**IV. Особливості дослідження розподілу вологості гіпсокартону для різних температурних полів**

Для дослідження було обрано лист гіпсокартону одного зі стандартних розмірів, а саме: довжина – 2500 мм, ширина – 1200 мм і товщина – 9,5 мм. Точки для дослідження були вибрані на рівномірно розподіленій сітці з кроком $\Delta x = 300$ мм по ширині листа і $\Delta y = 300$ мм по довжині листа, при чому перша точка була вибрана на відстані 200 мм від краю листа по ширині та 150 мм від краю листа по довжині. Температура у сушильній камері задавалась певним температурним полем $u_{i,j,k}$ та швидкість переміщення листа у камері $u_{2,k=1} = 0{,}28$ м/хв.

Як показано у праці [7], врахування температурного розподілу в сушильній камері при моделюванні процесу сушіння гіпсокартону значно змінює розподіл вологості в листі гіпсокартону. Отже, математичну модель у вигляді ІРО (1) доцільно використовувати при розробці системи управління процесом сушіння гіпсокартону, так як зазначена властивість моделі забезпечує більш рівномірний розподіл вологості в листі гіпсокартону в процесі його сушіння.

**Висновок**

В роботі було досліджено вплив температурних полів сушильної камери на кінцевий розподіл вологості листа гіпсокартону. Було встановлено, що врахування змінного температурного поля при моделюванні процесу сушіння гіпсокартону забезпечує більш рівномірний кінцевий розподіл вологості листа гіпсокартону, що дозволяє отримати кінцеву продукцію високої якості в процесі його виробництва.

**Список використаних джерел**


1. Дивак Т. М. Параметрична ідентифікація інтервального різницевого оператора на прикладі макромоделі розподілу вологості у листі гіпсокартону в процесі його сушіння / Т. М. Дивак // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. - 2012. - № 3. - С. 79-85.
2. Ocheretnyuk, N., Dyvak, M., Dyvak, T., Voytyuk, I., “Structure identification of interval difference operator for control the production process of drywall”, 2013 12th International Conference: The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM 2013, pp. 262-264, 2013.
3. Porplytsya, N., Dyvak, M., Spivak, I., Voytyuk, I., “Mathematical and algorithmic foundations for implementation of the method for structure identification of interval difference operator based on functioning of bee colony”, 2015 13th International Conference: The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM 2015, pp. 196-199, 2015.
4. Voytyuk, I., Dyvak, M., Spilchuk, V., “Research of quality characteristics of models structure in kind of interval difference operator”, 2011 11th International Conference - The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM 2011, pp. 87, 2011.
5. Дивак М.П. Задачі математичного моделювання статичних систем з інтервальними даними / М.П. Дивак - Тернопіль: - Економічна думка, 2011. - 216 с.
6. Дивак, М. П. Особливості побудови інтервальної системи алгебричних рівнянь та методу її розв’язку в задачах ідентифікації лінійного інтервального різницевого оператора/ М. П. Дивак, Т. М. Дивак // Індуктивне моделювання складних систем. - 2009. - Вип. 1. - С. 35-43.
7. Mykola Dyvak, Yurii Maslyiak, Nataliya Porplytsya, Andriy Pukas, Taras Dyvak, “Drywall humidity modeling during its drying process under condition of changing the temperature fields based on interval difference operator”, 2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET), 2016, pp. 136 - 139.


УДК 616.12-008.318.1

# АЛГОРИТМ АПРОКСИМАЦІЇ ЕКГ-СИГНАЛУ НА ОСНОВІ НЕЛІНІЙНОГО МЕТОДУ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ

**Матушевич Н.А.**

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», студентка*

## І. Постановка проблеми

Для комп’ютерного аналізу форми інформативних фрагментів електрокардіограми (ЕКГ) існують різні підходи. Проте найчастіше зустрічається використання алгоритмів апроксимації сигналу різними функціями (сплайн, поліноміальними), що задані з точністю до невідомих параметрів. Більші проблеми виникають при необхідності вирішення задачі морфологічного аналізу ЕКГ для визначення значень діагностичних ознак. Для визначення довжини інтервалів необхідно точно вирахувати моменти початку та закінчення відповідних зубців. Але виникає проблема спотворення циклів ЕКГ, в наслідок чого зубці не мають чітких меж.

### II. Мета роботи

Метою дослідження є розробка алгоритму на основі нелінійного методу найменших квадратів (МНК), що дозволяє перехід від реальної ЕКГ до системи діагностичних ознак.

### III. Запропонований алгоритм

За основу запропонованого алгоритму покладемо опис циклу ЕКГ як суми несиметричних гаусових функцій [1].

$$\varphi(\mathrm{k}) = \sum_{\mathrm{i}\in\{\mathrm{P,Q,R,S,ST,T}\}} A_i \exp\left\{-\frac{(k-\mu_i)^2}{2\sigma^2}\right\},\ k=1,2..K \tag{1}$$

з трьома невідомими $A$, $\mu$, $\sigma$.

Виникає проблема нелінійності функції (1) за параметрами $\mu$, $\sigma$, для знаходження яких скористаємося аналітичним методом. Для цього запишемо апроксимуючу функцію одного зубця в еквівалентній формі

$$\varphi(k) = A\exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}k^2 + \frac{2\mu}{2\sigma^2}k - \frac{\mu^2}{2\sigma^2}\right]. \tag{2}$$

Позначивши

$$B = \frac{1}{2\sigma^2}, \quad C = \frac{2\mu}{2\sigma^2}, \quad D = -\frac{\mu^2}{2\sigma^2}, \tag{3}$$

функцію (2) можна представити у вигляді

$$\varphi(k) = A\exp\left[-Bk^2 + Ck + D\right]. \tag{4}$$

Для переходу до лінійного МНК будемо апроксимуватися не самі дискретні значення сигналу $z_1$, $z_2$, …, $z_K$, що спостерігаються в моменти часу $t_k \equiv k\Delta$, $k=1,2,...K$, де $\Delta$ – крок квантування по часу, а значення $\ln z_k$ функцією $\ln\varphi(k)$, тобто

$$S = \sum_{k=1}^{K}[\ln A - Bk^2 + Ck + D - \ln z_k]^2 \to \min. \tag{5}$$

Оскільки, критерій S тепер нелінійно залежить від $A$, тому частково вирішимо цю задачу пошуковим алгоритмом, знайшовши $A$ як пікове значення зубця.

Для зручності розрахунків введемо позначення

$$S = \sum_{k=1}^{K}[a_2k^2 + a_1k + a_0 - \ln z_k]^2, \tag{6}$$

де $a_2 = -\mathrm{B} = \frac{1}{2\sigma^2}$, $a_1 = \mathrm{C} = \frac{2\mu}{2\sigma^2}$ та $a_0 = \mathrm{D} + \ln\mathrm{A} = -\frac{\mu^2}{2\sigma^2} + \ln\mathrm{A}$.

Знайшовши похідні та прирівнявши їх до нуля маємо систему нормальних рівнянь

$$\begin{cases} Ka_0 + a_1\sum_{i=1}^{K}k_i + a_2\sum_{i=1}^{K}k_i^2 = \sum_{i=1}^{K}\ln z_k, \\ a_0\sum_{i=1}^{K}k_i + a_1\sum_{i=1}^{K}k_i^2 + a_2\sum_{i=1}^{K}k_i^3 = \sum_{i=1}^{K}k_i\ln z_k, \\ a_0\sum_{i=1}^{K}k_i^2 + a_1\sum_{i=1}^{K}k_i^3 + a_2\sum_{i=1}^{K}k_i^4 = \sum_{i=1}^{K}k_i^2\ln z_k. \end{cases} \tag{7}$$

Далі знаходемо корені отриманої системи формулами

$$a_j = \frac{\Delta_j}{\Delta},\ j=0,1,2. \tag{8}$$

де

$$\begin{cases} \Delta = K\left(\sum_{i=1}^{K} k_i^2 \sum_{i=1}^{K} k_i^4 - \left(\sum_{i=1}^{K} k_i^3\right)^2\right) + 2\sum_{i=1}^{K} k_i \sum_{i=1}^{K} k_i^2 \sum_{i=1}^{K} k_i^3 - \left(\sum_{i=1}^{K} k_i^2\right)^2 - \left(\sum_{i=1}^{K} k_i\right)^2 \sum_{i=1}^{K} k_i^4, \\ \Delta_0 = \sum_{i=1}^{K} k_i^2 \left(d_0 \sum_{i=1}^{K} k_i^4 + d_1 \sum_{i=1}^{K} k_i^3 - \sum_{i=1}^{K} k_i^2 d_2\right) - \left(\sum_{i=1}^{K} k_i^3\right)^2 d_0 + \sum_{i=1}^{K} k_i \left(d_2 \sum_{i=1}^{K} k_i^3 - \sum_{i=1}^{K} t_i^4 d_1\right), \\ \Delta_1 = k\left(d_1 \sum_{i=1}^{K} k_i^4 - d_2 \sum_{i=1}^{K} k_i^3\right) + \sum_{i=1}^{K} k_i \left(d_2 \sum_{i=1}^{K} k_i^2 - \sum_{i=1}^{K} k_i^4 d_0\right) + \sum_{i=1}^{K} k_i^2 \left(d_0 \sum_{i=1}^{K} k_i^3 - \sum_{i=1}^{K} k_i^2 d_1\right), \\ \Delta_2 = k\left(d_2 \sum_{i=1}^{K} k_i^2 - d_1 \sum_{i=1}^{K} k_i^3\right) + \sum_{i=1}^{K} k_i \left(d_1 \sum_{i=1}^{K} k_i^2 + \sum_{i=1}^{K} k_i^3 d_0 - \sum_{i=1}^{K} k_i d_2\right) - \left(\sum_{i=1}^{K} k_i^2\right)^2 d_0, \end{cases} \tag{9}$$

а

$$\begin{cases} d_0 = \sum_{i=1}^{K} \ln z_k, \\ d_1 = \sum_{i=1}^{K} k_i \ln z_k, \\ d_2 = \sum_{i=1}^{K} k_i^2 \ln z_k. \end{cases} \tag{10}$$

В результаті маємо оцінки

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{2B}}, \qquad \hat{\mu} = \frac{C}{2B} \tag{11}$$

**Висновок**

Експерименти на модельних та реальних даних показали, що запропонований метод дозволяє апроксимувати ЕКГ-сигнал з похибкою 1% навіть при високому рівні адитивного шуму, який в експериментах досягав 50 %. Така точність визначення невідомих параметрів ЕКГ є прийнятною для правильної інтерпретації реальних сигналів при ЕКГ-діагностиці.

**Список використаних джерел**


1. Файнзильберг Л.С. Компьютерная диагностика по фазовому портрету электрокардиограммы. – Киев: Освита Украины, 2013. – 191 с.



УДК 681.3.06


# МОДЕЛЮЮЧИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ


**Мельник А.М.[1)], Проць С.Я.[2)]**

*Тернопільський національний економічний університет*

*[1)] к.т.н., доцент; [2)] магістрант*


## І. Постановка проблеми

Подальше вдосконалення показників надійності сучасних складних систем продовжує залишатися актуальним завданням. Існуючі методи та алгоритми не задовольняють вимогам швидкодії і точності оптимізації надійності на стадії проектування для технічних систем середньої та великої розмірності; більшість розроблених в останні роки методів і алгоритмів є евристичними (або метаевристичними ) і не завжди гарантують знаходження точного оптимального рішення [5].

Таким чином, для оцінки надійності складних багатофункціональних систем рекомендується застосовувати імовірнісне моделювання.

## ІІ. Мета роботи

Метою наукового дослідження є підвищення якості проектування структурно – складних технічних систем за рахунок розробки і застосування на практиці методів, алгоритмів та методик вирішення завдань оптимізації проектної надійності.