

логіко-лінгвістичних моделей дозволяє простежити зв'язок між реченнями природною мовою. Головною особливістю такого формального алгоритму є застосування формалізованих правил використання засобів когезії у природно мовних текстах.

1. Виноградов В.А. Структурная лингвистика // Лингвистический энциклопедический словарь. – М.:1990.
2. Апресян Ю.Д. Лексическая семантика: в 2-х т. Т. 1. / Ю.Д. Апресян. – М.: “Восточная литература”, 1995. – 422 с.
3. Земская Ю.Н. Теория текста: учебное пособие / Ю.Н. Земская, И.Ю. Качесова, Л.М. Комиссарова, Н.В. Панченко, А.А. Чувакин. – М.: Наука, 2010. – 132 с. УРСС, 2004. – 320 с.
5. Филиппов К.А. Лингвистика текста. Курс лекций. / К.А. Филиппов. – Спб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2008. – 336с.
6. Український лінгвістичний портал, словники України/ <http://lcorp.ulif.org.ua/dictua/>.
7. Geeraerts Dirk. Cognitive linguistics: basic readings research / Dirk Geeraerts, Rene Dirven, John R. Taylor. – Berlin-New York: Mouton de cruyster, 2006. – 486 p.
8. Международная конференция по компьютерной лингвистике Диалог 2014 / <http://www.dialog-21.ru/dialog2014/>.
9. Шулкин Д.Е. Морфологический и синтаксический разбор текстов как конечный автомат, реализованный семантической нейронной сетью, имеющей структуру синхронизированного линейного дерева / Д.Е. Шулкин // Новые информационные технологии. – 2002. – С.74-85.
10. Вавіленкова А.І. Теоретичні основи аналізу електронних текстів: [монографія] / А.І. Вавіленкова, Д.В. Ланде, О.Є. Литвиненко. – К.: НАУ, 2014. – 250с.
11. Вавіленкова А.І. Логіко-лінгвістична модель як засіб відображення синтаксичних особливостей текстової інформації / А.І. Вавіленкова // Математичні машини та системи. – 2010. – № 2. – С. 134–137.

УДК 616.3-008.1

М. Тимчак, В. Дозорський, Г. Шадріна

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя,  
кафедра біотехнічних систем

## КОМПОНЕНТНИЙ МЕТОД ОПРАЦЮВАННЯ ЕЛЕКТРОГАСТРОСИГНАЛУ

© Тимчак М., Дозорський В., Шадріна Г., 2014

**На основі енергетичної теорії стохастичних сигналів використано компонентний метод для статистичного опрацювання електрогастросигналу, який дасть змогу розширити можливості електрогастросистем.**

**Ключові слова:** електрогастросигнал, шлунково-кишковий тракт, компонентний метод.

**The theory of stochastic signal energy based on component method used for statistical processing elektrohastrosignal that will help empower elektrohastrosystem**

**Key words:** elektrohastrosignal, gastrointestinal tract, component method.

### Постановка проблеми

За статистичними даними Міністерства охорони здоров'я України, спостерігається тенденція до зростання кількості людей із захворюваннями шлунково-кишкового тракту (ШКТ), що пов'язані з харчовими отруєннями та гострими кишковими інфекціями, зокрема

станом на кінець 2013 року виявлено 430 випадків на 10000 людей, з них 297 – це дорослі, і 153 – діти віком до 18 років. Прогнозовано [1], що до 2020 року кількість спалахів такого роду захворювань подвоїться. Тому завчасна діагностика стану шлунково-кишкового тракту (ШКТ) є актуальною задачею сучасної медицини.

Патологічні стани ШКТ проявляються у зміні функціонування його органів, зокрема у змінах в моториці ШКТ. Ці зміни добре проявляються в електрогастросигналах (ЕГС), що відображають електричну активність органів ШКТ (зміну електричних потенціалів, що виникають в гладких м'язах окремих відділів ШКТ). Належне опрацювання таких сигналів забезпечить можливість завчасної діагностики захворювань ШКТ та дасть змогу виявити функціональні зміни на ранній стадії їх розвитку і провести профілактичні заходи, а у випадку наявності патології запобігти розвитку хвороби відповідним лікуванням.

Отже, враховуючи наведену вище статистику захворюваності ШКТ, актуальною науковою та технічною задачею є удосконалення відомих або розроблення нових ефективніших методів опрацювання ЕГС для підвищення достовірності результатів роботи автоматизованих діагностичних систем.

### Аналіз останніх досліджень

Сьогодні поширеними в медичній практиці діагностування захворювань ШКТ є автоматизовані електрогастроентерологічні системи, наприклад, системи “Гастроскан-ГЭМ” (Росія), Digitapper EGG” (Швеція, США), в яких власне і здійснюють відбір та опрацювання ЕГС. В основу роботи програмного забезпечення у таких системах покладено два підходи до подання ЕГС, а саме детерміністський (ЕГС розглядається як суміш періодичних функцій) та ймовірнісний (ЕГС розглядається як стаціонарний процес). При цьому застосовуються методи гармонічного та спектрально-кореляційного аналізу ЕГС. Однак в таких моделях не враховують стохастичного характеру електрогастросигналу (ЕГС) як відображення функціонального стану ШКТ. Однак ці методи мають такі недоліки: неможливість оцінювання часово-фазової структури з метою виявлення часових моментів появи змін у роботі ШКТ та прогнозування тенденцій розвитку захворювання у випадку його наявності. Також самі методи не мають засобів або врахування стохастичної складової ЕГС (детерміністський підхід), або опису коливних процесів (ймовірнісний підхід), яким є ЕГС.

Математичний апарат для опрацювання такого виду сигналів дає енергетична теорія стохастичних сигналів, застосування якої до опису ЕГС, зокрема подання його у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, обґрунтовано в праці [2]. У цій праці також розглянуто можливість застосування до опрацювання ЕГС таких методів, як синфазний та компонентний. У праці [3] застосовано до опрацювання ЕГС синфазний метод та інтерпретовано отримані результати. Однак сама апаратно-програмна реалізація методу є доволі складною. Простішим в цьому плані є компонентний метод.

### Компонентний метод аналізу моторики ШКТ

Характерною властивістю ПКВП є періодичність його математичного сподівання  $m_x(t)$  та кореляційної функції  $b_x(t, u)$ . Компонентний метод базується на тому, що згадані статистичні характеристики ЕГС є періодичними функціями від часу, а тому можуть бути представлені за допомогою розкладів типу:

$$\hat{m}_x(t) = \sum_{k \in Z} \hat{m}_k \exp\left(ik \frac{2p}{T} t\right), \quad (1)$$

$$\hat{b}_x(t, u) = \sum_{k \in Z} \hat{B}_k(u) \exp\left(ik \frac{2p}{T} t\right), \quad (2)$$

де  $\hat{m}_k$  та  $\hat{B}_k(u)$  – коефіцієнти розкладів, причому  $\hat{m}_k$  є випадковими величинами, а  $\hat{B}_k(u)$  – випадковими функціями.

Коефіцієнти розкладів (1) та (2) називають також компонентами характеристик та знаходять за виразами:

$$\hat{m}_k = \frac{1}{T} \int_0^T \hat{m}_x(t) \exp\left(ik \frac{2p}{T} t\right) dt, \quad (3)$$

$$\hat{B}_k(u) = \frac{1}{T} \int_0^T \hat{b}_x(t, u) \exp\left(ik \frac{2p}{T} t\right) dt. \quad (4)$$

Для знаходження кореляційних компонент, окрім статистики (4), використано вираз:

$$\hat{B}_k(u) = \frac{1}{T} \int_0^T [x(t)x(t+u) - m_x(t)m_x(t+u)] \exp\left(-ik \frac{2p}{T} t\right) dt. \quad (5)$$

При відомому математичному сподіванні ЕГС оцінки кореляційних компонент для  $T = k \cdot dt \in$  незсунутими, тому незсунутими  $\in$  і визначені на їх основі оцінки кореляційної функції.

### Компонентний метод опрацювання ЕГС у вигляді дискретної послідовності

Сьогодні усі відомі методи опрацювання ЕГС в автоматизованих діагностичних системах реалізовано у вигляді програмного забезпечення, яке оперує безпосередньо із дискретним ЕГС, тому компонентний метод застосовано для опрацювання послідовності ЕГС як періодично корельованої випадкової послідовності із дискретним часом.

Компонентний метод статистичного оцінювання характеристик послідовності ЕГС із дискретним часом  $\in$  незначними модифікаціями статистики стаціонарних випадкових процесів. Тому обґрунтування методу статистичного оцінювання характеристик ґрунтується на понятті **h**-ергодичності, яка виражається як властивість випадкових процесів із дискретним часом [4].

Для ергодичності процесу із дискретним часом загалом відносно середнього необхідно і достатньо, щоб векторний процес з дискретним часом був ергодичним відносно середнього:

$$\overset{o}{x}(n\Delta t) = x(n\Delta t) - \hat{m}_x^T(n\Delta t), \quad n = \overline{0, N-1}, \quad (6)$$

де  $x(n\Delta t)$  – послідовність ЕГС із дискретним часом;  $\Delta t$  – крок дискретизації ( $\Delta t \geq \frac{1}{2\Delta f}$ , де  $\Delta f$  – частота дискретизації ЕГС за теоремою Котельникова;  $n$  – номер відліку;  $N$  – довжина послідовності ЕГС  $x(n\Delta t)$ ;  $\hat{m}_x^T(n\Delta t)$  – періодичне продовження математичного сподівання ЕГС як послідовності  $x(n\Delta t)$  із дискретним часом:

$$\hat{m}_x^T(n\Delta t) = \sum_{k=1, N} c_{D_k}(n\Delta t) \hat{m}_x(n\Delta t + k\Delta t N_T), \quad n \in \overline{0, N-1}, \quad (7)$$

де  $k$  – номер періоду;  $N_T$  – кількість точок, в межах одного періоду ЕГС  $T$ ,  $N_T = \frac{T}{\Delta t}$ ;

$c_{D_k}(n\Delta t) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } n\Delta t \in D_k \\ 0, \text{ якщо } n\Delta t \notin D_k \end{cases}$  – індикаторна функція;  $D_k = [k\Delta t N_T, (k+1)\Delta t N_T)$  – часовий діапазон тривалості  $k$ -го відгуку ЕГС;  $\hat{m}_x(n\Delta t)$  – оцінка математичного сподівання ЕГС.

### Комп'ютерна реалізація компонентного методу

Блок-схему опрацювання ЕГС у вигляді дискретної послідовності із застосуванням описаних вище виразів наведено на рис. 1.

Розроблена блок-схема комп'ютерного опрацювання ЕГС (рис. 1) дає змогу оцінити його характеристики для виявлення нових в області діагностики ШКТ інформативних ознак на основі математичної моделі у вигляді періодично корельованої випадкової послідовності із дискретним часом.

### Результати комп'ютерного опрацювання компонентного методу аналізу моторики ШКТ

На основі описаного алгоритму (рис. 1) в середовищі Matlab було розроблено програму із графічним інтерфейсом для автоматичного опрацювання окремих вибірок з реєстрограм ЕГС. На рис. 2 наведено вибірки з реєстрограм ЕГС, відібраних від пацієнтів, що знаходяться в стані медичної норми (а) та патології (б) (власне сигнали, взяті з інтернет-баз даних медичних сигналів).

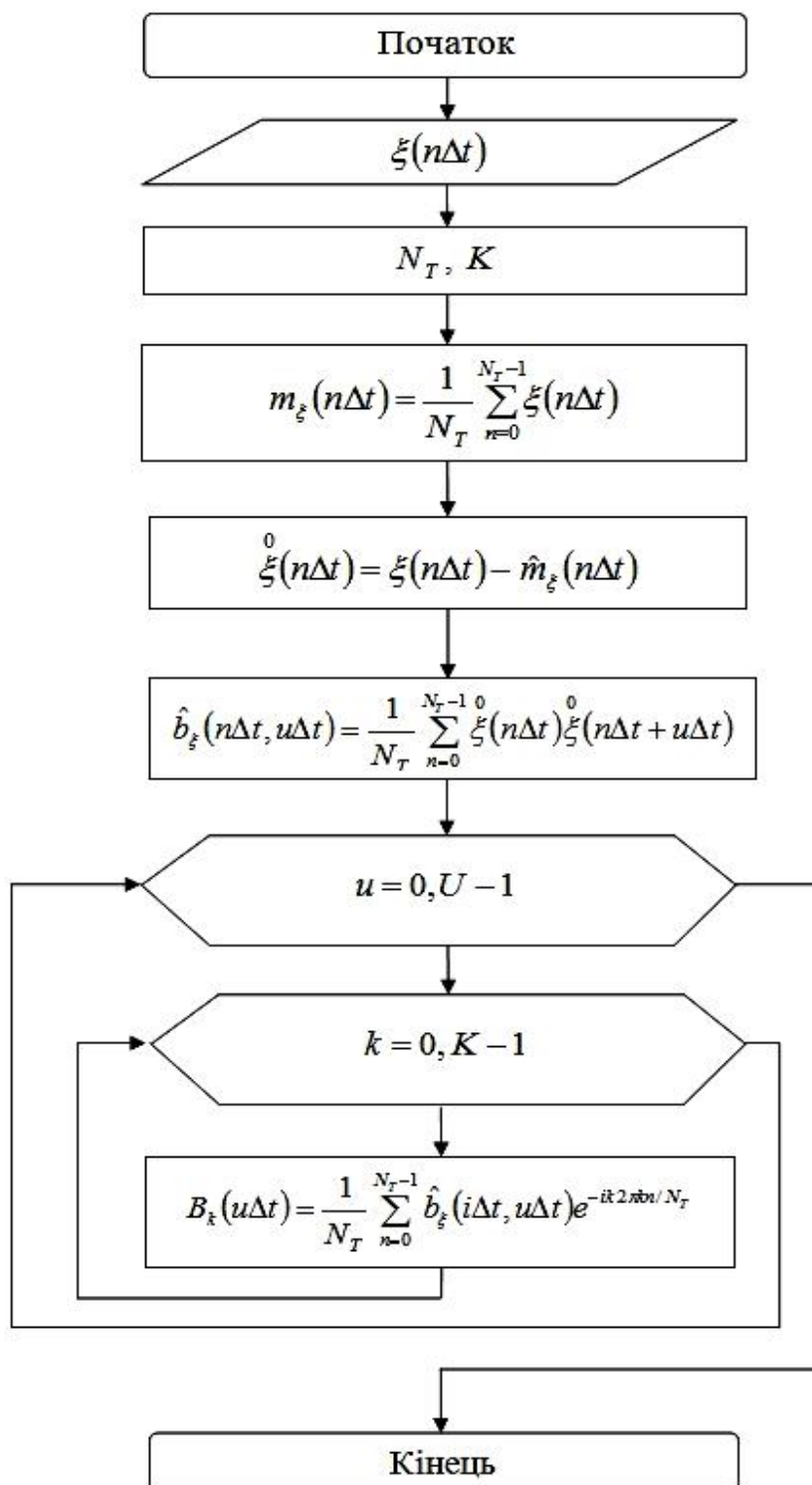
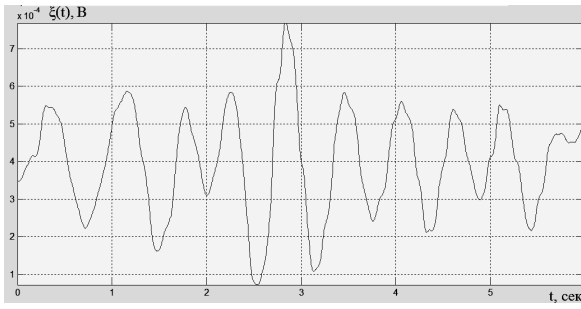
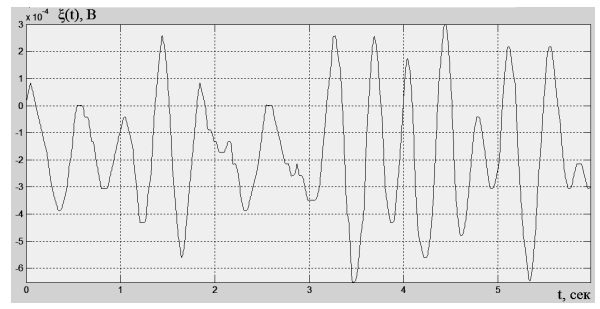


Рис. 1. Блок-схема опрацювання ЕГС компонентним методом



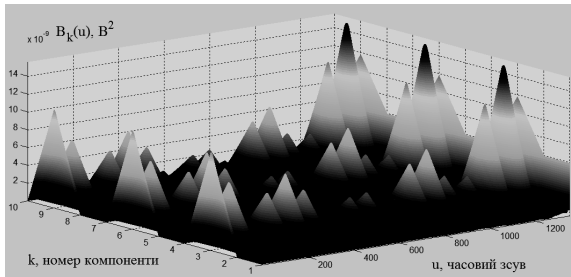
*a*



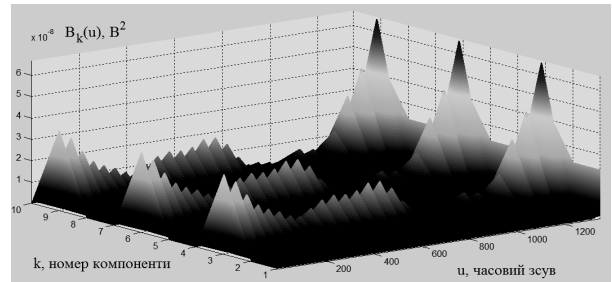
*б*

Рис. 2. Вибірки з реалізацій ЕГС: *a* – пацієнт А (норма), *б* – пацієнт Б (патологія)

На рис. 3 наведено вигляд обчислених оцінок кореляційних компонент для пацієнтів із нормою та патологією.



*a*



*б*

Рис. 3. Оцінки кореляційних компонент, обчислені для стану норми (*a*) та патології (*б*)

Для оцінювання загального функціонального стану (норма/патологія) виконано усереднення кореляційних компонент (рис. 3) відповідно до виразу (8).

$$M_u \left\{ \hat{B}_k(u) \right\} = \frac{1}{N_k} \sum_{k=1}^{N_k} B_k(u), \quad k = \overline{1, N_k}, \quad (8)$$

де  $k$  – номер кореляційної компоненти;  $N_k$  – кількість кореляційних компонент.

Результати усереднення кореляційних компонент наведено на рис. 4.

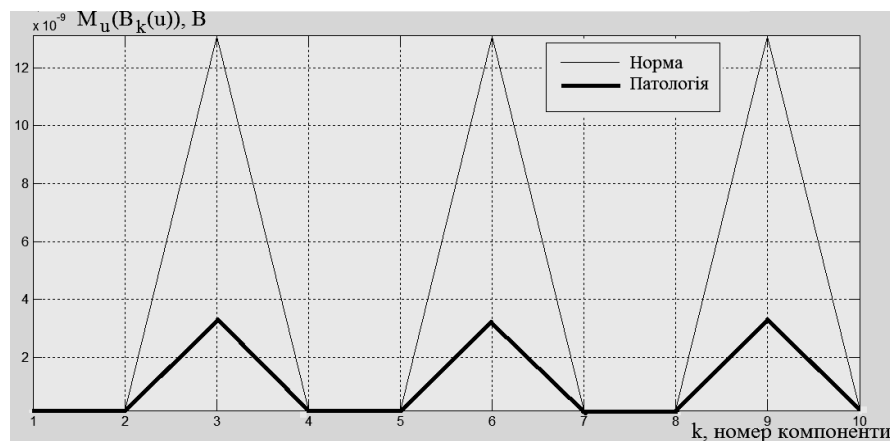


Рис. 4. Реалізації усереднених кореляційних компонент ЕГС (норма і патологія)

На рис. 4 видно, що значення піків оцінок усереднених кореляційних спектральних компонент для пацієнтів з нормою такі патологією зосереджені на тих самих компонентах

(ідентичні за структурою), проте незважаючи на те, що пацієнт А клінічно є здоровим, а Б – хворим, спостерігається незначна зміна значень амплітуди максимумів на 3, 6, та 9-й компоненті, що свідчить про чіткі зміни у функціонуванні ШКТ. Тому обчислені усереднені значення кореляційних компонент ЕГС є інформативними ознаками та можуть бути використані як індикатори захворювань ШКТ, а їх практичне застосування дасть змогу розширити можливості автоматизованих діагностичних систем.

### **Висновки**

У результаті опрацювання ЕГС компонентним методом отримано нові в області діагностики ШКТ інформативні ознаки - кореляційні компоненти, які фактично відповідають функціональному стану органів ШКТ (норма/патологія). Результати досліджень дають змогу застосувати компонентний метод для задач медичної діагностики органів ШКТ на ранніх етапах виникнення та розвитку захворювання.

1. Міністерство охорони здоров'я України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://www.moz.gov.ua/ua/portal> / Міністерство охорони здоров'я України. 2. Тимчак М. Математична модель електрогастроентеросигналу для підвищення достовірності електрогастроентеросистем / М. Тимчак, М. Хвостівський, Л. Дедів // Вісник Національного університету "Львівська політехніка", 2012. – №744. – С. 181–186. 3. Тимчак М. Синфазний метод опрацювання електрогастроентеросигналу / М. Тимчак, В. Дунець, О. Гевко, Л. Дедів // Вісник Сумського державного університету. Серія "Технічні науки", 2013. – № 3. С. 38–44. 4. Драган Я. П. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів / Я. П. Драган. – М.: Львів: Центр стратегічних досліджень екобіотехнічних систем, 1997. –XVI+333с.