

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ ДЛЯ ОБРОБКИ БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ

Архирей М. В.¹, Буриченко М. Ю.², Іванець О. Б.³

¹Національний авіаційний університет,

пр. Любомира Гузара, 1, Київ, Україна

E-mail: ¹marina_arkhyrei@ukr.net, ²bmu044@ukr.net, ³olchik2104@ukr.net

Метою дослідження є аналіз біомедичних сигналів з використанням методів нелінійної динаміки для отримання додаткової корисної інформації та кількісного оцінювання складності та хаотичності часових рядів за розрахунком вибіркової та наближеної ентропії. Проведена візуалізація даних часових рядів мінливості їхньої динаміки з використанням карт Пуанкаре з використанням середовища MATLAB.

На сьогодні дослідження властивостей складних систем, зокрема на основі експериментальних досліджень, активно використовується підхід, заснований на аналізі сигналів, які формують дана система. Це особливо актуально в тих випадках, коли математично описати процес, що вивчається, практично неможливо, але в розпорядженні дослідників є деяка характерна величина, що спостерігається [1]. Саме використання такого підходу розглянуте в даному дослідженні. В якості прикладу проведений аналіз варіабельності серцевого ритму як біомедичного сигналу з обробкою його методами нелінійної динаміки для отримання додаткової інформаційної складової та зменшення невизначеності при прийнятті рішення щодо стабільності певного об'єкта [2].

Дослідження А. Пуанкаре виявило, що вивчення складної поведінки підхід заснований на аналітичних обчисленнях індивідуальних траєкторій диференціальних рівнянь має труднощі в його використанні [3]. В свою чергу складні фізіологічні сигнали хоча і часто, нестаціонарні, але вони вміщують в собі не випадкову складову, що може стати новим клінічним біомаркером для прогнозування порушення стабільності функціонування організму [4]. Використання фазових портретів, зокрема карт Пуанкаре дозволило, спостерігати ознаки нелінійної динаміки біомедичних сигналів та провести їх наочне дослідження. Було досліджено, що мінливість, що є основою інтервалів серцево-судинних скорочень не є випадковою [5]. Відкриття мультифрактальної природи динаміки ВСР показало, що модуляція серцевого ритму є навіть складнішою, ніж раніше вважалося, що характеристики потребують численних показників для аналізу багатовимірної складності та визначення доречності використання якісних і кількісних показників для оцінювання хаотичності пульсацій кардіосигналів [2].

В роботі використанні методи нелінійної динаміки для отримання додаткової інформаційної складової та отримання методу, що дозволяє проаналізувати як візуальну складову так і кількісно оцінити складності та хаотичності часових рядів ВСП за рахунок вибіркової та наближеної ентропії. Обробка біомедичного сигналу з відкритої бази даних Phisyonet.org [6] середовищі MATLAB дозволила отримати карти Пуанкаре контрольної групи, приклад яких поданий на рис. 1.

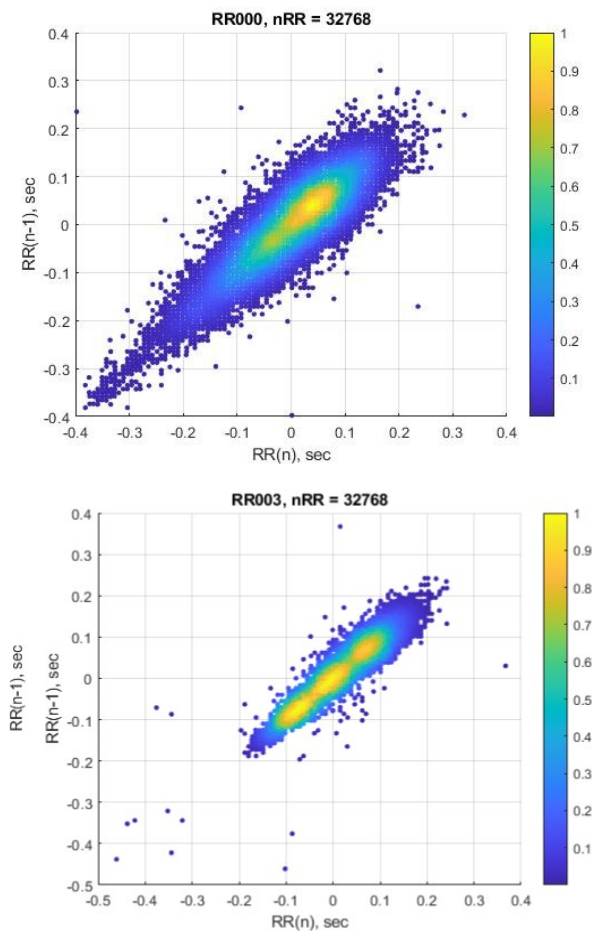


Рис. 1. Приклади побудованих карт Пуанкаре для варіабельності серцевого ритму

Для отримання кількісної інформаційної складової в роботі для тих самих часових рядів були проведені розрахунки ентропії Колмогорова, старшого показника Ляпунова, показника Херста, наближеної і вибіркової ентропії. Результати розрахунку подані в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунку

Файл сигналу	Розмірність Хаусдорфа	Старший показник Ляпунова	Ентропія Колмогорова	Показник Херста	Наближена ентропія АрЕн	Вибіркова ентропія СаЕн
RR00	1.9708	0.0008308	4.685	0.08492	1.203	0.99586
RR03	1.9727	0.0012	3.937	0.21964	0.909	0.68035

Аналіз даних таблиці дозволяє зробити висновок про високі значення АрЕн і СаЕн, що свідчить про високу нерегулярність біоритмів сигналу RR000 і може бути ознакою розвитку серцево-судинних захворювань.

Також візуальний аналіз карти Пуанкре (див. рис. 1) доводить ознаки порушення стабільності роботи серцево-судинної системи за відсутністю хмари орієнтуючих точок уздовж лінії тотожності та утворенням гострого кінця в лівому нижньому кінці графіка. Так, застоюванні до окремого пацієнта протягом певного періоду часу ці показники можуть виявитися клінічно корисними, диференціюючи прогресування захворювання.

Крім того, поєднання використання візуальних методів з їх порівняльним аналізом з кількісною оцінкою можуть надати додаткову інформаційну складову до традиційних методів обробки біомедичних сигналів та можуть виявитися цінним доповненням до сучасних систем моніторингу пацієнтів [7]. Але такі дослідження потребують подальшого аналізу та вивчення.

Література

1. Eremenko V. S. Burichenko M. Yu., Ivanets O. B. (2020). Method of processing the results of measurements of medical indicators. Science-intensive technologies. 47, № 3. P. 392–398. DOI: 10.18372 / 2310-5461.
2. Henriques T., Ribeiro M., Teixeira A., Castro L., Antunes L., Costa-Santos C. (2020). Nonlinear Methods Most Applied to Heart-Rate Time Series: A Review. Entropy. № 22. p. 309. DOI:10.3390/e22030309.
3. Goldberger A. L., Amaral L. A., Hausdorff J. M., Ivanov P. C., Peng C. K. & Stanley H. E. (2002). Fractal dynamics in physiology:

alterations with disease and aging. Proc. Natl Acad. Sci. USA 19 (Suppl. 1), p. 2466–2472. DOI:10.1073/pnas.012579499

4. Ivanets, O., Morozova, I. Features of Evaluation of Complex Objects with Stochastic Parameters. 2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2021 – Proceedings, 2021, pp. 159–162 (Scopus).

5. Shchapov P. F. Ivanets O. B., Sevryukova O. S. (2020). Dynamic properties of the time series of results of biomedical measurements Science-intensive technologies. 46, № 2. P. 236–244. DOI: 10.18372/2310-5461.46.14811.

6. <https://physionet.org/about/database/#open>

7. Thayer J. F., Sternberg E. Beyond heart rate variability: vagal regulation of allostatic systems. (2006). Neuroendocrine and Immune Crosstalk. Volume 1088, Issue 1. P. 361. DOI: 10.1196/annals.1366.014.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АСИНХРОННОЇ МАШИНИ З ЕКСЦЕНТРИСИТЕТОМ МАСИ РОТОРА ТА МАГНІТНИМ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТОМ

Горошко А. В.¹, Косенков В. Д., Зембицька М. В.²

Хмельницький національний університет, Україна

E-mail: ¹horoshkoan@khnmu.edu.ua, ²zembytskama@khnmu.edu.ua

Для асинхронних машин (АМ) в якості опор ротора використовують підшипники, закріплені у спеціальних стояках. Стояки болтами прикріплюються до нижньої половини торцевого щита. Для АМ відмови підшипників складають близько 40 % від загальної кількості відмов асинхронних машин [1]. Вихід з ладу підшипників в основному викликаний їх підвищеним зносом. Основними факторами зносу є механічний дисбаланс ротора через ексцентриситет маси ротора і незрівноважене магнітне натягнення (УМР) внаслідок магнітного ексцентриситету. Динамічні сили та моменти, викликані ексцентриситетом ротора, є додатковим внутрішнім збудженням для АМ, до яких належать відцентрова сила (CF), сили тертя-удару (RIF), УМР, крутний момент незбалансованої сили і момент тертя [2].

Механічний дисбаланс виникає через неминучі технологічні відхилення при виготовленні, неточність складання та конструктивні особливості роторів, внаслідок чого порушується осьова симетрія і центр інерції у деяких поперечних перерізах не збігається з геометричним центром перерізів і віссю обертання ротора. Магнітний ексцентриситет і УМР викликає додаткове радіальне навантаження на підшипник, що скорочує його термін служби. Крім того, УМР знижує