

Технічні науки

УДК 621.3.049.77

Конюх Анастасія Анатоліївна

*студентка кафедри біомедичної кібернетики ФБМІ
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Конюх Анастасия Анатольевна

*студентка кафедры биомедицинской кибернетики ФБМИ
Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Koniuh Anastasia

*Student of the Department of Biomedical Cybernetics FBMI
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Настенко Євген Арнольдович

*кандидат технічних наук, доктор біологічних наук, доцент
Кафедра біомедичної кібернетики ФБМІ
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Настенко Евгений Арнольдович

*кандидат технических наук, доктор биологических наук, доцент
Кафедра биомедицинской кибернетики ФБМИ
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Nastenko Yevhen

*Candidate of Technical Sciences, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor
Department of Biomedical Cybernetics FBMI
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ ПОВЕДІНКИ
БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ**

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ СЛОЖНОСТИ
ПОВЕДЕНИЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ**

**DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR ASSESSING THE COMPLEXITY
OF THE BEHAVIOR OF BIOLOGICAL SIGNALS**

***Анотація.** Стаття присвячена питанню визначення функціональних резервів серця людей різного віку з використанням різних методів аналізу, а саме архівації, визначення фрактальної розмірності та логістичного відображення у різні періоди доби. Проведено дослідження у різні періоди доби у стані денної активності та нічного сну, проаналізовано зміни показників та оцінено їх придатність для визначення рівня стресу та якості нічного відпочинку. Розроблений програмний комплекс розрахунку та оцінки вказаних показників впроваджено в навчальний процес з дисципліни «Основи синергетики» НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського».*

***Ключові слова:** функціональний резерви серця, алгоритмічна складність, фрактальний розмірність, логістичне відображення.*

***Аннотация.** Статья посвящена вопросу определения функциональных резервов сердца людей всех возрастов с использованием различных методов анализа, а именно архивации, определения фрактальной размерности и логистического отображения в разные периоды суток. Проведено исследование в разные периоды суток в состоянии дневной активности и ночного сна, проанализированы изменения показателей и оценена их пригодность для определения уровня стресса и качества ночного отдыха. Разработанный программный комплекс расчета и оценки указанных показателей внедрены в учебный процесс по дисциплине «Основы синергетики» НТУУ «КПИ им. И. Сикорского».*

Ключевые слова: функциональный резервы сердца, алгоритмическая сложность, фрактальная размерность, логистическое отображение.

Summary. The article is devoted to the question of determining the functional reserves of the heart of people of different ages using different methods of analysis, namely archiving, determination of fractal dimension and logistic reflection in different periods of the day. Studies were conducted in different periods of the day in the state of daytime activity and nighttime sleep, changes in indicators were analyzed and their suitability for determining the level of stress and quality of night rest were evaluated. The developed program complex of calculation and estimation of the indicated indicators is introduced into the educational process in the discipline "Fundamentals of Synergetics" of NTUU "KPI them. I. Sikorsky».

Key words: functional reserves of the heart, algorithmic complexity, fractal dimension, logistic mapping.

Постановка проблеми. Оцінка функціонального резервів системи кровообігу людини є важливою задачею, оскільки все частішими є випадки гострих серцевих захворювань та раптової смерті людей. Досить часто трапляються гострі раптові розлади системи кровообігу. Інформативною є динаміка змін пульсу протягом доби. У зв'язку з цим розробка системи оцінювання складності поведінки біомедичних сигналів є актуальним завданням.

Метою роботи є порівняння даних пульсограми у різний час доби за допомогою оцінки регулярності послідовності миттєвого пульсу методом архівування, обчислення фрактальної розмірності та аналізу змін коефіцієнтів логістичного відображення.

Матеріали та методи. Для оцінки змін миттєвого пульсу за допомогою методів оцінки регулярності послідовності миттєвого пульсу, визначення фрактальної розмірності та аналізу змін коефіцієнтів логістичного

відображення були використані дані моніторингу двох чоловіків віком 43 та 73 роки під час денної активності та сну, шість разів кожні 4 години протягом 15 хвилин.

Основна частина. Для оцінки даних у різні періоди доби методом архівування даних, аналізувалися кількість повторів миттєвого пульсу і ступінь стиснення. Дані зберігалися у форматі xlsx, xls, doc, docx, архівувалися у формат ZIP та порівнювалися розміри початкового та відповідно архівованого файлу [1]. Для аналізу були використані дані пульсограми чоловіка віком 43 та 73 роки, вимірювання проводилися шість разів впродовж доби кожні 4 години протягом 15 хвилин. Результати представлені у табл. 1 та табл. 2.

Таблиця 1

Ступінь стиснення даних у різні проміжки часу для чоловіка віком 43 роки

Час вимірювання	00:00 - 00:15	04:00 – 04:15	08:00 - 08:15	12:00 - 12:15	16:00 - 16:15	20:00 – 20:15
Початковий розмір файлу	19654 Байт	17890 Байт	19216 Байт	21216 Байт	23745 Байт	26311 Байт
Розмір архівованого файлу	16742 Байт	15335 Байт	16760 Байт	18771 Байт	20415 Байт	23898 Байт
Ступінь стиснення файлу	14,81%	14,28%	12,78%	11,52%	14,02%	9,17%

Таблиця 2

Ступінь стиснення даних у різні проміжки часу для чоловіка віком 73 роки

Час вимірювання	00:00 - 00:05	04:00 – 04:05	08:00 - 08:05	12:00 - 12:05	16:00 - 16:05	20:00 – 20:05
Початковий розмір файлу	15071 Байт	15094 Байт	16235 Байт	17568 Байт	17943 Байт	21719 Байт
Розмір архівованого файлу	12775 Байт	12786 Байт	13960 Байт	15290 Байт	15590 Байт	19462 Байт
Ступінь стиснення файлу	11,88%	12,69%	12,24%	11,53%	12,42%	13,84%

Порівнюючи дані людини віком 43 та 73 років можна дійти висновку, що людина у віці 43 років є різноманітність зміни пульсу у людини 43 років

була вищою, тоді як у людини 73 років різниці динамічних змін протягом денної активності та сну майже не відбувалося. Це може бути відображенням вікових змін у системі кровообігу та свідчити про зниження регуляторних резервів.

Далі дослідженню піддавалися закономірності зміни пульсограми людини у різні періоди доби за допомогою визначення фрактальної розмірності. Для цього для аналізу даних був використаний метод BoxCounting [2]. Дані представлені у таблиці 3, 4.

Таблиця 3

Фрактальна розмірність для 43 річної людини під час сну та денної активності

Час вимірювання	00:00 - 00:15	04:00 – 04:15	08:00 - 08:15	12:00 - 12:15	16:00 - 16:15	20:00 – 20:15
Фрактальна розмірність	0,776	0,877	0,877	0,813	0,813	0,823

Таблиця 4

Фрактальна розмірність для 73 річної людини під час сну та денної активності

Час вимірювання	00:00 - 00:15	04:00 – 04:15	08:00 - 08:15	12:00 - 12:15	16:00 - 16:15	20:00 – 20:15
Фрактальна розмірність	0,877	0,776	0,656	0,846	0,776	0,846

У 43 річної людини рівень фрактальної розмірності протягом доби майже не змінювався, а для 73 річної людини зміни цього показника спостерігались тільки у період безпосередньо після сну. Таким чином фрактальна розмірність була менш чутливою для оцінки динамічних особливостей пульсу.

Далі був використаний метод логістичного відображення LogisticMap. Воно є дискретним аналогом неперервного рівняння Ферхюльста, та показує те, як приріст популяції проходить в дискретні моменти часу Логістичне відображення задається формулою: $x_{n+1} = r x_n (1 - x_n)$ де: x_n - приймає значення

від 0 до 1 і відображає чисельність популяцій в n -ом році, а x_0 - початкова чисельність ; r — позитивний параметр, що характеризує швидкість розмноження (зростання) популяції [3].

Також побудовано графіки логістичного відображення у той самий час (рис. 1, рис. 2).

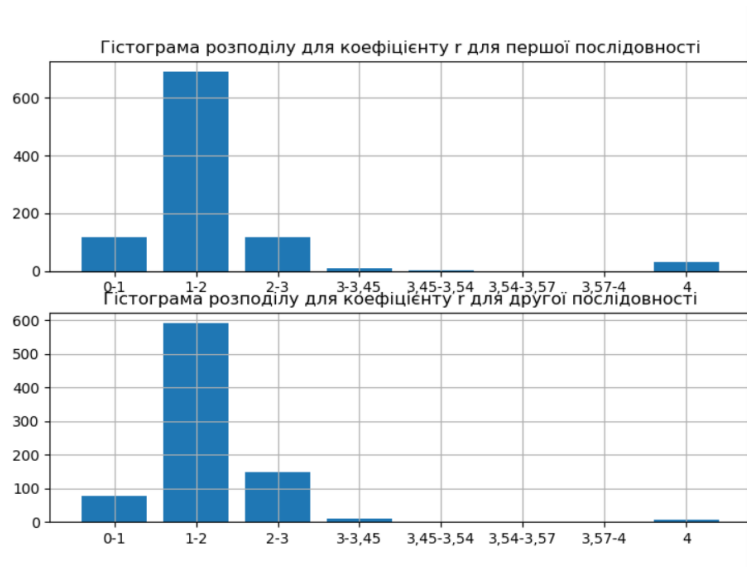


Рис. 1. Гістограма розподілу для 43 річної людини

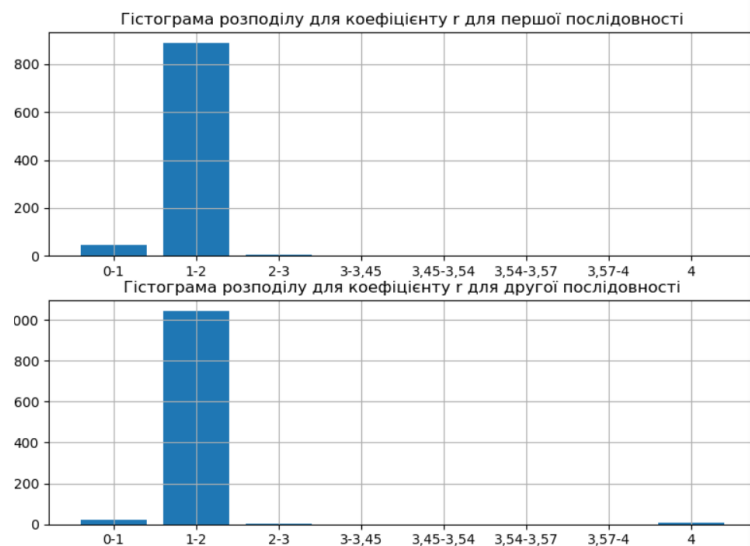


Рис. 2. Гістограма розподілу для 73 річної людини

Завдяки даним гістограмам можна дійти висновку, що для обох пацієнтів характерним є те що рівень пульсу стабілізується до рівня активності організму, а також що у динаміки пульсу присутня тенденція к стабілізації в сторону зменшення. Для першого пацієнта характерним є те що стабілізація пульсу здійснюється внаслідок коливального процесу, а також

для неї характерною є хаотична поведінка пульсу, що є не характерним для людини більш старшого віку.

Висновок. Було проаналізовано динаміку пульсу для двох пацієнтів різного віку. Виявлено, що фрактальна розмірність є найменш чутливою для оцінки динаміки пульсу під час сну та денної активності. Метод оцінки регулярності змін пульсу методом архівування може відображувати звуження регуляторного діапазону системи кровообігу, зумовлені віковими змінами. Застосування методу логістичного відображення та аналіз діапазонів змін його коефіцієнтів свідчить про тенденції до стабілізації пульсу на низьких рівнях під час сну, та на рівнях, що відображують рівень активності організму у денний період. У більш молодому віці також можуть мати місце періоди хаотичних змін пульсу, як відображення більш широкого регуляторного діапазону системи кровообігу.

Наведені методи та підходи можуть бути застосовані для більш масштабних досліджень з метою оцінки регуляторних резервів організму.

Література

1. Божокин С.В., Паршин Д.А. Фракталы и мультифракталы. 2001. С. 15-18. 128 с. ISBN 5-93972-060-9.
2. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В.. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. Диалог-МИФИ, 2002. С. 384. ISBN 5-86404-170-X. 3000 экз.
3. Вейвлет-перетворення у компресії та попередній обробці зображень / О. В. Капшій, О. І. Коваль, Б. П. Русин ; НАН України, Фіз.-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенка. Львів : Сполом, 2008. 206 с. : іл., табл., портр. ; 22 см. Бібліогр.: с. 187-203 (238 назв). 300 пр. ISBN 978-966-665-554-0