

УДК 616.12-008.318-073(043.2)

**МЕТОДИКА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДИНАМІКИ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ****Анастасія Токарчук***Національний авіаційний університет, Київ**Науковий керівник – Михайло Буриченко, к. т. н. доцент*

Ключові слова: варіабельність серцевого ритму, візуалізація, карта Пуанкаре

**Вступ.** Варіабельність серцевого ритму (ВСР) є одним з найпоширеніших характеристик для діагностики і розпізнавання серцево-судинних захворювань. ВСР визначають як варіацію коливань частоти серцевих скорочень по відношенню до її середніх ритмів [1]. ВСР має важливе діагностичне значення, тому актуальними є методи оцінювання діагностичних параметрів ВСР.

**Матеріали та методи.** В роботі представлено методику візуалізації, що забезпечує анімаційне представлення динаміки ВСР. Методика заснована на узагальненні звичайних двовимірних карт Пуанкаре і використовує техніку «D3-Мар», що називають динамічним відображенням щільності затримки. Карта (графік) Пуанкаре, також відома як карта повернення або карта затримки, дозволяє оцінити динаміку серцебиття на основі спрощеного вбудовування фазового простору. Карта Пуанкаре для оцінювання ВСР – це двовимірна діаграма розсіювання RR інтервалів електрокардіографічних сигналів. На цій діаграмі тривалість кожного інтервалу  $RR(i)$  відображається як функція від тривалості попереднього інтервалу  $RR(i - 1)$ .

Динамічний аналіз карт Пуанкаре є новою кількісно-візуальною технікою, за допомогою якої форма карти надає додаткову підсумкову інформацію про поведінку серця. Проте стандартні («чорно-білі») карти Пуанкаре мають суттєве обмеження: вони не надають інформацію про щільність точок даних [2]. Для отримання такої інформації карти Пуанкаре будують на основі 3D гістограм. Кількість розрядів гістограм вибирають виходячи з кількості даних. Гістограму згладжують цифровим фільтром нижніх частот; для кращого сприйняття зображення застосована мапа кольорів, що відображає кількість даних в розряді гістограми.

Застосований підхід до аналізу ВСР розширює концепцію карт Пуанкаре для створення анімації, що відображає динаміку часових рядів у формі кольорових двовимірних або/та тривимірних зображень.

**Результати.** Розроблена методика візуалізації динаміки серцевого ритму. Методика складається з декількох етапів.

1. Зчитування даних – відліків RR-інтервалів – з файлу.

2. Вибір початкових параметрів сегменту даних: тривалість сегменту даних і зміщення початку наступного сегменту відносно початку попереднього.

3. Вибір сегменту даних, отримання з нього відліків даних. З файлу даних програмно вибирають сегмент відліків, що заданий індексами своїх вхідного і вихідного відліків. В роботі вибрано аналіз даних з перекриттям послідовних сегментів в діапазоні від 0,01 до 0,02 тривалості сегменту даних.

4. Обчислення і побудова 3D карти Пуанкаре для даних вибраного сегменту. Для обчислення і побудови 3D карт Пуанкаре була модифікована версія функції scatter2, що повертає згладжені дані для побудови карти Пуанкаре [3].

5. Формування і запис відеокадру. Програма формує відеокадр, в якому є зображення 3D карти Пуанкаре для вибраного сегменту даних, і записує зображення у файл.

6. Ітерації на етапах 3, 4, 5 повторюють, доки не буде досягнуто кінця файлу даних.

Описана методика реалізовано в програмному середовищі MATLAB. Досліджувані записи RR інтервалів взяті з бази даних [4]. Дані файлів відображають тривалість поточного RR інтервалу (в мс) електрокардіографічних сигналів.

### **Висновки**

Методика спостереження еволюції в часі сигналів ВСР з застосуванням анімації карт Пуанкаре забезпечує візуалізацію динамічних властивостей складних систем, що не спостерігаються у статичних графіках часових рядів або стандартних картах Пуанкаре. Методику можна застосовувати для інших біомедичних сигналів, також її можна застосувати для візуалізації в часі поведінки складних динамічних систем.

### **Список використаних джерел:**

1. Яблунчанский Н. И. Основы практического применения неинвазивной технологии исследования регуляторных систем человека / Н. И. Яблунчанский, А. В. Мартыненко, А.С. Исаева. – Харків : Основа, 2000. – 88 с

2. Шивакумар Джолад, “Poincare Map and its application to 'Spinning Magnet' problem”, 2005.

3. URL: [https://pyprog.pro/mpl/mpl\\_scatter.html](https://pyprog.pro/mpl/mpl_scatter.html) (Last accessed: 28.04.2022)

4. Phyllis Stein Normal Sinus Rhythm RR Interval Database/Published: March 3, 2003. Version: 1.0.0 URL: <https://physionet.org/content/nsr2db/1.0.0/> (Last accessed: 28.04.2022)