧДТУ, 2015. – 38 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ГІБРИДНОЇ АНТЕНИ QUAGI

Гавриш О.С., к.ф.-м.н., Хаба О.І., Багрій М.О.

Черкаський державний технологічний університет,  
18006, Черкаси, бул. Шевченко, 460, тел. (0472) 511570

E-mail: notgeld@ukr.net

У діапазонах КХ і УКХ широке застосування знайшли антени, що складаються з багатьох елементів, так звані антени Уда-Ягі (винайдені у 1926 році), які характеризуються гарними направленими властивостями. Також гарно себе зарекомендував клас антен Quad, або у вітчизняній літературі – квадрати. Вони використовуються і як самостійні антени і як складова частина більш складних антен [1].

Антенна Quagi - це модернізація відомої антени Уда-Ягі, в якій відбивач і вібратор виконані як квадрати, а не як лінійні елементи. Назва Quagi - це просте стискання літер з Quad і Yagi [2].

Резонансний характер антени Quagi накладає певні обмеження і складності при проектуванні, оскільки характеристики антени чутливі як до геометричних розмірів самих елементів антени так і до відстаней між ними [2]. Для аналізу і синтезу дротових антен розроблено достатньо велику кількість спеціалізованих програми, серед яких виділяється програма GAL-ANA [1]. Таким чином, моделювання модифікованої антени Уда-Ягі УКХ діапазону в сучасній програмі моделювання антен та дослідження її параметрів і характеристик є актуальною задачею.

В даній роботі досліджувалися антени Quagi, що працюють на частотах 432 МГц і 145 МГц [3]. На відміну від класичної антени Quagi, запропонованої Wayne E Overbeck K6YNB в 1972 році, яка має квадратні рефлектор і вібратор, досліджувані антени мають лише квадратний рефлектор, а вібратор – лінійний елемент. При цьому орієнтація рефлектора в просторі також впливає на параметри антени. Для того, щоб побачити саме вплив рамкового рефлектора, розглянуто одну і ту ж антену, але з різними рефлекторами. Як антена-прототип розглядається дев'ятиелементна антена Уда-Ягі, що працює на частоті 432 МГц, з довжиною траверси  $2,26\lambda$  [1]. Вона оптимізована по значенню F/V, яке досягає максимального значення 29 дБ. В антені-прототипі замінено дипольний рефлектор на дротяний квадрат, тобто зроблено модернізацію і кінцевий варіант отримав назву Quagi.

Розраховано параметри антени і її діаграма направленості для вільного простору. Підсилення майже не змінилося (ті ж 14 дБі). Максимальне F/V виросло до 36 дБ. КСХ (коефіцієнт стоячої хвилі) антени дорівнює 1,09, тому



додаткове узгодження не потрібне. Також наведені результати моделювання антени з врахуванням впливу землі при висоті підйому 1,5 м. Зенітна діаграма направленості має флюктуючий характер. Це відбувається тому, що відбита від землі хвиля зазнає додатковий фазовий зсув, що залежить від пройденого нею шляху. Підсилення антени з врахуванням впливу землі становить 19,59 dBi, що на 5,46 dBi краще порівняно з вільним простором. КСХ антени також майже не змінився і становить 1,12.

Якщо повернути квадратний рефлектор на  $45^\circ$  відносно осі  $Ox$ , то отримаємо Quagi з квадратним ромбічним рефлектором. Отримано результати моделювання Quagi з квадратним ромбічним рефлектором для вільного простору на частоті 432 МГц. При порівнянні результатів, коли рефлектор має форму квадрата і форму ромба, можна говорити про їх майже повну тотожність. Підсилення антени становить 14,13 dBi, а КСХ дорівнює 1,09. Максимальна F/V зростає до 36,3 дБ. Таким чином, оптимальною формою рефлектора є квадратний ромб, при якому досягається максимальне значення F/V [1].

Досліджено як впливає використання рамкового вібратора на параметри антени. Вважалося, що рамковий вібратор може принести користь, підвищуючи вхідний опір. Насправді ж F/V і підсилення антени Quagi страждають від перетворення дипольного вібратора в рамковий [1]. Фізично це обумовлено тим, що антена не може точно сфокусувати випромінювання вібратора, що приводить до зростання задніх і бічних пелюсток. На випромінювання цих пелюсток марно витрачається енергія, тому крім падіння F/V (на 10 дБ) ще і підсилення знижується, приблизно на 0,53 дБ. Тому можна зробити висновок, що конструювати класичний варіант антени Quagi з рамковим вібратором не має сенсу, а доцільно використовувати лінійний вібратор, а рамковим залишиться лише рефлектор.

### Література

1. Гончаренко И.В. Антенны КВ и УКВ. Часть VI. УКВ антенны. - М.: ИП РадиоСофт, 2014.— 332 с.
2. Vinaykumar V. Angadi Comparative Analysis of Quagi and Yagi-Uda Antenna using 4NEC2 Tool // International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication. Volume: 4 Issue: 4. P. 514 – 519. – Режим доступу: [http://www.ijritcc.org/download/browse/Volume\\_4\\_Issues/April\\_16\\_Volume\\_4\\_Issue\\_4/1462338304\\_04-05-2016.pdf](http://www.ijritcc.org/download/browse/Volume_4_Issues/April_16_Volume_4_Issue_4/1462338304_04-05-2016.pdf)
3. VHF loops beams. – Режим доступу: <http://dl2kq.de/mmana/4-3-62.htm>.

## ПОНЯТТЯ ДЕЛЬТА-ФУНКЦІЇ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «СИГНАЛИ ТА ПРОЦЕСИ В РАДІОТЕХНІЦІ»

Даник В.О.

Черкаський державний технологічний університет  
18006, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. 8(0472)730261

E-mail: Danyk2014@ukr.net

У процесі вивчення такого вельми непростого предмета, як “Сигнали та процеси в радіотехніці”, студенти не раз мають змогу зустрітися з поняттям дельта-функції. І це відбувається під час ознайомлення з різними темами цього курсу, що грає дуже важливу роль у формуванні творчо мислячого, всебічно підготовленого, сучасного радіоінженера. Та і саме поняття дельта-функції є досить нелегким для розуміння і засвоєння студентською аудиторією.

Ото ж для того, щоб студенти добре засвоїли, що таке дельта-функція, і чітко розуміли, як саме вона використовується при теоретичному розгляді тих чи інших тем і, певна річ, при розв’язанні конкретних задач, слід при вивченні лекційного матеріалу курсу акцентувати їх увагу на важливих особливостях застосування дельта-функції.

Дельта-функція належить до тих понять, суть і особливості яких будуть зрозумілішими і яснішими, якщо розглядати матеріал, що належить до різних тем курсу “Сигнали та процеси в радіотехніці”, у його, так би мовити, активному взаємозв’язку. А це легше всього і найдоречніше здійснювати на практичних заняттях у процесі розв’язування різноманітних задач, під час захисту студентами лабораторних, розрахунково-графічних і курсових робіт.

Уперше студенти знайомляться з поняттям дельта-функції, вивчаючи розділ «Динамічне представлення сигналів». Уже тоді, ще тільки при визначенні того, що являє собою дельта-функція, у них є можливість побачити, наскільки цікаве і неординарне це поняття. При цьому обов’язково

слід наголосити на тому, що властивості дельта-функції можуть відтворювати і інші математичні моделі. А обрана математична модель використовується не лише для того, щоб продемонструвати оригінальність мислення, а у першу чергу з метою, щоб мати можливість розв'язувати складні проблеми найпростішими засобами, тобто на перший план виходять мотиви математичної зручності. І що все відбувається у руслі критеріїв, які використовуються при виборі математичної моделі – мають бути відтворені найважливіші особливості сигналу і це має бути здійснено якнайпростішими засобами.

Даючи визначення дельта-функції, доречно було б вказати на тісний взаємозв'язок між дельта-функцією та іншою функцією вельми важливою для розвитку радіотехніки – функцією включення або функцією Хевісайда.

Про цей взаємозв'язок слід би було сказати і при розгляді лінійних систем, зокрема розглядаючи питання про перехідну та імпульсну характеристики системи.

Після того, як було сформульовано, що ж таке дельта-функція, можна уже записати аналітично динамічне представлення сигналу за допомогою дельта-функцій. При цьому варто акцентувати увагу студентської аудиторії на фільтруючій властивості дельта-функції, що не раз активно використовуватиметься у подальшому. Зокрема при з'ясуванні питання, а якою ж є спектральна щільність дельта-функції. До речі, розглядаючи це питання, необхідно пояснити студентам, чому спектральна щільність дельта-функції має саме такий вигляд і як це можна було б трактувати.

Розглядаючи питання, пов'язані з спектральною щільністю неінтегрованих сигналів і використанням у цьому зв'язку дельта-функції, слід пояснити студентам, чому не вдається знайти у цих випадках спектральну щільність відповідних сигналів звичайними способами і чому саме дельта-функція дозволяє вирішити проблему.

Вельми цікавим і у той же час повчальним було б порівняти вигляд спектральної діаграми періодичного сигналу, одержаного за допомогою ряду

Фур'є, і спектральної щільності того ж періодичного сигналу, але одержаної уже за допомогою перетворення Фур'є. При цьому слід запитати студентську аудиторію, у чому виявляє себе схожість у даному випадку спектральної діаграми і графіка спектральної щільності і у чому полягає принципова відмінність між ними.

Наступна зустріч з дельта-функцією відбувається при розгляді питання, яким є зображення за Лапласом цього сигналу, що є вельми актуальним. Оскільки інколи значно легше знайти передаточну функцію лінійної системи, а вже потім визначати її імпульсну чи перехідну характеристику.

Даючи визначення імпульсної характеристики лінійної системи на основі використання поняття дельта-функції, необхідно звернути увагу аудиторії на той активний взаємозв'язок, що спостерігається між такими, здавалося б, віддаленими (за часом ознайомлення у процесі вивчення курсу) поняттями, як динамічне представлення сигналів за допомогою дельта-функцій та імпульсна характеристика лінійної системи.

Подібний підхід до ознайомлення з таким поняттям, як дельта-функція, у процесі вивчення курсу «Сигнали та процеси в радіотехніці», як нам здається, сприятиме більш глибокому та різнобічному засвоєнню багатьох тем цієї досить непростой, але вельми вагомий для формування нової генерації фахівців дисципліни, сприятиме більш творчому і вдумливому ставленню студентів до учбового процесу.

### Література

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: «Радио и связь», 1988 г.
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: «Советское радио», 1977 г.
3. Зиновьев А.Л., Филиппов Л.И. Введение в теорию сигналов и цепей. М.: «Высшая школа», 1975 г.
4. Андреев В.С. Теория нелинейных электрических цепей. - М.: Связь, 1972.
5. Сборник задач по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы". Под ред. И.С.Гоноровского. М.: «Радио и связь», 1989.

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОДУ РІДА-СОЛОМОНА В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB/SIMULINK

**Клопотовський П.А.**

Черкаський державний технологічний університет  
18000, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. (0472) 511570  
E-mail: p.klopotovskiy@chdtu.edu.ua

В роботі [1] було розглянуто побудову імітаційної моделі алгоритму реалізації коду Боуза - Чоудхурі – Хоквінгема (БЧХ) з використанням сучасного пакету прикладних програм Matlab/Simulink.

Окремим випадком БЧХ-кодів є коди Ріда-Соломона (РС), що відносяться до недвійкових, блокових, завадостійких кодів. Головна їх відмінність РС-кодів полягає в тому, що для них символом виступає не двійковий символ (один біт), а елемент поля Галуа (декілька біт). Це дозволяє виправляти помилки в блоках даних (наприклад, у байтах). Коди Ріда-Соломона знайшли широке застосування в цифрових системах зв'язку і збереження інформації.

Побудована імітаційна модель (рис. 1) для RS(4,15,5) - коду Ріда - Соломона, що може виправляти помилки кратністю менше або рівною п'яти та наведено результати моделювання для трьох випадків: без помилок, кратністю помилок рівна 5 та 6 (рисунки 2а, 2б та 2в відповідно).

Джерелом інформаційної послідовності в даній моделі слугує Random Integer Generator – генератор незалежних випадкових чисел з рівномірним розподілом від 0 до 15. Вихід генератора формується у вигляді фрейма з  $k=5$  символів. В якості кодеру використовуємо блок RS Encoder. Він по повідомленню  $k$  формує закодовану послідовність довжиною  $n$  символів

До складу блоку внесення помилки входить блок Gain, що реалізує поелементне множення висхідної послідовності на вектор - стовпчик з одиниць й нулів розмірності  $1 \times 15$ . Рівність елементів вектору одиницям свідчить відсутність помилок Тобто імітація внесення помилки досягається обнулінням відповідних елементів вектору.

В якості декодера виступає блок – RS Decoder. Для нього треба задати параметри, аналогічні кодеру. Для фіксації кількості виправлених помилок використано блок Display,

Додатковий контроль результату виправлення помилок досягається за допомогою використання блоків: Sum, Unbuffer4 та Scope.

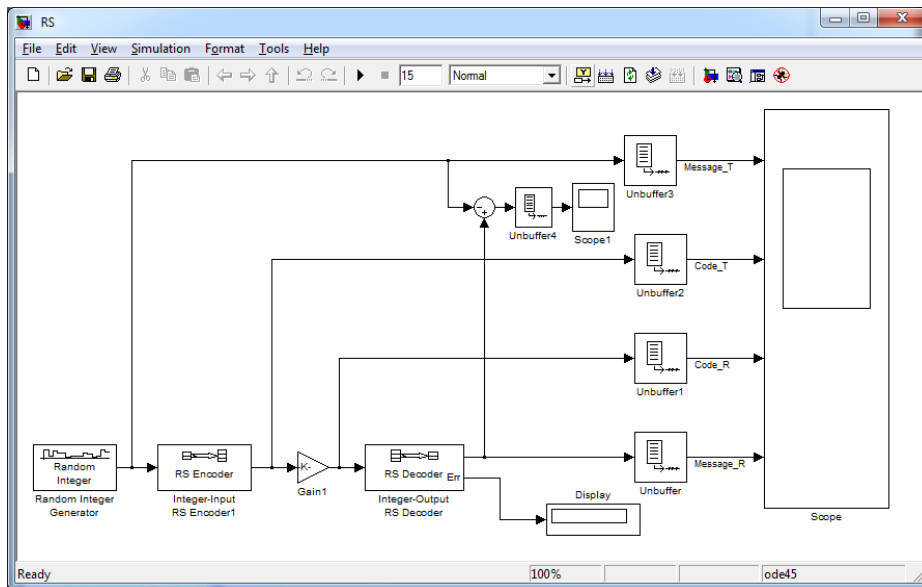


Рис. 1 – Модель для дослідження коду Ріда – Соломона.

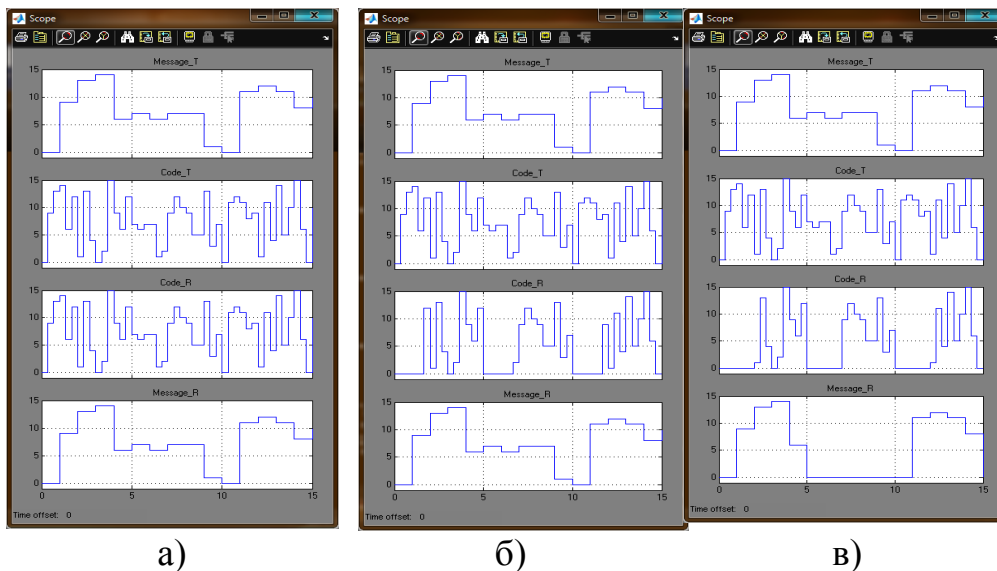


Рис. 2 – Результати моделювання коду Ріда-Соломона.

Наведена імітаційна модель дозволяє наглядно проілюструвати коректувальні властивості коду Ріда-Соломона та ефективно використовувати результати моделювання для закріплення теоретичних знань з теорії завадостійкого кодування на практиці.

### Література

1. Імітаційне моделювання алгоритму завадостійкого кодування коду Боуза – Чоудхурі – Хоквінгема в Simulink/ Клопотовський П.А. / Праці IV Міжнародної науково-практичної конференції «Обробка сигналів і негауссівських процесів», присвяченої пам'яті професора Ю.П. Кунченка: Тези доповідей. – М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2013. – С. 157-159.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ПРИБОРІВ НА ЗАВАДОСТІЙКІСТЬ ПРИЙОМУ СИГНАЛІВ З QAM МОДУЛЯЦІЄЮ

Лелеко С.А., к.т.н., Солюян М.А., студент

Черкаський державний технологічний університет

18006, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. 8(0472)730261

E-mail: Leleko@i.ua

В роботі проведено імітаційне комп'ютерне моделювання каналу зв'язку з багатопозиційною M-QAM модуляцією та досліджено її завадостійкість. Показано, що у загальному випадку теоретична і практична спектральна ефективність методів M-QAM значно більша порівняно з методами, наприклад, QPSK,  $\pi/4$ -DQPSK, GMSK, які широко використовувалися у стандартах 2G. Визначено, що методи M-QAM вимагають застосування ультра лінійних підсилювачів і застосування значно більших відношень сигнал/шум ніж методи QPSK і GMSK.

Розглянуті у роботі види маніпуляції M-QAM відносять до удосконалених видів маніпуляції, які використовують для поліпшення ресурсних характеристик каналів. Мета розробки цих методів полягала у суттєвому підвищенні енергетичної та спектральної ефективності або у зменшенні відношення сигнал/шум для заданої ймовірності бітових помилок нових поколінь систем цифрового зв'язку. У загальному випадку теоретична спектральна ефективність методів M-QAM значно більша порівняно з методами, наприклад, QPSK,  $\pi/4$ -DQPSK, GMSK, які широко використовувалися у стандартах 2G. Порівняльні характеристики різних видів модуляції наведені у таблиці 1

Як видно з таблиці 1 метод 256-QAM з лінійним підсиленням має найбільше значення теоретичної спектральної ефективності 8 біт/(с·Гц) , а метод GMSK з нелінійним підсиленням має значно меншу спектральну ефективність – приблизно 1 біт/(с·Гц).

Таблиця 1 – Параметри різних видів маніпуляції

Показник	BPSK	QPSK, 4-QAM	16-QAM	64-QAM	256-QAM
Теоретична спектральна ефективність	1	2	4	6	8
Реальна спектральна ефективність	0,8	1,6	3,2	5	6,4
$E_b/N_0$ , дБ потрібне для досягнення $BER=10^{-4}$	8,4	8,4	13,2	16,5	21,2

У той же час у стандартах 2G використовувалися саме методи GMSK і  $\pi/4$ -DQPSK з лінійним підсиленням і спектральною ефективністю приблизно 1,5 біт/(с·Гц). Відповідь на причину використання цих методів, а не M-QAM надає остання строка таблиці. Методи M-QAM вимагають застосування ультра лінійних підсилювачів і застосування значно більших відношень сигнал/шум ніж методи QPSK і GMSK. Так, для отримання ймовірності помилки для методу 16-QAM необхідне значення  $E_b/N_0$  на 4,8 дБ перевищує аналогічний показник для QPSK ( $13,2 - 8,4 = 4,8$  [дБ]). Якщо перейти до відношення сигнал/шум то для 16-QAM необхідно приблизно на 8 дБ збільшити відношення сигнал/шум для досягнення того ж значення BER у каналі.

Таке підвищення вимог до енергетики каналів може призводити до зниження ємності каналу через необхідність нового розташування стільників через суттєвий вплив завад на характеристики каналів. Отже, висока спектральна ефективність [біт/(с·Гц)] у деяких випадках не призводить до збільшення спектральної ефективності всієї мережі, за одиницю виміру якої приймають [(біт/с)/ Гц·м<sup>2</sup>].

### Перелік літератури

1. Климаш М.М. Проектування ефективних систем безпроводного зв'язку / М.М. Климаш, В.О. Пелішок. – Львів, 2010. – 231 с.
2. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 2000.-520с.
3. Harada H. Simulation and software radio for mobile telecommunications / H. Harada, R. Prasad; – Artech House, 2003. – 465 p.



## МОДУЛІ ПРИЙНЯТТЯ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

**Лихошерстов Д.О.**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»

03056 Київ вул. Політехнічна 16, корпус №12, кафедра конструювання  
електронно-обчислювальної апаратури 38 044 204 93 63

E-mail: dima.upml@gmail.com

В сучасному світі із розвитком технологій набувають великої популярності системи автоматизованого моніторингу та прийняття рішень для житлових та промислових приміщень у вигляді єдиних апаратно-програмних комплексів, що отримали назву «Розумний будинок» («Smart house»). Аналізуючи наявні готові рішення, можна дійти висновку, що алгоритми за якими працюють системи базуються на порівнянні параметрів різноманітних датчиків із певними еталонними значеннями (константні параметри, що встановлюються при налаштуванні системи споживачем) і відповідно до отриманого результату відбувається відправлення команд на виконавчий пристрій. Але існують і системи, що наділенні штучним інтелектом, котрі дозволяють швидко аналізувати багатofакторну модель (множину параметрів) і приймати комбіновані рішення із використання декількох виконавчих пристроїв.[1,2].

Для підвищення ефективності та оптимізації функціональних можливостей автоматизованих систем управління запропоновано розробка нових програмних модулів, що сформульовані академіком В.М. Глушковим[3] щодо створення та проектування автоматизованих систем управління:

- Системність;
- Сумісність;
- Стандартизація;

- Уніфікація;
- Ефективність.

Автоматизована система повинна складатися із різних модулів:

- оптимізація режимів функціонування системи масового обслуговування – модуля для дослідження динамічних процесів, пов'язаних з обслуговуванням споживачів, що можуть бути як фізичні особи чи різні організації. Ці процеси є предметом дослідження систем масового обслуговування (СМО), а їх моделювання ґрунтується на математичному апараті теорії ймовірності. Теорія систем масового обслуговування найчастіше розглядає потік вимог, для якого імовірність надходжень  $n$  вимог у систему протягом часу  $t$  визначають за формулою Пуасона:

$$P_n(t) = \frac{(a \cdot t)^n \cdot e^{-a \cdot t}}{n!}$$

де,  $a$  – параметр потоку.

- Заміна компонентів системи – довготривала та надійна робота будь-якої системи складається із вчасного обслуговування чи(або) заміни всіх вузлів та складових системи, що зумовлені його старінням. Тобто основна задача даного модуля полягає у визначенні моменту виведення обладнання із експлуатації з метою мінімізації витрат. Ціна обладнання через час  $t$  розраховується за формулою:

$$V(t) = V_0 - V_0 \phi(t) + \psi(t)$$

де,  $V_0$  – початкова вартість обладнання,  $\phi(t)$  – функція зміни ціни обладнання з часом  $t$ ,  $\psi(t)$  – сумарна витрата та догляд за обладнанням.

### Література

1. Ильин С. «Интеллектуальные здания – вымысел маркетологов?». Москва, 2008. – 328с.
2. Глушков В.М. Введение в АСУ. – К.: Техніка, 1972. – 254 с.

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ОБНАРУЖИТЕЛЯ  
ШУМОПОДОБНЫХ СИГНАЛОВ С НУЛЕВЫМ  
МАТЕМАТИЧЕСКИМ ОЖИДАНИЕМ, ПРИНИМАЕМЫХ  
НА ФОНЕ НЕГАУССОВЫХ ПОМЕХ**

**Мартыненко С.С., Силенко Р.А.**

Черкасский государственный технологический университет

18000, Черкассы, бул. Шевченка 460, тел. (0472) 511570

E-mail: smartynenko@ukr.net

При решении и анализе статистических задач обработки информации (обнаружение сигналов на фоне помех, оценка параметров, фильтрация и др.) возникает необходимость проведения имитационного моделирования работы синтезированных алгоритмов. Часто статистическое исследование ориентировано на использование гауссовской моделей помехи, но практика показывает, что необходимо использовать более сложные вероятностные модели, законы распределения которых, отличны от гауссовского.

В большинстве случаев априорной информацией о генерируемой случайной величине является функция или плотность распределения вероятностей. В данной работе, для проведения эксперимента, при моментно-кумулянтном описании негауссовской случайной величины, используется генератор псевдослучайных чисел с заданными значениями кумулянтных коэффициентов, так называемый бигауссовый генератор [1].

Проведение имитационного моделирования направлено на анализ согласия теоретических и экспериментальных результатов, позволяющее судить об эффективности использования обнаружителей сигналов, синтезированных в виде полиномиальных алгоритмов [2]:

$$\text{при } S=1 \quad h_1 \left[ \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n \xi_v \right] \begin{matrix} H_1 \\ > \\ < \\ H_0 \end{matrix} 0,$$

$$\text{при } S=2 \quad h_1 \left[ \sum_{v=1}^n \xi_v \right] + h_2 \left[ \sum_{v=1}^n \left\{ \xi_v^2 - \frac{1}{2}(\mu_2 + 2\chi_2) \right\} \right] \begin{matrix} \geq \\ < \end{matrix} \begin{matrix} H_1 \\ H_0 \end{matrix} 0,$$

При этом исследуемый полезный сигнал  $\xi_v$  имеет нулевое математическое ожидание, дисперсию  $\mu_2$ , коэффициент асимметрии  $\mu_3$  и коэффициент эксцесса  $\mu_4$ .

Обобщенная функциональная схема проведения имитационного моделирования работы синтезированных алгоритмов представлена на рис.1.

Формирование исследуемого шумоподобного сигнала осуществляется в блоке гетеродинов (БГ), генерирующих последовательность детерминированных чисел, что соответствует полезному сигналу. Для имитации помеховой ситуации служит датчик случайных чисел (ДСЧ). Значения с выхода соответствующих блоков поступают на сумматор, образующий случайную последовательность, которая соответствует аддитивному взаимодействию полезного шумоподобного сигнала и помехи. Далее сгенерированная выборка обрабатывается в соответствии с разработанным нелинейным алгоритмом обнаружения сигнала (НО). Параллельно с этим осуществляется обнаружение сигнала линейным обнаружителем (ЛО) в соответствии с оптимальным алгоритмом при гауссовской помехе. Результатом обработки данных в линейном и нелинейном обнаружителях являются вектора значений решающих правил при степени полинома  $s=1$  и  $s=2$ . Полученные значения решающих правил далее поступают в блок точностных характеристик (БТХ), где вычисляются экспериментальные значения дисперсии решающих правил и определяется величина коэффициента эффективности для линейного и нелинейного решающего правил.

Целью моделирования является определение точностных характеристик нелинейного обнаружителя, т.е. необходимо выяснить, на сколько нелинейные полиномиальные решающие правила эффективнее

линейных решающих правил, оптимальных при гауссовском законе распределения помехи.

В целом, полученные результаты моделирования подтверждают достоверность теоретических исследований, проведенных в работе[2], что позволяет говорить об эффективности использования разработанных нелинейных алгоритмах обнаружения шумоподобных сигналов, принимаемых на фоне негауссовых помех.

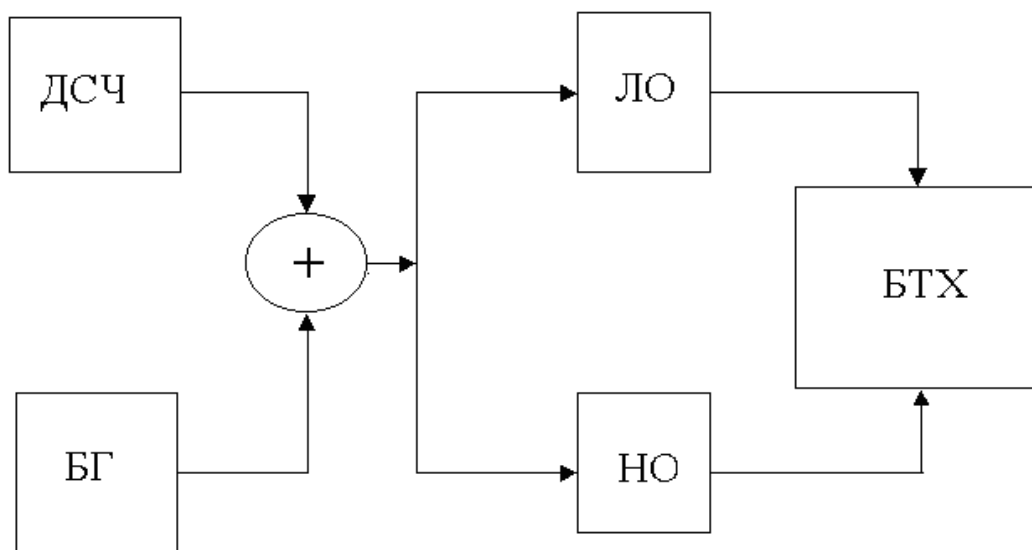


Рисунок 1 – Функциональная схема проведения имитационного моделирования работы обнаружителей шумоподобных сигналов

### Література

1. Кунченко Ю., Гавриш О., Иванченко А., Заболотній С. Моделювання випадкових величин із заданими кумулянтними коефіцієнтами. // Праці IV міжнародної конференції “Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів”. – Київ, 1998. – с.37-38.
2. Кунченко Ю.П., Палагин В.В., Мартыненко С.С. Разработка нелинейных обнаружителей сигналов при негауссовых помехах, оптимальных по дисперсионным критериям. // УкрТелеКом-95: Труды II Международной конференции по радиосвязи, звуковому и телевизионному вещанию. – Одесса, 1995, – С.440-442.

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ СТИСНЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ З ДОДАТКОВИМ ШИФРУВАННЯМ

<sup>1</sup>Л.Ф. Політанський, <sup>1</sup>О.В. Гресь, <sup>1</sup>П.М. Шпатар,

<sup>1</sup>Р.Л. Політанський, <sup>2</sup>Г.М. Розорінов

<sup>1</sup>Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки,

E-mail: alexgs85@ukr.net, shpatar@ukr.net

<sup>2</sup>НТУУ КПІ імені Ігоря Сік орського, кафедра звукотехніки

та реєстрації інформації, E-mail: grozoryn@gmail.com

Сучасні інформаційні системи вимагають забезпечення високої конфіденційності зв'язку. Одним із способів забезпечення конфіденційності інформації в таких системах є її шифрування за допомогою криптостійких бінарних послідовностей, генерування яких можливе на основі теорії детермінованого хаосу. Непередбачуваність поведінки хаотичних систем є основною причиною використання їх для захисту інформації [1].

Запропонована система стиснення інформації використовує метод адаптивного арифметичного кодування з додатковим потоковим шифруванням інформації псевдовипадковими послідовностями, генерованими на основі дискретних відображень. Інформація, що поступає на вхід кодера системи на передавальній стороні, кодується та стискується за алгоритмом адаптивного арифметичного кодування. Далі закодована інформація надходить на вхід блоку шифрування, в якому зашифровується елементами псевдовипадкової послідовності, генерованої на основі логістичного відображення. В якості методу шифрування використовується модифіковане перетворення дифузії, запропоноване в [1]. Таким чином, на виході системи утворюється стиснуте двійкове кодове повідомлення, що додатково зашифроване псевдовипадковими послідовностями. Додаткове шифрування унеможливує розшифрування інформації, якщо не відомий ключ для запуску генератора псевдовипадкової послідовності, яким в даному

випадку є значення початкової умови та параметру керування для логістичного відображення [1, 2].

Алгоритм роботи системи представлений на рисунку 2.

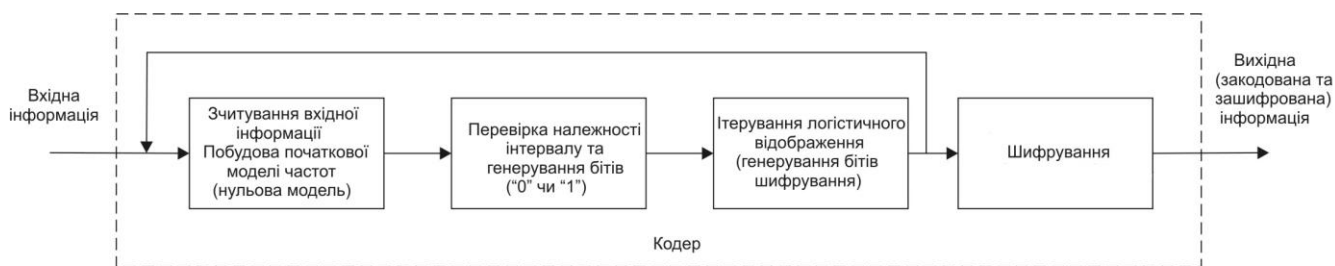


Рис. 2. Алгоритм роботи запропонованої системи стиснення інформації з додатковим потоковим шифруванням

## Висновки

В роботі запропоновано програмну реалізацію на мові програмування C++ системи стиснення інформації з додатковим потоковим шифруванням псевдовипадковими послідовностями, що генеруються на основі логістичного відображення. Дослідження роботи системи на прикладі кодування текстової інформації, показали, що запропонована система має більшу швидкодію на відміну від аналогічних систем стиснення та шифрування інформації на основі дискретних відображень, що обумовлено побітовим шифруванням, яке здійснюється після кожної ітерації системи.

## Література

1. Гресь О.В., Косован В.М., Розорінов Г.М., Саміла А.П. Спосіб кодування/декодування інформації з шифруванням. Патент 129426, Україна, МПК(2013.01) Н03М 7/00, Н03М 7/30 (2006.01), Н03М 13/07 (2006.01). заявники і власники Гресь О.В., Косован В.М., Розорінов Г.М., Саміла А.П.; заявл.14.07.18; опубл. 25.10.2018, Бюл. №20
2. 3. Bose R. A novel compression and encryption scheme using variable model arithmetic coding and coupled chaotic system / R. Bose, S. Pathak // IEEE transactions on circuits and systems – i: regular papers, . – april 2006 – Vol. 53, NO. 4 . – pp. 848-857

## **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛЕЖНОЇ НЕГАУСІВСЬКОЇ ВИПАДКОВОЇ ВЕЛИЧИНИ ЗА НЕЛІНІЙНОЮ РЕГРЕСІЙНОЮ МОДЕЛЮ НА ОСНОВІ НОРМАЛІЗУЮЧОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ**

**Приходько С.Б., Приходько Н.В., Кудін О.О.**

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
пр. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025

E-mail: sergiy.prykhodko@nuos.edu.ua, oleg.kudin@nuos.edu.ua

При оцінюванні тривалості та трудомісткості створення різноманітної продукції в певних випадках виникає потреба у визначенні значень залежних негаусівських випадкових величин за нелінійними регресійними моделями при заданих факторах. Зокрема, при розробці програмного забезпечення (ПЗ) визначають трудомісткість в залежності від розміру ПЗ та інших факторів, а тривалість оцінюють в залежності від відповідної трудомісткості (наприклад, за моделями COCOMO або ISBSG). При цьому тривалість та трудомісткість створення ПЗ є негаусівськими випадковими величинами.

Будь-яка регресійна модель представляє собою залежність випадкової змінної від її математичного сподівання (невипадкової складової), що є функцією певних факторів, і випадкової складової (залишків). При чому розподіл випадкової складової (випадкової величини), як правило, також залежить від факторів, а для нелінійної регресійної моделі ще і не є гаусівським. В цьому полягає основна проблема при практичній реалізації моделювання залежної негаусівської випадкової величини за нелінійною регресійною моделлю. Тому в роботі [1] для моделювання залежних негаусівських випадкових величин за нелінійною регресійною моделлю при заданих факторах було запропоновано метод на основі взаємо-зворотних нормалізуючих перетворень, суть якого полягає у наступному. Спочатку за невідповідною складовою нелінійної регресійної моделі при заданих значеннях факторів обчислюють вибіркоче середнє залежної негаусівської випадкової величини, яке далі перетворюють у нормалізоване вибіркоче середнє гаусівської випадкової величини за нормалізуючим перетворенням. Потім генерують значення випадкової величини з нормальним розподілом з



нульовим математичним сподіванням та одиничною дисперсією. Значення, що згенеровано, додають до раніше нормалізованого вибіркового середнього гаусівської випадкової величини. В результаті цього додавання отримують значення нормалізованої випадкової величини. І нарешті, отримане значення перетворюють у значення залежної негаусівської випадкової величини за перетворенням, що є зворотнім до нормалізуючого перетворення. Перевагою цього методу є те, що на відміну від існуючих, він не потребує аналітичних виразів взаємних функцій щільності ймовірності.

На основі зазначеного методу [1] створено програму для моделювання залежної негаусівської випадкової величини за нелінійною регресійною моделлю на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона scі-мовою для системи моделювання Scilab 6.0.0. За створеною програмою виконано комп'ютерне моделювання залежної змінної нелінійної регресії для різних наборів двовимірних негаусівських даних тривалості робіт при створенні ПЗ та 3D-моделюванні секцій корпусів суден [2]. У першому випадку у якості незалежної змінної регресії (фактору) брали кількість функціональних точок ПЗ, а у другому випадку – масу секцій корпусів суден. Результати моделювання для другого випадку наведені на рис.1.

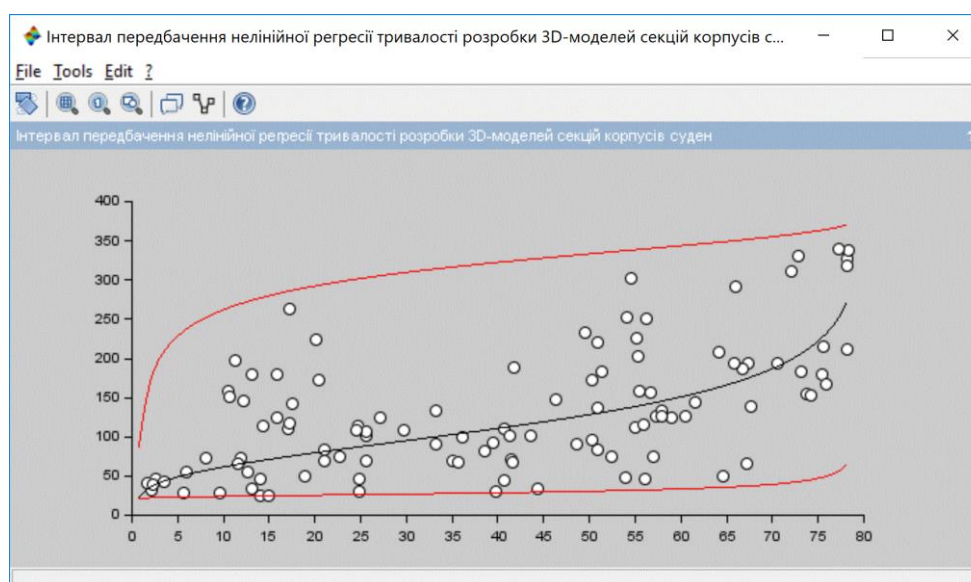


Рис. 1 – Результати моделювання тривалості розробки 3D-моделей секцій корпусів суден

На рис. 1 по осі абсцис відкладено значення маси секцій корпусів суден в тонах, а по осі ординат – тривалість розробки 3D-моделей цих секцій в годинах. Коломи зображено двовимірні негаусівські дані. Чорним кольором позначено нелінійну регресію, а червоним – границі інтервалів передбачення нелінійної регресії (для рівня значущості 0,05), що побудовані на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства  $S_B$ . Зазначимо, що для визначення границь інтервалів передбачення нелінійної регресії було використано відповідний метод, що наведено в [3].

**Висновки.** 1. Вперше побудовано нелінійну регресійну модель на основі двовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства  $S_B$ , що дозволяє підвищити достовірність оцінювання залежної змінної у порівнянні з використанням одновимірних нормалізуючих перетворень для негаусівських даних. 2. Результати комп'ютерного моделювання залежної негаусівської випадкової величини за побудованою нелінійною регресійною моделлю підтвердили її працездатність.

### Література

1. Prykhodko S.B. Modeling a dependent variable of non-linear regression on the basis of normalizing transformations / S. B. Prykhodko, N. V. Prykhodko, K. S. Pugachenko // Контроль і управління в складних системах (КУСС-2016). XIII Міжнародна конференція. Тези доповідей. Вінниця, 3-6 жовтня 2016 року. – Вінниця: ВНТУ. ПП «ТД «Едельвейс», 2016. – С.13–15.

2. Prykhodko S.B. Constructing non-linear regression equations on the basis of bivariate normalizing transformations / S. B. Prykhodko, N. V. Prykhodko, L. M. Makarova, O. O. Kudin, T. G. Smykodub // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон: ХНТУ, 2017. – Вип. 3(62). Т. 1. – С.333-337.

3. Prykhodko N.V. Constructing the non-linear regression models on the basis of multivariate normalizing transformations / N. V. Prykhodko, S. B. Prykhodko // Электронное моделирование. – 2018. – Т.40. – № 6. – С.101-110. – DOI: 10.15407/emodel.40.06.101

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИХРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ БАГАТОШАРОВИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ВИРОБІВ

Сторчак А.В., Трембовецька Р.В., Гальченко В.Я., Тичков В.В.

Черкаський державний технологічний університет  
18000, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. (0472) 511571

E-mail: gumby@ukr.net

В сучасній науці комп'ютерні моделі стали невід'ємним інструментом математичного моделювання, вони не тільки дозволяють отримати наближену оцінку поведінки складних систем, але й є зручними для отримання навчальних даних для вирішення зворотних задач в проблемах оптимізації.

Прикладом зворотної задачі є проблема відтворення електрофізичних параметрів, а саме магнітної проникності (МП) та електропровідності (ЕП), багат шарових циліндричних об'єктів контролю (ОК) при вихрострумовому контролі. Для вирішення зворотної задачі отримання МП та ЕП із сигналів вихрострумового перетворювача (ВСП) доцільно використати вже існуючу математичну модель [1], що дозволяє обчислити значення взаємного імпедансу двох котушок розташованих навколо багат шарового циліндричного ОК при заданих значеннях частоти збудження ВСП, МП та ЕП кожного шару матеріалу ОК.

Для спрощення в аналітичному рішенні математичної моделі припускається, що всі середовища є лінійними, ізотропними та однорідними і струм збудження ВСП є синусоїдальним з кутовою частотою  $\omega$ . Також приймається, що вісь котушок ВСП та вісь ОК співпадають, а густина струму та векторний потенціал мають тільки азимутальну складову в циліндричній системі координат.

На рисунку 1 позначено:  $r_1, r_2$  – внутрішній та зовнішній радіус першої котушки відповідно;  $r_3, r_4$  – внутрішній та зовнішній радіус другої котушки відповідно;  $r_n$  – зовнішній радіус внутрішнього шару або

внутрішній радіус зовнішнього шару ОК;  $l_1, l_2$  – відстань до низу та верху першої котушки відповідно;  $l_3, l_4$  – відстань до низу та верху другої котушки відповідно.

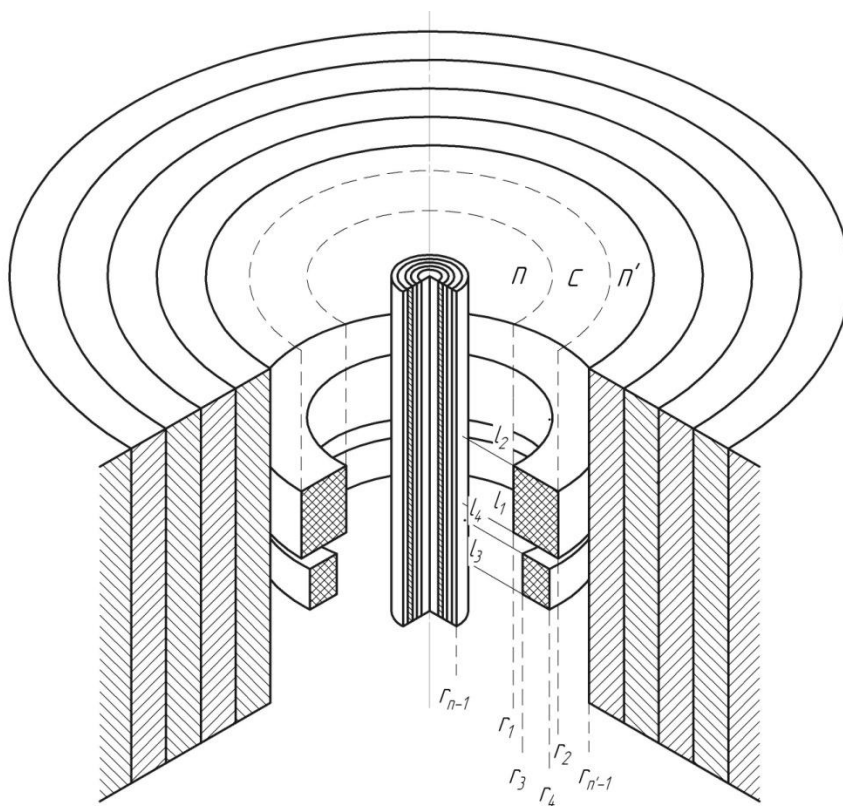


Рис. 1 – Геометрична модель ВСП

$$Z = \frac{j\omega 2n_1 n_2 \mu_0 \bar{r}}{(l_4 - l_3)(r_4 - r_3)(l_2 - l_1)(r_2 - r_1)} \times$$

$$\times \int_0^\infty \left[ \frac{\cos(\alpha(l_4 - l_2)) + \cos(\alpha(l_3 - l_1)) - \cos(\alpha(l_4 - l_1)) - \cos(\alpha(l_3 - l_2))}{\alpha^2 \alpha_0^4} \right] \times$$

$$\left[ \frac{U_{12} V_{11} I(r_4, r_3) I(r_2, r_1) + U_{22} V_{21} K(r_4, r_3) K(r_2, r_1) + \dots}{(U_{22} V_{11} - U_{12} V_{21})} \right. +$$

$$\left. \frac{\dots + U_{12} V_{21} (I(r_4, r_3) K(r_2, r_1) + K(r_4, r_3) I(r_2, r_1))}{\dots} \right] +$$

$$+ \frac{\pi}{2\alpha_0^3 \alpha^3} J(r_4, r_3) J(r_2, r_1) \left[ e^{-\alpha_0(l_1 - l_4)} + e^{-\alpha_0(l_2 - l_3)} - e^{-\alpha_0(l_1 - l_3)} - e^{-\alpha_0(l_2 - l_4)} \right] d\alpha$$

де  $\mu_0$  – магнітна проникність вакууму,  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м;

$\omega$  – кутова частота;

$\bar{r}$  – середній радіус котушки збудження;

$n_1, n_2$  – кількість витків першої та другої котушок відповідно;

$$a_0 = a;$$

$$J(r_2, r_1) = \int_{\alpha r_1}^{\alpha r_2} t J_1(t) dt;$$

$$I(r_2, r_1) = \int_{\alpha r_1}^{\alpha r_2} t I_1(t) dt;$$

$$K(r_2, r_1) = \int_{\alpha r_1}^{\alpha r_2} t K_1(t) dt;$$

$$(r_2, r_1) = \int_{\alpha r_1}^{\alpha r_2} t K_1(t) dt;$$

$$V_{11}(n+1, n) = \left( K_0(\alpha_{n+1} r_n) I_1(\alpha_n r_n) + \frac{\beta_n}{\beta_{n+1}} I_0(\alpha_n r_n) K_1(\alpha_{n+1} r_n) \right) \alpha_{n+1} r_n;$$

$$U_{12}(n+1, n) = \left( K_0(\alpha_{n+1} r_n) K_1(\alpha_n r_n) - \frac{\beta_n}{\beta_{n+1}} K_0(\alpha_n r_n) K_1(\alpha_{n+1} r_n) \right) \alpha_{n+1} r_n;$$

$$V_{21}(n+1, n) = \left( I_0(\alpha_{n+1} r_n) I_1(\alpha_n r_n) - \frac{\beta_n}{\beta_{n+1}} I_0(\alpha_n r_n) I_1(\alpha_{n+1} r_n) \right) \alpha_{n+1} r_n;$$

$$U_{22}(n+1, n) = \left( I_0(\alpha_{n+1} r_n) K_1(\alpha_n r_n) + \frac{\beta_n}{\beta_{n+1}} K_0(\alpha_n r_n) I_1(\alpha_{n+1} r_n) \right) \alpha_{n+1} r_n;$$

$J_1$  – функція Бесселя першого роду першого порядку;

$I_0, I_1$  – модифіковані функції Бесселя першого роду нульового та першого порядку;

$K_0, K_1$  – модифіковані функції Бесселя другого роду нульового та першого порядку;

$$\alpha_n = \sqrt{\alpha^2 - j \mu_n \sigma_n \bar{r}};$$

$\mu_n$  – відносна магнітна проникність шару матеріалу ОК;

$\sigma_n$  – питома електрична провідність шару матеріалу ОК.

Реалізація обрахунків математичної моделі [2-4] виконана з використанням мови програмування високого рівня Python 3.x та відкритих бібліотек програмного забезпечення NumPy, SciPy і Matplotlib.

### Література

1. Nestor C.W. Jr., Dodd C.V., Deeds W.E. Analysis and computer programs for eddy current coils concentric with multiple cylindrical conductors: Oak Ridge, Tenn.: Dept. of Energy, Oak Ridge National Laboratory; [Springfield, Va.: for sale by the National Technical Information Service], 1979, 135 p.
2. Сурогатне моделювання в задачах ідентифікації параметрів об'єктів контролю / [Гальченко В.Я., Тичков В.В., Трембовецька Р.В., Сторчак А.В.] // Інформатика, математика, автоматика (ІМА-2019) : науково-практична конференція, Суми, 23-26 квітня 2019 р. : матеріали конференції. – Суми: СДУ, 2019, С. 189.
3. Розв'язок ресурсоємних обернених задач електротехніки методами сурогатної оптимізації / [Гальченко В.Я., Трембовецька Р.В., Тичков В.В., Сторчак А.В.] // Фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2019) : науково-практична конференція, Суми, 23-26 квітня 2019 р. : матеріали конференції. – Суми: СДУ, 2019, С. 135.
4. Побудова математичної моделі прямої задачі в проблемі реконструкції електрофізичних параметрів циліндричних об'єктів контролю вихрострумовим методом / Сторчак А.В., Тичков В.В., Трембовецька Р.В., Гальченко В.Я. // Non-Destructive Testing in Context of the Associated Membership of Ukraine in the European Union (NDT-UA 2018) : 2-nd scientific conference with international participation, Poland, Lublin, 15–19 october 2018. : Conference proceedings. – Poland : USNDT, 2018, № 2, P. 50-51.

**ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМАТИКИ КОМП'ЮТЕРНОГО  
МОДЕЛЮВАННЯ ВИХРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ  
ЦИЛІНДРИЧНИХ ПРОВІДНИХ ВИРОБІВ**

**Тичков В.В., Трембовецька Р.В., Гальченко В.Я., Сторчак А.В.**

Черкаський державний технологічний університет  
18000, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. (0472) 511571

E-mail: v.tychkov@chdtu.edu.ua

Для неруйнівного контролю циліндричних провідних виробів використовуються вихроструміві перетворювачі, які бувають різних типів в залежності від типу котушки збудження та вимірювальної котушки: перетворювачі прохідного типу стандартного та нестандартного розмірного ряду прокату, перетворювачі накладного типу. Проблема процесу вимірювального контролю однорідності електрофізичних властивостей провідних матеріалів виникає при наявності дефектів, які можуть з'явитися в процесі виготовлення виробів при порушенні технології виробництва.

Методику комп'ютерного моделювання процесу вихрострумового контролю об'єктів з неперервно змінними електрофізичними параметрами обрано за [1]. Розглянемо котушку збудження, співвісно розташовану ззовні нескінченно довгої циліндричної поверхні труби.

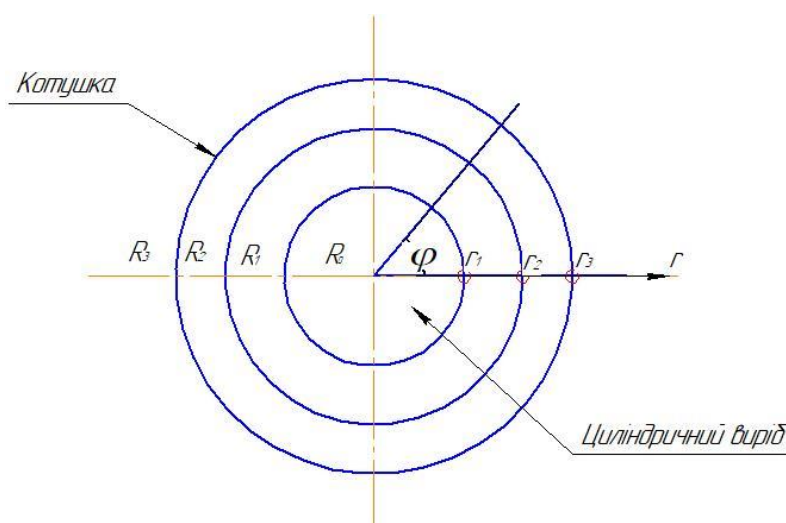


Рис.1 – Котушка збудження радіусом  $r_2 < r_3$ , двошаровий циліндричний об'єкт

Для визначення вектору потенціалу  $A$  для всіх чотирьох підобластей  $R_0, R_1, R_2, R_3$  напишемо рівняння обмеження:

$$\begin{aligned} R_0 &= \{0 \leq r \leq r_1; 0 \leq \varphi \leq 2\pi; -\infty < z < +\infty\}, \\ R_1 &= \{r_1 \leq r \leq r_2; 0 \leq \varphi \leq 2\pi; -\infty < z < +\infty\}, \\ R_2 &= \{r_2 \leq r \leq r_3; 0 \leq \varphi \leq 2\pi; -\infty < z < +\infty\}, \\ R_3 &= \{r \geq r_3; 0 \leq \varphi \leq 2\pi; -\infty < z < +\infty\}. \end{aligned}$$

де  $R_1$  – радіус першого шару,

$R_2$  – радіус другого шару,

$R_3$  – радіус котушки збудження,

$r, \varphi, z$  – система циліндричних полярних координат.

Таким чином, математичне формулювання проблематики комп'ютерного моделювання [2-5] вихрострумове контролю циліндричних провідних виробів набуває вигляд для кожної з підобластей:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 A_0}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial A_0}{\partial r} - \frac{1}{r^2} A_0 + \frac{\partial^2 A_0}{\partial z^2} &= -\mu_0 I R^2 \delta(r-R) \delta(z), \\ \frac{\partial^2 A_1}{\partial r^2} + \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{\mu_1} \cdot \frac{d\mu_1}{dr} \right) \frac{\partial A_1}{\partial r} - \left( \frac{1}{r^2} + \frac{1}{r\mu_1} \frac{d\mu_1}{dr} + R^2 j\omega\sigma_1\mu_0\mu_1 \right) A_1 + \frac{\partial^2 A_1}{\partial z^2} &= 0, \\ \frac{\partial^2 A_2}{\partial r^2} + \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{\mu_2} \cdot \frac{d\mu_2}{dr} \right) \frac{\partial A_2}{\partial r} - \left( \frac{1}{r^2} + \frac{1}{r\mu_2} \frac{d\mu_2}{dr} + R^2 j\omega\sigma_2\mu_0\mu_2 \right) A_2 + \frac{\partial^2 A_2}{\partial z^2} &= 0, \\ \frac{\partial^2 A_3}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial A_3}{\partial r} - \frac{1}{r^2} A_3 + \frac{\partial^2 A_3}{\partial z^2} &= 0. \end{aligned}$$

Граничні умови для кожної з підобластей:

$$\begin{aligned} A_0|_{r=r_1} &= A_1|_{r=r_1}, \quad \frac{\partial A_0}{\partial r} \Big|_{r=r_1} = \frac{1}{\mu_1} \frac{\partial A_1}{\partial r} \Big|_{r=r_1}, \\ A_1|_{r=r_2} &= A_2|_{r=r_2}, \quad \frac{\partial A_1}{\partial r} \Big|_{r=r_2} = \frac{1}{\mu_2} \frac{\partial A_2}{\partial r} \Big|_{r=r_2}, \\ A_2|_{r=r_3} &= A_3|_{r=r_3}, \quad \frac{1}{\mu_3} \frac{\partial A_2}{\partial r} \Big|_{r=r_3} = \frac{\partial A_3}{\partial r} \Big|_{r=r_3}. \end{aligned}$$



де  $\mu_1 = \mu(r_1)$ ,  $\mu_2 = \mu(r_2)$ ,  $\mu_3 = \mu(r_3)$  – магнітна проникність кожної із підобластей,  $A_0, A_1, A_2, A_3$  – векторні потенціали кожної із підобластей,  $\sigma_1, \sigma_2$  – питома електрична провідність кожного шару,  $I$  – величина змінного струму з частотою  $\omega$ .

Постає задача проведення комп'ютерного моделювання процесу вихрострумowego контролю багат шарових циліндричних провідних виробів з неперервно змінними магнітною проникністю та питомою електричною провідністю кожного шару.

### Література

1. Kolyshkin A.A., Vaillancourt R. Analytical solution to eddy current testing of cylindrical problems with varying properties // Canadian Applied Mathematics Quarterly, 1994. – V. 2, № 3. P. 349-360.
2. Гальченко В.Я., Трємбовецька Р.В., Тичков В.В. Застосування нейрокомп'ютинга на етапі побудови метамоделей в процесі оптимального сурогатного синтезу антен // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування, № 74, 2018, с. 60-72.
3. Trembovetska R.V., Halchenko V.Ya., Tyckov V.V. Studying the computational resource demands of mathematical models for moving surface eddy current probes for synthesis problems // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 95, №5/5, 2018, p. 39-46.
4. Halchenko V.Ya., Trembovetska R.V., Tyckov V.V. Development of excitation structure RBF-metamodels of moving concentric eddy current probe // Electrical Engineering & Electromechanics, №1, 2019, p. 28-38.
5. Halchenko V.Ya., Trembovetska R.V., Tyckov V.V. The RBF-metamodel development of surface eddy-current probe for the surrogate optimal synthesis problem // International Journal “NDT Days”, 1, №4, 2018, p. 425-433.

## СУРОГАТНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗКУ ОБЕРНЕНИХ ЗАДАЧ ВИХРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ

Трембовецька Р.В., Гальченко В.Я., Тичков В.В.

Черкаський державний технологічний університет  
18000, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. (0472) 511571

E-mail: r.trembovetska@chdtu.edu.ua

Для створення нових пристроїв вихрострумowego контролю з покращеними метрологічними характеристиками широко застосовується оптимальний синтез. Проте реалізація задачі синтезу структури збудження вихрострумowego перетворювача з однорідною чутливістю в зоні контролю за умови коли бажані характеристики приладу представлені сукупністю декількох параметрів є досить складною. І обумовлено це тим, що рішення таких задач чисельно у вигляді диференціальних чи інтегральних рівнянь обчислювально затратно. Разом з тим параметричний синтез передбачає багатократне розв'язання прямої задачі, що відповідно унеможлиблює пошук прийняттого результату з причини, що вказана вище. Застосуванням такого підходу, як сурогатне моделювання, коли створюється модель-замісник ВСП, усувається критична ресурсоемність обчислень [1].

В роботі вирішена задача нелінійного оптимального параметричного синтезу вихрострумowych перетворювачів з рівномірною апріорі заданою чутливістю в зоні контролю. Для прикладу задавався бажаний розподіл густини вихрових струмів  $J_{reference} = 5000 \text{ А/м}^2$  у вигляді П-подібного розподілу в зоні контролю перетворювача  $4,5 \text{ мм} \leq r \leq 14,55 \text{ мм}$ . Побудова моделі-замісника виконана при наступних вихідних даних:  $d = 10 \text{ мм}$ ;  $z_0 = 3 \text{ мм}$ ; частота  $f = 1 \text{ кГц}$ ; електрофізичні параметри матеріалу  $\sigma = 3,745 \cdot 10^7 \text{ См/м}$ ,  $\mu_r = 1$ , та варіації просторових координат  $x = 0 \dots 30 \text{ мм}$ ;  $y = 0 \dots 30 \text{ мм}$  і радіусів катушок збудження  $r = 2 \dots 15 \text{ мм}$ .

Модель-замісник отримано за допомогою RBF-нейронних мереж із архітектурою, що має в своєму складі як композити так і комітети мереж. Отримані RBF-метамоделі мають середнє значення модельної похибки на

етапі відтворення 5-7 % та задовільні статистичні показники такі як сума квадратів залишків, середній квадрат залишків, коефіцієнт детермінації, відношення стандартних відхилень.

Оберненим задачам притаманні деякі особливості розв'язку [2], які вирішуються сурогатним моделюванням з використанням метаевристичних популяційних алгоритмів пошуку екстремуму. Для синтезу структур збудження використовувалися наступні оптимізаційні алгоритми, які пристосовані для пошуку глобального екстремуму та мають добру збіжність: генетичний алгоритм, гібридний алгоритм на основі генетичного алгоритму з локальним пошуком симплексним методом Нелдера-Міда, алгоритм рою частинок PSO-RND зі стратегією випадкової топології зв'язків. Синтезовані структури збудження мають значення приведеної похибки синтезу в зоні контролю приблизно 8-9 %, що отримано застосуванням алгоритму оптимізації роєм частинок з еволюційним формуванням складу рою, який утворено низькорівневою гібридизацією генетичного алгоритму та алгоритму PSO [3].

### Література

1. Гальченко В.Я., Трембовецька Р.В., Тичков В.В. Застосування нейрокомп'ютинга на етапі побудови метамodelей в процесі оптимального сурогатного синтезу антен // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування, 2018, № 74, С. 60-72
2. Розв'язок ресурсоемних обернених задач електротехніки методами сурогатної оптимізації / [Гальченко В.Я., Трембовецька Р.В., Тичков В.В., Сторчак А.В.] // Фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2019) : науково-практична конференція, Суми, 23-26 квітня 2019 р. : матеріали конференції. – Суми: СДУ, 2019, С. 135.
3. Гальченко В.Я., Якимов А.Н., Остапущенко Д.Л. Поиск глобального оптимума функций с использованием гибрида мультиагентной роевой оптимизации с эволюционным формированием состава популяции // Информационные технологии, 2010, № 9, С. 9-16.

**ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНОСТІ АЛГОРИТМІВ  
СПІЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИГНАЛУ  
ТА НЕГАУСІВСЬКОЇ ЗАВАДИ**

**Філіпов В.В., к.т.н., Москаленко А.С.**

Черкаський державний технологічний університет

18006, Черкаси, бул. Шевченка 460, E-mail: vvphilka@gmail.com

Проаналізувавши результати отримані в роботі [1], можемо побачити, що вирази спільних оцінок параметра постійного сигналу та дисперсії негаусівської завади ускладнюються при збільшенні степеня  $s$  стохастичного полінома. Це пояснюється тим, що оцінки зазначених параметрів отримуються з системи степеневих рівнянь порядку  $s$ .

В цій роботі пропонується дослідити складність алгоритмів спільного оцінювання параметра постійного сигналу  $\vartheta$  та дисперсії завади  $\chi_2$  при степенях стохастичного полінома  $s \geq 3$ .

**Постановка задачі.** Нехай  $\epsilon$  вибірка обсягом  $n$  незалежних однаково розподілених вибірових значень  $\bar{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  з генеральної сукупності значень випадкової величини  $\xi$ . Дана випадкова величина є адитивною сумішшю корисного сигналу та негаусівської завади:  $\xi = S(\vartheta) + \eta$ . Постійний сигнал  $S(\vartheta)$ , розглядається як функція від параметра  $\vartheta$ . Негаусівська завада  $\eta$  описується кумулянтном другого порядку  $\chi_2$  та кумулянтними коефіцієнтами:  $\gamma_3 \div \gamma_{2s}$  (відповідно до класифікації негаусівських завад [2]), де  $s$  – степінь стохастичного полінома. Математичне сподівання досліджуваної випадкової величини дорівнює нулю. Параметри негаусівської завади вважаються апріорно відомими.

Аналітичні вирази оцінки параметра  $\vartheta$  знаходиться з рівняння:

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq (c, e, \dots, \ell)}}^s h_{i(s)\{\eta\}\{\ell\}}(\vartheta) \sum_{v=1}^n (x_v^i - m_{i\{\eta\}}(\vartheta)) \Big|_{\vartheta=\hat{\vartheta}} = 0, \quad i \neq (c, e, \dots, \ell), \quad (1)$$

де  $m_{i\{\eta\}}$  – моменти  $i$ -го порядку,  $\eta$  – негаусівська завада (non-Gaussian noise),  $x_v$  – незалежні і однаково розподілені вибіркові значення з досліджуваної випадкової величини  $\xi$ ,  $n$  – обсяг вибірки  $\bar{x}$ ,  $h_{i(s)\{\eta\}\{\ell\}}(\vartheta)$  – оптимальні коефіцієнти  $i$ -го порядку, з параметром глибини усічення полінома  $\ell$ , знаходяться з розв'язку системи:

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq (c, e, \dots, l)}}^{s-\ell} h_{j(s)\{\eta\}\{\ell\}}(\vartheta) \cdot K_{i,j\{\eta\}}(\vartheta) = \frac{d}{d\vartheta} [m_{i\{\eta\}}(\vartheta)].$$

**Метою** даної роботи є дослідження складності алгоритму знаходження спільних оцінок параметра постійного сигналу та дисперсії негаусівської завади отриманих за допомогою методу максимізації усіченого стохастичного полінома степеня  $s$ .

### Вирішення задачі.

Крім критерію точності до алгоритмів спільного оцінювання параметра сигналу  $\vartheta$  та дисперсії завади  $\chi_2$  пред'являється вимога швидкості отримання результуючих виразів спільної оцінки  $\hat{\vartheta}$  та  $\hat{\chi}_2$ . Швидкість зазначених алгоритмів оцінювання залежить від їх складності. Алгоритм спільного оцінювання параметра сигналу  $\vartheta$  та дисперсії негаусівської завади, які ґрунтуються на методі максимізації усіченого стохастичного полінома, наведений на рис. 1.

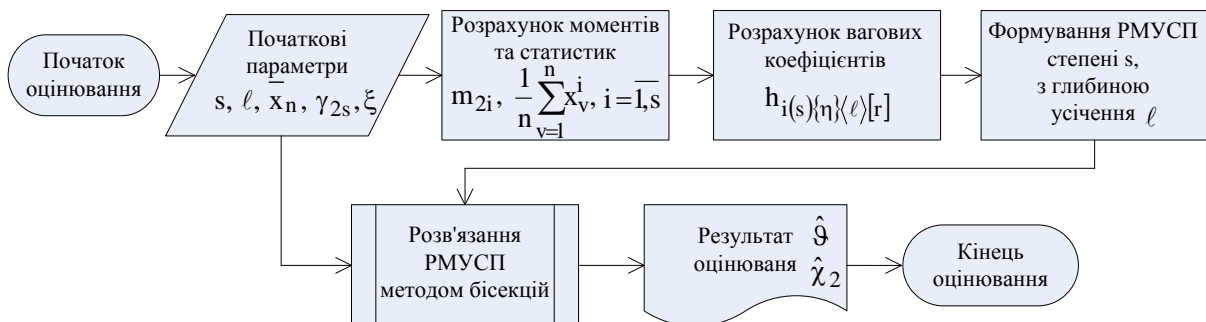


Рис.1 – Алгоритм знаходження оцінки параметра постійного сигналу при усіченому оцінюванні дисперсії завади, з використанням методу максимізації усіченого полінома при степені  $s$  та глибині усічення  $l$

Наведений алгоритм спільного оцінювання складається з чотирьох етапів. Відповідно до заданих початкових параметрів, на першому етапі визначаються чисельні значення моментів та статистик  $k$ -го порядку, де  $k = \overline{1, s - \ell}$ .

В залежності від чисельного значення параметра глибини усічення стохастичних поліномів  $\ell$ , на другому етапі зазначеного алгоритму визначаються чисельні вирази вагових коефіцієнтів рівнянь максимізації усічених поліномів порядку  $k$ . Зазначимо, що при збільшенні параметра  $\ell$ , вирази коефіцієнтів  $h_{i(s)\{n\}\{\ell\}[r]}$ ,  $i = \overline{1, k}$ ,  $r = \overline{1, 2}$  спрощуються – містять меншу кількість елементарних математичних операцій.

На третьому етапі алгоритму відбувається формування рівнянь максимізації поліномів порядку  $k$ . Під час виконання четвертого етапу алгоритму оцінювання параметра  $\mathcal{G}$  відбувається процедура розв'язання степеневих рівнянь порядку  $k$  відносно змінних  $\mathcal{G}$  та  $\chi_2$  за допомогою запропонованого чисельного методу

Проаналізуємо час виконання кожного етапу описаного алгоритму спільного оцінювання в пакеті програм математичних обчислень Wolfram Mathematica 11. Особливістю побудови спільного алгоритму оцінювання є багатократне виконання кожного етапу спільного оцінювання параметрів  $\mathcal{G}$ ,  $\chi_2$ . Циклічне багаторазове знаходження спільної оцінки  $\hat{\mathcal{G}}$  та  $\hat{\chi}_2$ , здійснюється для ускладнення імітаційної моделі, яке необхідне для більш детального дослідження часу виконання кожного етапу алгоритму оцінювання.

На рис. 2 наведемо часову діаграму, яка показує час отримання спільної оцінки  $\hat{\mathcal{G}}$  та  $\hat{\chi}_2$ , а також характеризує ступінь ускладнення зазначених алгоритмів оцінювання за умови збільшення степеня усіченого полінома. По осі ординат на вище наведеній часовій діаграмі показано відношення часу спільного оцінювання параметра постійного сигналу  $\mathcal{G}$  та дисперсії завади  $\chi_2$  при використанні усіченого полінома степеня  $s$ , до часу оцінювання цих

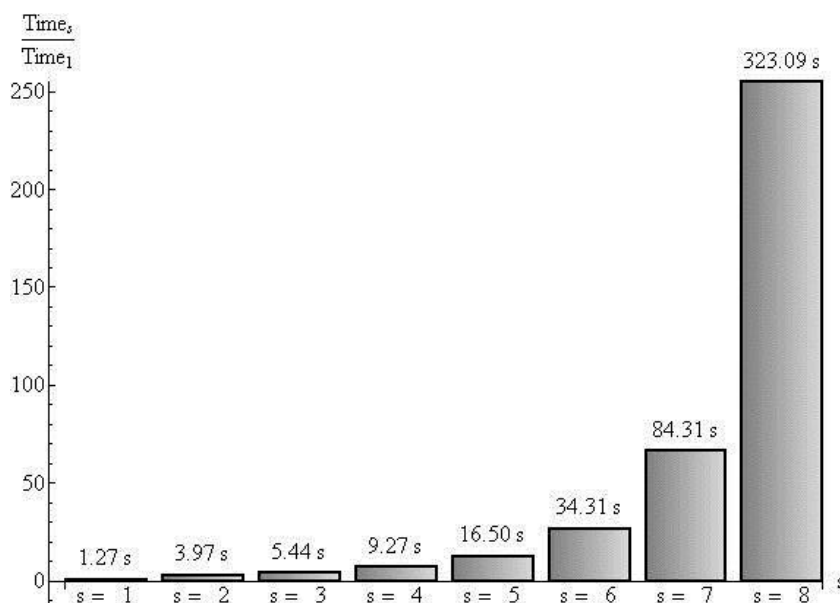


Рис. 2 – Діаграма часу спільного оцінювання параметра сигналу та дисперсії завади

же параметрів методом моментів. По осі абсцис для степенів усіченого полінома  $s = \overline{1, 8}$  приведений час отримання спільної оцінки  $\hat{\mathcal{G}}$  та  $\hat{\chi}_2$ .

Проаналізувавши часову діаграму, наведену на рис. 2, можемо сказати, що при збільшенні степеня полінома  $s$  збільшується час, за який отримуються спільні оцінки  $\hat{\mathcal{G}}$  та  $\hat{\chi}_2$ . Зауважимо, що для степенів поліномів  $s > 6$  алгоритми оцінювання параметра постійного сигналу  $\mathcal{G}$  при усіченому оцінюванні дисперсії  $\chi_2$  ускладнюються більш, ніж 60 разів.

### Література

1. Лега Ю. Г. Оцінка параметра постійного сигналу при усіченому оцінюванні дисперсії ексцесної завади другого типу / Ю. Г. Лега, А. В. Гончаров, В. В. Філіпов // Вісник інженерної академії України, 2010. – № 1. – С. 81-86.
2. Кунченко Ю.П. Метод максимизации усеченного стохастического полинома / Ю.П. Кунченко // Труды 8-ой Международной научно-практической конференции "Системы и средства передачи и обработки информации". – Одесса: ОНАС им. А.С. Попова, 2004. – с. 153–155.

**МОДЕЛЮВАННЯ ГЕНЕРАТОРІВ ХАОСУ В MATLAB/SIMULINK****Чепинога А.В., Музика Б.В.**

Черкаський державний технологічний університет  
18000, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. (0472) 730261

E-mail: a.chepynoha@chdtu.edu.ua

Теорія хаосу - незвичайна і молода наука, що описує поведінку нелінійних динамічних систем. На відміну від шуму, який є випадковим процесом, хаос - детермінований. Тобто для хаосу існує закон зміни величин, що входять в рівняння опису хаотичного процесу [1].

Окрім загальнонаукового інтересу, динамічний хаос представляє значний інтерес і має великі потенційні можливості у сфері прикладних досліджень і розробок, передусім в радіофізиці, електроніці, системах передачі і захисту інформації. Особливо останнім часом розвивається напрямки хаотичної синхронізації та бездротової передачі даних хаотичними сигналами, що зумовлює актуальність їх дослідження і реалізації в цифрових вбудованих системах на базі цифрових сигнальних процесорів чи програмованих логічних інтегральних схем [2].

Серед галузей знань, де спостерігаються і досліджуються хаотичні коливання, нелінійні електронні системи займають особливе місце. По-перше, пристрої, що складаються з резисторів, ємностей і індуктивностей, доповнених нелінійними елементами, виявилися прекрасним експериментальним полігоном для вивчення біфуркаційних явищ і хаосу. По-друге, ці пристрої є моделями з добре контрольованими параметрами, і для них можна добитися хорошого збігу між експериментальними результатами і моделюванням. І, нарешті, по-третє, радіоелектроніка, інфотелекомунікаційні технології в цілому є привабливими сферами застосування хаосу (хаотичних коливань) [3].

На даний час з розвитком цифрових вбудованих систем основними методами побудови генераторів хаосу буде їх створення на основі цифрових



процесорів обробки сигналів чи програмованих логічних інтегральних схем. Разом з тим, для перевірки та налагодження роботи таких генераторів можуть бути використані різноманітні системи моделювання та інженерних розрахунків, в тому числі і такі як MATLAB/SIMULINK, LabVIEW тощо [3].

Завдяки цьому, актуальність розробки та моделювання генераторів хаосу на основі цифрової елементної бази не викликає сумнівів.

Метою роботи є розробка моделей генераторів хаосу в інженерному пакеті MATLAB/SIMULINK с подальшою реалізацією їх на апаратній платформі програмованих логічних інтегральних схем.

В дослідженні було проведено аналіз існуючих розробок генераторів хаосу. Проведено моделювання генераторів Лоренца, Реслера, Рікітакі, Нозе-Гувера з використанням пакету MATLAB/SIMULINK та Xilinx System Generator. Побудовано аттрактори та отримано реалізації сигналів на їх виході. Верифіковано проекти для ПЛІС Xilinx. Що до впровадження в практику даної розробки, то застосування може бути у завданнях радіотехніки і телекомунікацій, де хаос може застосовуватися для модулювання несучої при створенні надширококутних сигналів цифровими методами, для передачі сигналів на рівні шумів та шумовими сигналами; в сфері кібербезпеки – шифрування даних за допомогою псевдовипадкових послідовностей; при моделюванні складних динамічних систем тощо.

### Література

1. Дмитриев А.С. Генерация хаоса / Дмитриев А.С. – М.: Техносфера, 2012. – 424 с.
2. Muthuswamy B., Banerjee S. A route to chaos using FPGAs. – Switzerland: Springer International Publishing, 2015. – 219 p.
3. Потехин Д.С., Тарасов И.Е. Разработка систем цифровой обработки сигналов на базе ПЛИС. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2017. – 253 с.
4. Патрушев Е.М., Патрушева Т.В., Наздрюхин И.С. Автоматическая симуляция в среде MATLAB SIMULINK на примере модели генератора Дуффинга-Холмса // Ползуновский альманах. – 2016. – №. 2. – С. 181-183.

## **МОДЕЛЬ ХАОТИЗАЦИИ ДЕПРЕССИВНОГО СОЦИУМА БЫСТРЫМИ ВНЕШНИМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ**

**Якунин А.В.**

Харьковский национальный университет городского хозяйства

имени А.Н. Бекетова

61002, Харьков, ул. Маршала Бажанова, 17, тел. (057) 7073130

E-mail: yava1957pens@gmail.com

В современных украинских реалиях наличие обширных депрессивных регионов, характеризующихся потенциальными социальными конфликтами, делает наше государство неустойчивым и желанным объектом внешней экспансии. Внедрение деструктивных идей, размытие социальных ориентиров, подрыв законности и экономических устоев, террористические акты и военная агрессия в различных формах – ее проявления. Это требует выработки управленческих решений по упреждающему противодействию негативным влияниям и поддержанию социального консенсуса. Подспорьем для этого может служить информационно-аналитическая система проработки возможных вариантов развития событий. Сложность и неоднородность социальных процессов, открытость внешней среде и высокий уровень самоорганизации определяют необходимость синергетического подхода к их моделированию на базе компьютерных технологий [1]. Для описания социальной динамики депрессивного социума в условиях внешних воздействий предлагается модифицировать модель типа «хищник – жертва» [2], дополненную наличием в депрессивной социальной системе гипертрофированной третьей нейтральной составляющей – «иждивенцы». Обобщением модели [2] служит включение в нее многомерного внешнего возмущения малой ограниченной вариации, зависящего от «быстрого» времени, для комплексного отражения управляемых воздействий малой интенсивности и быстрой динамики. Модифицированная модель имеет вид нелинейной дифференциальной системы:

$$\frac{dx}{dt} = a_1x - b_1x^2 - c_1x(y/\varepsilon) - (1/\varepsilon)d_1x(\varepsilon z) + e_1(y/\varepsilon) + e_1(y/\varepsilon) + \varepsilon w_1; \quad (1)$$

$$\frac{d(y/\varepsilon)}{dt} = a_2(y/\varepsilon) - \varepsilon b_2(y/\varepsilon)^2 + c_2x(y/\varepsilon) - d_2(y/\varepsilon)(\varepsilon z) + e_2x + \varepsilon w_2; \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{d(\varepsilon z)}{dt} = & -a_3(\varepsilon z) - (1/\varepsilon^2)b_3(\varepsilon z)^2 + (1/\varepsilon)c_3x(\varepsilon z) + \\ & + d_3(y/\varepsilon)(\varepsilon z) + \varepsilon^2 e_3(y/\varepsilon) + \varepsilon w_3. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь  $t$  – текущее время,  $t \geq 0$ ;  $x = x(t)$ ,  $y/\varepsilon = (1/\varepsilon)y(t)$ ,  $\varepsilon z = \varepsilon z(t)$  – доли численности соответственно «жертв» (производителей), «иждивенцев» и «хищников» (предпринимателей, управленцев);  $\varepsilon w_i = \varepsilon w_i(\varepsilon t)$  ( $i=1,2,3$ ) – зависящие от «быстрого» времени  $\tau = \varepsilon t$  соответствующие компоненты внешнего возмущения;  $a_i, b_i, c_i, d_i, e_i$  ( $i=1,2,3$ ) – постоянные положительные коэффициенты;  $\varepsilon$  – малый параметр,  $0 < \varepsilon < 1$ .

Система (1) – (3) дополняется начальными условиями:

$$t_0 = 0: x(0) = x_0; y(0) = y_0; z(0) = z_0, \text{ где } x_0 + (1/\varepsilon)y_0 + \varepsilon z_0 \approx 1, \quad (4)$$

и смысловыми ограничениями:

$$x \geq 0; y \geq 0; z \geq 0. \quad (5)$$

Для построения приближенного решения задачи (1) – (5) используется метод пограничных функций [3] с вычислениями в MATLAB.

### Література

1. Василькова В. В. Порядок и хаос в развитии социальных систем / В. В. Василькова. – СПб.: Лань, 1999. – 480 с.
2. Якунин А. В. Исследование динамики контрастной социальной структуры в среде MATLAB / А. В. Якунин // Информационные системы и технологии : материалы 5-й Международ. науч.-техн. конф., Харьков, 12–17 сентября 2016 г. : тезисы докладов / [редкол. : А. Д. Тевяшев (отв. ред.)]. – Харків : ДРУКАРНЯ МАДРИД, 2016. – С. 246 – 247.
3. Verhulst F. Methods and Applications of Singular Perturbations. Boundary Layers and Multiple Timescale Dynamics / F. Verhulst. – Berlin : Springer – Verlag, 2005. – 328 p.

# Історія науки і техніки

**ГОРДІСТЬ НАША – УНІВЕРСИТЕТ!****Даник В.О.**

Черкаський державний технологічний університет  
18006, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. 8(0472)730261

E-mail: volodimir.danik@yandex.ua

Наше древнє і молоде, красиве і зелене місто на кручах Дніпра, ставши обласним центром, поступово перетворилось на центр університетський. І це перетворення відбувалось на протязі ряду літ упевнено, стрімко і у той же час... ніби непомітно. Одначе кожен розуміє, що це обставина, яка заслуговує і пильної уваги, і глибокого осмислення.

Університет – це насамперед... традиції. Це ті неординарні люди, що роками працювали поруч з нами. Це ті славні імена, що тепер уже стали справжніми легендами. І як тут не згадати видатного ученого, незабутнього Юрія Петровича Кунченка, що немало років пропрацював на кафедрі радіотехніки (тепер уже – кафедрі радіотехніки та інформаційно-телекомунікаційних технологій). Бо університет – це і люди, що пішли від нас, назавжди залишившись у нашій пам'яті. Про університет і вірш, приведений нижче.

**МІЙ РІДНИЙ УНІВЕР**

А це властиво для універу,  
Що кожна мить там – немов прем'єра...  
Що кожна днина – стрімка й квітуча,  
Що кожне серце – дзвінке, мов круча!  
Універ... Мій рідний універ,  
Як бурхливо квітнеш ти тепер!  
Мов одна з незнаних ще планет,  
Горда назва – університет...  
Найважливіше для універу –  
Яка духовна там атмосфера!  
Бо як замало завзяття й шуму,

То можна зовсім – скиснуть від суму!  
А храм науки – це так багато!  
Душі і думки сяйливе свято.  
Це знань квітуча, безкрая нива,  
Що всіх нас манить у даль мрійливо!  
Універ... Мій рідний універ,  
Як бурхливо квітнеш ти тепер!  
Мов одна з незнаних ще планет,  
Горда назва – університет...

Викладацька діяльність – це не тільки передача тих чи інших знань, а і спілкування з студентською юнню, що є надією і майбутнім України, її ніжним цвітом і її окрасою. Це той важливий і у життєвому розумінні момент, коли активно поєднуюється у єдину духовну силу досвід різних поколінь. Про це і наступний вірш.

\* \* \*

А коли важко – будь, мов круча!  
Супроти нетрів злих – повстань...  
Чи треба з досвідом болючим  
До когось – попелом повчань?!  
Кипіння літ нещадним виром –  
З яких тривога, з чийх легенд!  
Що не кажи, а юність – щира...  
Зневіра їй – не аргумент!

Університет – це не тільки вагома інтелектуальна сила. Це ще і неперебутній фактор духовного і емоційного впливу. Про це і вірш, що перед вами.

#### УНІВЕР

Коли здається – витримати не можна,  
Коли гірка... важка для тебе мить!  
Коли душа похмура і тривожна,

Коли душа і мучиться, й болить,  
Йди-но, друже, в стіни універу –  
Туди, де юнь, де гомін, і де сміх!  
Туди, де кожен день – ніби прем'єра...  
Де стільки доль, надій, стрімких доріг!  
І що тоді усі думки безкрилі?  
І смуток, що тобі – як тінь важка!  
Це мов краплина – так! Бурхливій хвилі...  
Коли вирує юнь – немов ріка!

Живемо у дуже нелегкі часи. Однак саме тепер все помітніше фактор єднання окремих членів суспільства у спільну силу – народ... І роль університету, як інтелектуального і духовного центру, зростає і ще більше зростатиме. Про цю серйозну тему – у наступному вірші, написаному однак не без легких іронічних нот.

#### Є ЗАСІБ (Іронічне)

Життя нуртує і нуртує –  
Це ж скільки злих вітрів ураз!  
Життя гартує і гартує –  
Кого ж усе ж бо... як не нас?!  
Хтось нарікає на недолю –  
Близько, мовляв, подих грози...  
Є засіб, щоб зміцнити волю –  
Це жити... у важкі часи!

Університет – це інтелект. Університет – це духовна сила. Університет – це творчість! Університет – це фактор суспільного зростання, що набуває все більшого значення у ці стрімкі і непрості часи.

#### Література

1. Альманах „Спадщина Черкащини” грудень 2009р. №7, Черкаси, с. 47-49.
2. Володимир Даник Гумор – на студентській хвилі! Черкаси, 2010р.

**ТЕМИ – НАВКОЛО РАДІОТЕХНІКИ!****Даник В.О.**

Черкаський державний технологічний університет  
18006, Черкаси, бул. Шевченка 460, тел. 8(0472)730261

E-mail: volodimir.danik@yandex.ua

Видатний учений, незабутній **Юрій Петрович Кунченко**, спілкуючись з колегами по кафедрі, не раз наголошував: – Студенти, що приходять навчатися на спеціальність «Радіотехніка» – це студенти особливі...

Студенти особливі – ото ж і гумор їх особливий! А коли викладацьку діяльність поєднуєш з письменницькою творчістю, то це не може не виявити себе як у публікаціях, так і у нових творах, з якими хотілося б ознайомити людей, небайдужих до цієї важливої і цікавої науки.

Ось усмішка, що поєднує у собі як жартівливі, так і ліричні ноти.

**ПОКИ ЗДАСИ (Усмішка)**

То життя – стрімкий потік!

То – безхмарна тиша...

Грицько вчиться другий рік:

І не десь – у виші!

Тихо так, без суєти,

Запитує мати:

– Ну, а там, де вчишся ти –

Є... скажи... дівчата?!

В неньки сяйво сивини

І в очах тривога:

– І скажи, які ж вони!

Чи гарні хоч трохи...

Чи невістку там знайдеш –

Марусю... чи Нату...

Та Грицько матусю теж

Вміє налякати:



– Кожна – ідеал краси!  
Розумненька кожна...  
Поки лаби всі здаси –  
Женитися можна!

Автором цих рядків було створено немало афоризмів. Отож і не дивно, що і у творах цього непростого, але вельми читабельного жанру знайшли свій відгомін бурхливі реалії навчального процесу.

### СТУДЕНТИЗМИ

Чим довша формула, тим важче їй укластися – у голові! Але куди ж їй, бідній (формулі?! Ні, голові...), подітися?!

Та один студент може сказати на іспиті стільки несподіваних (таких, що від нього, ну, ніяк не чекали!..) думок, що на десять професорів – цілком вистачило б!

Як показують багатолітні спостереження: студенти надміру балакучі на лекції, здебільшого, надто мовчазні у перерві між парами чи після занять. Мабуть, вибалакались!

А студентство – це цвіт нації! Бурхливий, нев'янучий цвіт...

А студентство – це юність... А юність завжди – і мрійлива, і тривожна, і незаспокоєна!

Студент – це така... незахищена істота! Його так легко можна морально травмувати постійним нагадуванням про екзамен чи залік, який він, на жаль, ще не здав.

Як у добре відомій пісні співається – від сесії до сесії живуть студенти весело! А у сесію – що... сумно?! Та ні... Ще веселіше!

Роздуми студента після іспита: і як у мою бідну голову могло влізти... стільки знань!

Лекції, практичні заняття і лабораторні роботи – це добре... Але звідки ж візьмуться знання – без сесії... Без свята знань!

Додаткові калорії додатковим знанням – не завада!

Приходить свято весни і краси – 8 Березня. І чоловіки кафедри радіотехніки та інформаційно-телекомунікаційних систем поздоровляють своїх колег-жінок з цим назабутнім святом. І без поетичних присвят чарівним дамам, звичайно ж, не обходиться. Ось одна з них.

### ЖІНКАМ КАФЕДРИ

6.03.15р.

І хоч і шторм, бува, і тут, і там,  
А грім завжди завершується тишею.  
Без наших, без радіотехнічних дам  
Радіотехніці – просто не вижити!

Але ж які будні – без свят? Отож і навчальний процес неможливий без свята знань – сесії... Ось дві жартівливі мініатюри про сесію. Одна з точки зору студента.

### РОЗДУМИ СТУДЕНТА

То що ж це? Двійка?! Се ля ві...  
У пізнання шляхи... криві.  
У знань є здатність особлива –  
Зникати хутко в голові!

А інша мініатюра вже з точки зору викладача.

### З ЛЮБОВ'Ю

Бувають дуже непрості моменти...  
Що варті – не піано... А крещендо!  
Бо навіть двійку справжній викладач  
Ставить завжди... з любов'ю до студента!

Кипить, вирує навчальний процес. А здатність і викладачів, і студентів усміхнутися лише додає до цього нових і привабливих барв. Що, звичайно ж, тільки на користь!

### Література

1. Альманах „Спадщина Черкащини” грудень 2009р. №7, Черкаси, стор. 47-49.
2. Володимир Даник Гумор – на студентській хвилі! Черкаси, 2010р.

**ПІДПРИЄМСТВО ТОВ "НВС ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ"****Прокопюк В.О.**

ТОВ "НВС Телематичні Системи"

тел. +38(050)3941728

ТОВ "Навіс-Україна" було створено 2005 року на базі конструкторського бюро ДП «Оризон-Навігація» яке існує з 1995 року, загалом за 25 років на базі ДП «Оризон-Навігація» утворилось близько десяти підприємств з напрямком діяльності пов'язаним з супутниковою навігацією, чотири з яких зараз працюють в місті Сміла, інші працюють за межами України. Мало кому відомо що багато інженерів Смілянських підприємств приймали активну участь при зародженні вітчизняної супутникової навігації.

Основними напрямками діяльності нашого підприємства є:

- проведення досліджень і виконання розробок в області навігаційних технологій з використанням сигналів глобальних навігаційних супутникових систем ГЛОНАСС / GPS GALILEO / Бейдоу;
- розробка апаратури споживачів супутникових навігаційних систем ;
- виконання науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт за договорами для підприємств та організацій за тематикою навігаційної апаратури.

Діапазон апаратури і компонентів, що розробляється підприємством включає наступні споживчі сегменти:

- навігаційні приймачі для морських, авіаційних і наземних застосувань;
- навігаційні приймачі для сільського господарства;
- обладнання для диференціальних сервісів;
- технологічне обладнання імітації сигналів супутникових навігаційних систем ГЛОНАСС, GPS, GALILEO;
- апаратура часової синхронізації;
- обладнання кутомірної навігації;
- антенні пристрої;
- програмне забезпечення (вбудоване і прикладне).

Штат ТОВ “НВС ТС” налічує близько 50 фахівців. Основний склад колективу компанії - це провідні фахівці з більш ніж 15-ти річним досвідом роботи в області розробки апаратури споживачів супутникових радіонавігаційних систем які брали участь у створенні навігаційної апаратури споживачів усіх попередніх поколінь:

- апаратура супутникової навігації для військових і цивільних споживачів, -апаратура часової синхронізації для систем зв'язку,
- апаратура імітації сигналів СНС.

ТОВ “НВС Телематичні Системи” приймало участь в міжнародному проекті «GALILEO».

В рамках проекту, під егідою Європейського космічного агентства, за участю фахівців ТОВ “НВС Телематичні Системи” були розроблені і виготовлені діючі прототипи мультисистемного приймача для морських застосувань і робочі екземпляри імітатора сигналів GPS / GALILEO / SBAS.

Нові напрямки в розробках, які виконуються ТОВ “НВС Телематичні Системи”. З метою переходу нашим підприємством на комерційний ринок, с літа 2018 року основним напрямком розробок нашого підприємства є агронавігація.

Головним досягненням нашого підприємства останніх років є розробка, виготовлення та успішна реалізація антен для паралельного водіння серії АСН які використовуються в сільському господарстві, їх розробка почалася в 2016 році, на сьогоднішній день продано близько 2000 антен.

Для успішної реалізації продукції нашому підприємству довелося освоювати вкрай актуальну і цікаву тематику – маркетинг.

Зараз наше підприємство веде розробку перспективних проектів для сільського господарства – підрулюючого пристрою, автоматичного контролера секцій оприскувача та розробкою агронавігатора який буде визначати координати з сантиметровою точністю.

Наше підприємство запрошує на роботу спеціалістів в області розробки радіоелектронних пристроїв та програмування.

## АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК

<i>Абдуллаев Н.Т.</i>	5
<i>Артеменко В.В.</i>	73
<i>Артеменко М.Ю.</i>	65
<i>Ахмедова Х.Р.</i>	5
<i>Бабаков М.Ф.</i>	40, 97
<i>Багрій М.О.</i>	155, 157, 159
<i>Безрук В.М.</i>	68
<i>Берегун В.С.</i>	91
<i>Богущ Р.П.</i>	8
<i>Бойко І.С.</i>	73
<i>Борона Є.М.</i>	113
<i>Верлань А.Ф.</i>	11
<i>Ведєрніков Д.А.</i>	103
<i>Воробкало Т.В.</i>	73
<i>Гавриш О.С.</i>	155, 157, 159
<i>Гаген В.А.</i>	52
<i>Гальченко В.Я.</i>	178, 181, 185
<i>Гломаздин В.В.</i>	117
<i>Гончаров А.В.</i>	119, 122, 124, 127
<i>Гресь О.В.</i>	173
<i>Гулямов Ш.Р.</i>	133
<i>Даник В.О.</i>	130, 161, 196, 199
<i>Доронін Д.С.</i>	119
<i>Заболотній С.В.</i>	76, 80
<i>Зорін О.С.</i>	142, 143
<i>Ибрагимова И.Д.</i>	5
<i>Іванець О.М.,</i>	142
<i>Івченко О.В.</i>	103
<i>Калюжный Н.М.</i>	68
<i>Каримов М.М.</i>	133
<i>Кисельов В.Б.</i>	149
<i>Кисельова Г.О.</i>	149
<i>Клопотовський П.А.</i>	113, 164
<i>Красильников А.И.</i>	21, 91, 94

<i>Кривенко Е.В.</i>	117
<i>Кривов'яз А.Т.</i>	139
<i>Кудін О.О.</i>	175
<i>Кунченко-Харченко В.І.</i>	24, 83
<i>Кутафін Ю.В.</i>	65
<i>Лелеко С.А.</i>	166
<i>Лихошерстов Д.О.</i>	168
<i>Ло Иян</i>	40, 97
<i>Луценко В.И.</i>	40, 97, 117
<i>Луценко И.В.</i>	40, 97, 117
<i>Мартыненко С.С.</i>	169
<i>Machusky Eugene</i>	43
<i>Маува Taras</i>	83
<i>Межерецький В.О.</i>	157
<i>Мелешко Є.В.</i>	100
<i>Москаленко А.С.</i>	191
<i>Музика Б.В.</i>	191
<i>Ogirko Igor</i>	83
<i>Ohirko Olha</i>	83
<i>Палагін В.В.</i>	52, 103, 142, 143, 145
<i>Палагіна О.А.</i>	52, 143
<i>Пашков М.В.</i>	142
<i>Погребняк Є.В.</i>	122
<i>Політанський Л.Ф.</i>	173
<i>Політанський Р.Л.</i>	173
<i>Полобюк Т.А.</i>	94
<i>Положаєнко С.А.</i>	55
<i>Попукайло В.С.</i>	107
<i>Приходько Н.В.</i>	175
<i>Приходько С.Б.</i>	175
<i>Продеус А.М.</i>	58
<i>Прокопюк В.О.</i>	202
<i>Романенко С.Н.</i>	146
<i>Розорінов Г.М.</i>	173
<i>Рудковський О.В.</i>	55
<i>Рудь М.П.</i>	76
<i>Рябов А.В.</i>	124

<i>Сагатов М.В.</i>	133
<i>Силенко Р.А.</i>	169
<i>Ситник О.О.</i>	149
<i>Сікора Л.С.</i>	24
<i>Смірнов Д.О.</i>	145
<i>Солуян М.А.</i>	166
<i>Столяренко Ю.А.</i>	107
<i>Сторчак А.В.</i>	178, 181
<i>Тверденко А.В.</i>	146
<i>Тимченко В.В.</i>	142, 143
<i>Тичков В.В.</i>	178, 181, 185
<i>Ткаченко О.М.</i>	76
<i>Трембовецька Р.В.</i>	178, 181, 185
<i>Усик А.С.</i>	152
<i>Федорченко Г.С.</i>	110
<i>Федорченко С.Г.</i>	110
<i>Філіпов В.В.</i>	187
<i>Хаба О.І.</i>	159
<i>Хамдамова С.М.</i>	133
<i>Хапченко О.В.</i>	61
<i>Хвіст А.М.</i>	65
<i>Chorniy Andriy</i>	83
<i>Чепинога А.В.</i>	80, 113, 152, 191
<i>Шпатар П.М.</i>	173
<i>Шубный А.И.</i>	117
<i>Якунин А.В.</i>	193
<i>Ященко О.В.</i>	127

## ЗМІСТ

### МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ СИГНАЛІВ ТА СИСТЕМ

1. *Абдуллаев Н.Т., Ибрагимова И.Д., Ахмедова Х.Р.* Анализ методов прогнозирования выбросов динамических рядов интервалов сердцебиения с фрактальными свойствами 5
2. *Богущ Р.П.* Усеченный алгоритм беспойсковой синхронизации нелинейных бинарных сигналов 8
3. *Верлань А.Ф.* Регуляризаційні алгоритми реалізації інтегральних динамічних моделей в задачах відновлення сигналу 11
4. *Красильников А.И.* Модели распределений перфорированных случайных величин 21
5. *Кунченко-Харченко В.І., Сікора Л.С.* Системно-ресурсний та когнітивно-інформаційний характер кондратьевських К-циклів розвитку техногенних структур 24
6. *Луценко В.И., Луценко И. В., Ло Иян, Бабаков М.Ф.* Имитационная модель акустических шумов процесса дыхания и технологии выделения сигнатур при патологиях легких. 40
7. *Eugene Machusky.* Transfinite wave mathematics of relative space-time 43
8. *Палагін В.В., Гаген В.А., Палагіна О.А.* Моделі та методи створення інформаційної системи підвищення якості надання медичних послуг 52
9. *Положаєнко С.А., Рудковський О.В.* Математичні моделі наливних вантажів, що перевозяться залізницею у вагонах-цистернах 55
10. *Продеус А.М.* Об'єктивне оцінювання якості кліпованих сигналів із використанням моменту четвертого порядку 58
11. *Ханченко О.В.* Автоматизована система підтримки теплового комфорту 61

### МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ТА СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ

12. *Артеменко М.Ю., Кутафін Ю.В., Хвіст А.М.* Теорія миттєвої потужності трифазної трипровідної мережі в системі координат методу двох ватметрів 65
13. *Безрук В.М., Калюжний Н.М.* Селекция и распознавание заданных сигналов в задачах радиоконтроля 68



14. **Воробкало Т.В., Артеменко В.В., Бойко І.С.** Синтез алгоритмів визначення кутового положення джерела радіосигналу на тлі негауссівських завад 73
15. **Заболотній С.В., Рудь М.П., Ткаченко О.М.** Застосування методу максимізації поліному для оцінювання параметрів нелінійних регресійних моделей 76
16. **Заболотній С.В., Чепинога А.В., Ярмош Б.В.** Аналіз ефективності застосування поліноміальних оцінок даних із експоненційним степеневим розподілом 80
17. **Kunchenko-Kharchenko Valentina, Ogirko Igor, Ohirko Olha, Mayba Taras, Chorniy Andriy.** Information technology for analysis and processing of large risk data and security of cibernetic systems 83
18. **Берегун В.С., Красильников О.І.** Аналіз помилок статистичного оцінювання щільності імовірності відрізком ряду по ортогональних поліномах 91
19. **Красильников А.И., Полобюк Т.А.** Кумулянтный метод обнаружения акустических сигналов утечки жидкости в трубопроводе 94
20. **Луценко В.И., Ло Иян, Луценко И. В., Бабаков М.Ф.** Концепция построения и модель многоканальной автоматизированной смарт-грид системы анализа акустических шумов для дифференциальной диагностики состояния легких 97
21. **Мелешко Є.В.** Методи кластеризації графів для побудови рекомендаційних систем соціальних медіа 100
22. **Палагін В.В., Івченко О.В., Ведерніков Д.А.** Знаходження оцінок параметра постійного сигналу на фоні негаусових корельованих завад 103
23. **Попукайло В.С., Столяренко Ю.А.** Программная реализация расчёта режимов электросетей на языке Python 107
24. **Федорченко С.Г., Федорченко Г.С.** Методика оценки энергетической безопасности региона 110
25. **Чепинога А.В., Клопотовський П.А., Борона Є.М.** Дослідження алгоритмів нелінійної поліноміальної фільтрації діагностичних сигналів 113

## АПАРАТНІ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ ТА ДАНИХ

26. **Гломаздин В.В., Кривенко Е.В., Луценко В.И., Луценко И.В., Шубный А.И.** Метеорологический комплекс 117
27. **Гончаров А.В., Доронін Д.С.** Розробка моделі "Розумний світлофор" 119

28.	<i>Гончаров А.В., Погребняк Є.В.</i> Автоматична індукційна установка для плавлення металів на мікропроцесорному керуванні	122
29.	<i>Гончаров А.В., Рябов А.В.</i> Робот-асистент на мікропроцесорній системі	124
30.	<i>Гончаров А.В., Яценко О.В.</i> Портативний термінал збору даних	127
31.	<i>Даник В.О.</i> Використання антенних ґраток при визначенні кутових координат фазовим методом в умовах впливу негаусівської завади	130
32.	<i>Каримов М.М., Сагатов М.В., Гулямов Ш.Р., Хамдамова С.М.</i> Класифікація методів захисту інформації от несанкціонованного копіювання	133
33.	<i>Кривов'яз А.Т.</i> Розробка і виробництво вітчизняної апаратури супутникової навігації	139
34.	<i>Палагін В.В., Зорін О.С., Тимченко В.В., Іванець О.М., Пашков М.В.</i> Автономна система виміру дальності з передачею даних	142
35.	<i>Палагін В.В., Зорін О.С., Тимченко В.В., Палагіна О.А.</i> Застосування технології комп'ютерного зору у сферах безпеки та обробки візуальних даних	143
36.	<i>Палагін В.В., Смірнов Д.О.</i> Автономна система вимірювання вологості ґрунту з передачею даних по радіоканалу	145
37.	<i>Романенко С.Н., Тверденко А.В.</i> Числинное моделирование гиперлинзы	146
38.	<i>Ситник О.О., Кисельова Г.О., Кисельов В.Б.</i> Підвищення технічного ресурсу дротяних потенціометрів з нульовою точкою	149
39.	<i>Чепинога А.В., Усик А.С.</i> Перспективи розробки модулятора завадо-подібних сигналів на основі мікроконтролера	152

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

40.	<i>Гавриш О.С., Багрій М.О.</i> Дослідження поширення декаметрових хвиль в іоносфері	155
41.	<i>Гавриш О.С., Межерецький В.О., Багрій М.О.</i> Дослідження хвиль в прямокутному хвилеводі засобами середовища Labview	157
42.	<i>Гавриш О.С., Хаба О.І., Багрій М.О.</i> Дослідження гібридної антени Quagi	159
43.	<i>Даник В.О.</i> Поняття дельта-функції під час вивчення дисципліни «Сигнали та процеси в радіотехніці»	161
44.	<i>Клопотовський П.А.</i> Імітаційне моделювання коду Ріда-Соломона в середовищі Matlab/Simulink	164

45.	<i>Лелеко С.А., Солуян М.А.</i> Дослідження впливу характеристик передавальних пристроїв на завадостійкість прийому сигналів з QAM модуляцією	166
46.	<i>Лихошерстов Д.О.</i> Модулі прийняття та аналізу даних автоматизованих систем управління	168
47.	<i>Мартыненко С.С., Силенко Р.А.</i> Имитационное моделирование работы обнаружителя шумоподобных сигналов с нулевым математическим ожиданием, принимаемых на фоне негауссовых помех	169
48.	<i>Політанський Л.Ф., Гресь О.В., Шпатар П.М., Політанський Р.Л., Розорінов Г.М.</i> Особливості програмної реалізації системи стиснення інформації з додатковим шифруванням	173
49.	<i>Приходько С.Б., Приходько Н.В., Кудін О.О.</i> Комп'ютерне моделювання залежної негаусівської випадкової величини за нелінійною регресійною моделлю на основі нормалізуючого перетворення	175
50.	<i>Сторчак А.В., Трембовецька Р.В., Гальченко В.Я., Тичков В.В.</i> Комп'ютерне моделювання вихрострумowego контролю багатозарових циліндричних виробів	178
51.	<i>Тичков В.В., Трембовецька Р.В., Гальченко В.Я., Сторчак А.В.</i> Постановка проблематики комп'ютерного моделювання вихрострумowego контролю циліндричних провідних виробів	181
52.	<i>Трембовецька Р.В., Гальченко В.Я., Тичков В.В.</i> Сурогатне моделювання для розв'язку обернених задач вихрострумowego контролю	185
53.	<i>Філіпов В.В., Москаленко А.С.</i> Дослідження складності алгоритмів спільного оцінювання параметрів сигналу та негаусівської завади	187
54.	<i>Чепинога А.В., Музика Б.В.</i> Моделювання генераторів хаосу в Matlab/Simulink	191
55.	<i>Якунин А.В.</i> Модель хаотизации депрессивного социума быстрыми внешними воздействиями	193

## ІСТОРІЯ НАУКИ І ТЕХНІКИ

56.	<i>Даник В.О.</i> Гордість наша – університет!	196
57.	<i>Даник В.О.</i> Теми – навколо радіотехніки!	199
58.	<i>Прокопюк В.О.</i> Підприємство ТОВ "НВС Телематичні системи"	202

<b>АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК</b> .....	204
<b>ЗМІСТ</b> .....	207

Наукове електронне видання

# П Р А Ц І

VII Міжнародної  
науково-практичної конференції

## "ОБРОБКА СИГНАЛІВ І НЕГАУСІВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ"

*Пам'яті професора  
Ю.П. Кунченка*

23-24 травня 2019 р.,  
м. Черкаси, Україна

*В авторській редакції.*

Технічний редактор *Філіпов В.В.*

---

Гарн. Times New Roman. Обл.-вид. арк. 12,62. Зам. 17-е112.

---

Черкаський державний технологічний університет  
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 896 від 16.04.2002 р.  
бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006

РTPС ЧДТУ  
osnp2019@gmail.com