

4. Левиков Г. А. Управление транспортно-логистическим бизнесом [Текст] / Левиков Г. А. – [2-е изд., испр. и доп.]. – М.: Росконсульт, 2006. – 142 с.
5. Николайчук В. Е. Транспортно-складская логистика [Текст] / Николайчук В. Е. – М.: Дашков и Ко, 2007. – 452 с.
6. Савин В. И. Перевозки грузов автомобильным транспортом: Справочное пособие [Текст] / Савин В. И. – М.: Дело и сервис, 2002. – 544 с.
7. Доенин В. В. Динамическая логистика транспортных процессов [Текст] / Доенин В. В. – М.: Изд-во "Компания Спутник+", 2010. – 246 с.

*В роботі запропоновано метод прогнозування захворювань кровообігу людини на основі обробки добового серцевого ритму та інтелектуального аналізу похідного масиву оцінок*

*Ключові слова: кардіоінтервалограма, рівняння Пуанкаре, різницевий ряд, нелінійна динаміка*

---

*В работе предложен метод прогнозирования заболеваний кровообращения организма человека на основе обработки суточного сердечного ритма и интеллектуального анализа производного массива оценок*

*Ключевые слова: кардиоинтервалограмма, уравнение Пуанкаре, разностный ряд, нелинейная динамика*

---

*The Paper describes the method for prognosis of the human body blood circulation system states using statistical, spectral and non-linear and data-mining methods*

*Keywords: heart rate, Poincare equation, difference series, non-linear dynamics*

УДК 616.681

# МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКУ ЗАХВОРЮВАНЬ КРОВООБІГУ ЛЮДИНИ

**О.Г. Кисельова**

Старший викладач

Кафедра лікувально-діагностичних комплексів\*

Контактний тел.: 050-443-02-82

E-mail: olga.mmif@gmail.com

**Є.А. Настенко**

Доктор біологічних наук, завідувач кафедру

Кафедра медичної кібернетики та телемедицини\*

\*Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

E-mail: nastenko@inbox.ru

## Вступ

Найпоширенішими захворюваннями у світі є захворювання серцево-судинної системи, фізіологічним показником якої є серцевий ритм. Серцевий ритм є високо динамічним показником, що має високий ступінь інтегративності і, в силу цього, має знижену специфічність. Тобто різномірні впливи можуть призводити до односпрямованих змін серцевого ритму і навпаки.

Вдосконалення методів прогнозування ризику захворювань міокарду з метою своєчасної діагностики та попередження раптової смерті є актуальною задачею. В існуючих системах основна увага приділяється спектральним характеристикам серцевого ритму, симпатичної і парасимпатичної регуляції. При цьому відсутність фізіологічних компонентів аналізу знижує

цінність результатів для практичного застосування кардіологами.

Тому актуальним є не тільки пошук нових показників і характеристик серцевого ритму (СР), але й пошук нових підходів для виявлення патологічних станів, або їх передвісників, тобто підвищення специфічності діагностики за допомогою вивчення динаміки СР, а в цілому - пошук нових методів вилучення інформації та розробка нових методів навчання і перенавчання системи розпізнавання або прогнозування різних станів серцево-судинної системи.

## Обробка вихідних даних

В роботі запропоновано у вигляді вихідних даних використання записів серцевого ритму, отриманих

методом холтерівського моніторингу, протягом 24 годин.

Для прогнозування стану серцево-судинної системи та/або результатів терапії запропоновано використання як вихідної послідовності RR-інтервалів (вихідної кардіоінтервалограми), так і різницевого ряду та ряду коефіцієнтів Пуанкаре.

Різницева кардіоінтервалограм, графік якої описується формулою (1), автоматично видаляє низькочастотну компоненту (тренд). Це дозволяє проводити аналіз в області більш високочастотних коливань, які є характерними для реакцій нервової системи:

$$Y = (RR_{n+1} - RR_n) + RR_{\max}, \quad (1)$$

де  $RR_{\max}$  – максимальне значення кардіоциклу у діапазоні спостереження.

Кардіоінтервалограма, побудована із застосуванням коефіцієнтів рівняння Пуанкаре (формула 2) для вхідної RR-послідовності, а також різницевої, дозволяє оцінити глибину пам'яті кардіоінтервалограми, а саме, як тривалість наступного удару серця залежить від попереднього.

Даний підхід має ефективне застосування при дослідженні впливу лікарських засобів на тонус артеріальних судин.

Рівняння Пуанкаре (рівняння біфуркації) має вигляд:

$$RR_{n+1} = A_n(1 - RR_n)RR_n, \quad (2)$$

де  $RR_n = [0,1]$ ,

де  $RR_n$  – значення n-го кардіоінтервалу,  $RR_{n+1}$  – значення (n+1) кардіоінтервалу.

З формули (2) випливає, що коефіцієнти рівняння Пуанкаре визначаються як:

$$A_n = S_{n+1} / (1 - S_n)S_n, \quad (3)$$

де  $S_n = RR_{\text{norm}} = (RR - RR_{\min}) / (RR_{\max} - RR_{\min})$  – є нормованим значенням на максимальний розмах кардіоінтервалограми.

Виходячи з рівняння Пуанкаре (форм. 2), кожній парі сусідніх кардіоциклів ставиться у відповідність коефіцієнт пропорційності. Дослідження поциклової динаміки вказаних коефіцієнтів дозволяє оцінити «глибину» пам'яті поточного кардіоциклу про попередні скорочення при використанні вихідної кардіоінтервалограми, а також оцінити аналогічні характеристики швидкості зміни серцевого ритму по різницевої послідовності, як у режимах сну та активності, так і при нормальному та патологічному функціонуванні системи кровообігу та організму людини в цілому.

Крім того, важливим питанням є застосування методу зняття направленості (detrending). В даній роботі пропонується не застосовувати при розрахунку показників нелінійної динаміки метод зняття направленості через видалення надповільних складових (VLF), які за даними, наведеними у роботах [1 - 4] характеризують умови роботи мікроциркуляторної кровоносної судинної мережі.

Аналіз та обробка даних вихідної кардіоінтервалограми (RR) проводиться в області повільних (LF) та надповільних частот (VLF), що загалом характеризує поведінку сітки капілярів та м'язових артеріальних мікросудин.

---

#### Алгоритм оцінювання вихідних даних

---

В роботі запропоновано метод прогнозування захворювань кровообігу людини (рис. 1, рис. 2). Метод базується на застосуванні методів обробки серцевого ритму у часовій та частотній областях, а також із застосуванням методів нелінійної динаміки.

Застосування методів нелінійної динаміки дозволяє виявляти специфічні особливості порушення функції системи кровообігу, які не зводяться до співставлення активності симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. Наприклад, високе переднавантаження серця, яке може мати місце при серцевій недостатності, при певних стадіях артеріальної гіпертензії, при наявності спазму периферичних судин, а також при гіпердинамії, призводить до прискорення частоти серцевих скорочень (ЧСС), причому, при недостатності кровообігу - для компенсації зниження ударного об'єму серця, в інших випадках – для його розвантаження. І навпаки, низьке переднавантаження на серце, яке може бути пов'язаним із зниженням тону периферичних судин або із гіповолемією, також можуть призводити до підвищення ЧСС.

Кількісні оцінки складності коливань та траєкторій змін СР дозволяють сподіватися на диференціацію таких станів. Використання методів синергетики передбачає аналіз цілісної поведінки великих інтерактивних систем за допомогою нелінійних динамічних оцінок варіабельності та складності поведінки СР, а також виникнення і зникнення симетрій в послідовностях скорочень серця. Застосування даного підходу є перспективним для розширення існуючих можливостей систем аналізу СР, зокрема аналіз варіабельності серцевого ритму за Р.М. Баєвським [5 - 7], який можна вважати класичним. Зокрема, складність коливань СР може бути інформативною характеристикою зменшення регуляторної надлишковості, аж до її зникнення.

Для класифікації оброблених даних в роботі запропоновано проводити класифікацію оцінок серцевого ритму методом автоматичної класифікації на основі методу «k-means» («k-середніх») (рис. 2).

---

#### Метод прогнозування захворювань кровообігу людини

---

Структурна схема алгоритму прогнозування захворювань кровообігу людини зображено на рис. 3. Метод прогнозу базується на результатах кластерного аналізу, де кожен кластер уявляє собою функціональний патерн нормального чи патологічного стану. Після обробки вихідної кардіоінтервалограми та отримання масиву похідних даних, кожному з масивів ставиться у відповідність номер кластеру. Кожен кластер представляє собою набір діагнозів, які приймали участь у кластеризації. Для кожного

окремого діапазону за його кількісними характеристиками розраховується приналежність до певного

кластеру за критерієм найменшої евклідової відстані [8] на основі чого формується заключення.

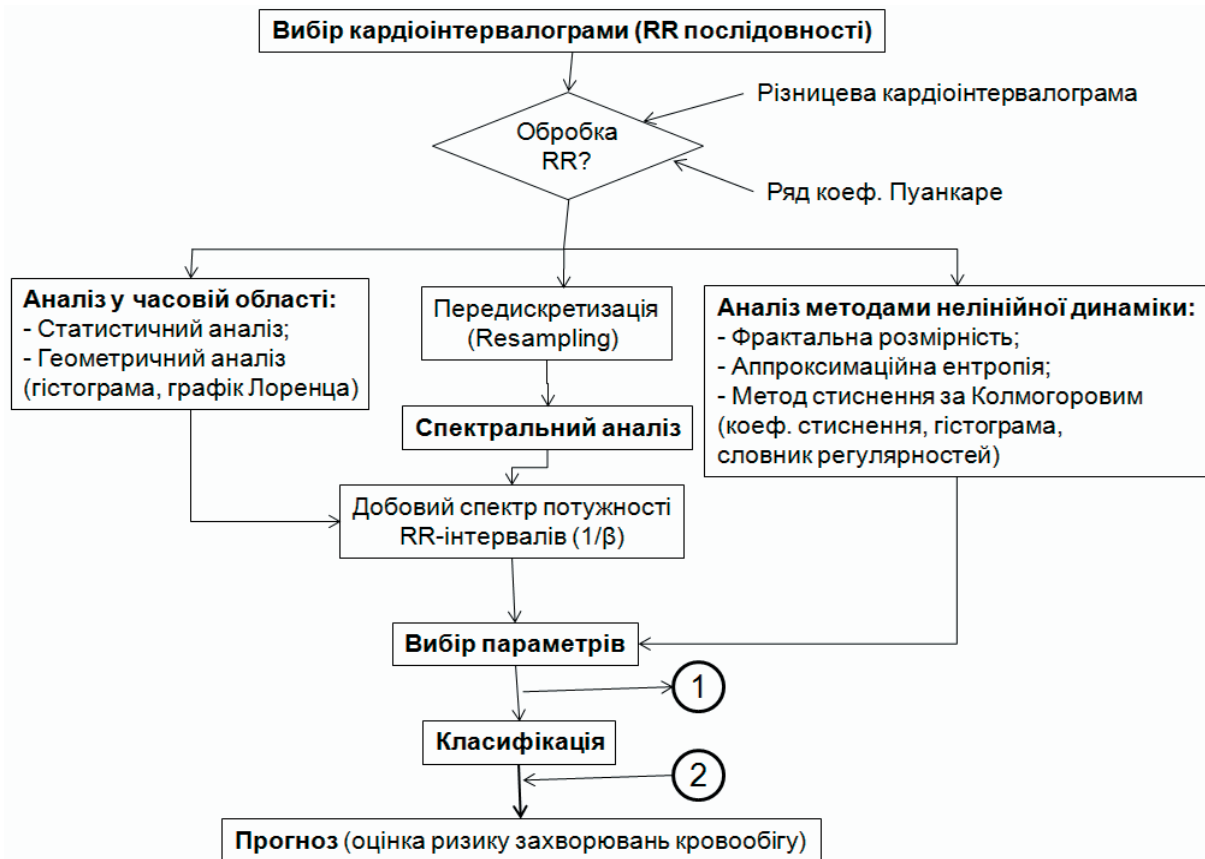


Рис. 1. Структурна схема алгоритму прогнозування ризику захворювань кровообігу людини (1, 2 – див. рис. 2)

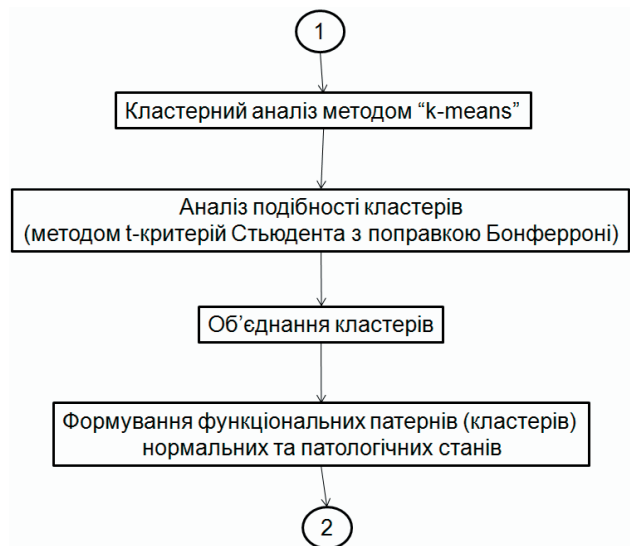


Рис. 2. Структурна схема алгоритму кластеризації результатів спостережень

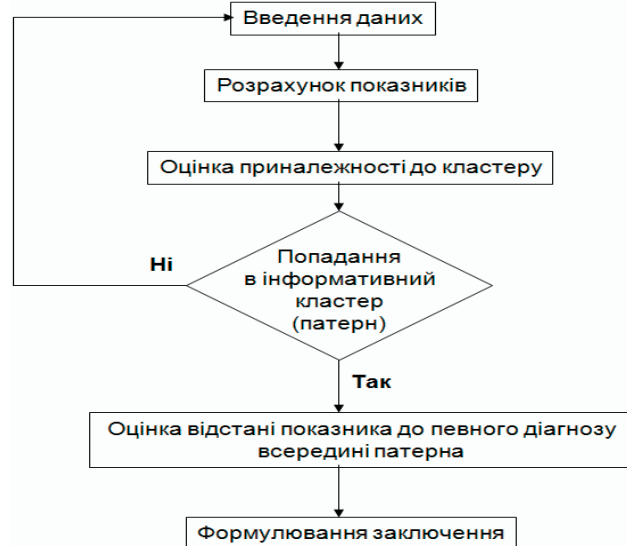


Рис. 3. Структурна схема алгоритму прогнозування стану кровообігу людини

**Висновок**

Розробка методів прогнозування стану кровообігу людини із можливостями дослідження різних етапів організму протягом доби дозволяє виключити з розгляду

не специфічні перехідні фази спостережень та аналізувати інтервали специфічні для виявлення патологічних станів. Застосування алгоритмів автоматичної класифікації, поряд із застосуванням показників складності та варіабельності дозволяє підвищити специфічність ди-

наміки серцевого ритму та суттєво знизити вірогідність помилок, пов'язаних із традиційним застосуванням ста-

тистичного аналізу (формування т.зв. однорідних груп за зовнішніми ознаками: етап ускладнень і т.п.).

#### Література

1. Knyshov G., Nastenko Ie., Maksymenko V., Kravchuk O. Simulation of qualitative peculiarities of capillary system regulation with cellular automata models / Cellular Automata - Simplicity Behind Complexity. InTech.-2011. P. 301 - 320 // ISBN 978-953-307-230-2.
2. G. Knyshov, Ye. Nastenko, V. Maksymenko, O. Kravchuk, Yu. Sharukova. The Interactions between Arterial and Capillary Flow with Cellular Automaton / WC 2009, IFMBE Proceedings 25/IV, 2009. Munich. P. 572-574.
3. Книшов Г.В., Броварець О.О., Настенко Є.А., Забашта Ю.Ф., Бешляга В.М., Максименко В.Б., Захарова В.П., Костенко Ю.А. Кількісні характеристики нормального та патологічного скорочень лівого шлуночка серця людини як спіральної побудованої структури. Оцінка діагностичних можливостей методу / Журнал Фізика живого, Т. 17, No 2, 2009. С.148-154.
4. Nastenko E., Maksymenko V., Belov Yu., Kravchuk A. Modeling of complex behaviour of the microvascular arterial network with cellular automata / Mathem. Modeling & Computing in Biology and Medicine. 5th ESMTB Conference 2002.-Ed. By Vincenzo Capasso.-MIRIAM. - Italy. - P. 227 - 234.
5. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / М.: Медицина, 1997. С. 265.
6. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / М.: Медицина, 1979.
7. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / М.: Наука, 1984. С.220.
8. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / Киев: Изд-во „Малій друк”, 2006. 558с.

*Сформульовані критерії оцінки ефективності методів стиснення інформації та запропоновано систему єдиних числових характеристик для порівняння алгоритмів зменшення надлишковості між собою*

*Ключові слова: стиснення, коефіцієнт, ефективність*

*Сформулированы критерии оценки эффективности методов сжатия информации и предложена система единых числовых характеристик для сравнения алгоритмов уменьшения избыточности между собой*

*Ключевые слова: сжатие, коэффициент, эффективность*

*The criteria for estimation the effectiveness of methods for data compression are formulated and proposed a system of common numerical characteristics for redundancy reduction algorithm comparing between them is proposed*

*Keywords: compression ratio, efficiency*

УДК 004.627+004.415

## КРИТЕРІЇ ТА ОЦІНКА КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗМЕНШЕННЯ НАДЛИШКОВОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ

**Ю. Ю. Іляш**

Інженер-програміст

Кафедра інформатики

Прикарпатський національний університет імені Василя

Стефаника

вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, Україна, 76018

Контактний тел.: 067-664-43-18

E-mail: yurchukil@gmail.com

#### Вступ

Визначення ефективності методу зменшення надлишковості можна проводити двома шляхами. По-перше, це можна зробити аналітично для відомої матема-

тичної моделі джерела; по-друге, - експериментально, випробувавши методи зменшення надлишковості інформації на практиці. Кожний з цих шляхів має свої недоліки і переваги. Експериментальне дослідження ефективності методу стиснення здійснити простіше,