

## ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ЧИСЛОВИХ РЯДІВ

Ярослав П'ЯНИЛО<sup>1</sup>,  
Анатолій ЛОПАТЬЄВ<sup>1,2</sup>,  
Галина П'ЯНИЛО<sup>1</sup>,  
Андрій ВЛАСОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Центр математичного моделювання  
Інституту прикладних проблем механіки і математики  
ім. Я. С. Підстригача НАН України,

м. Львів, Україна,

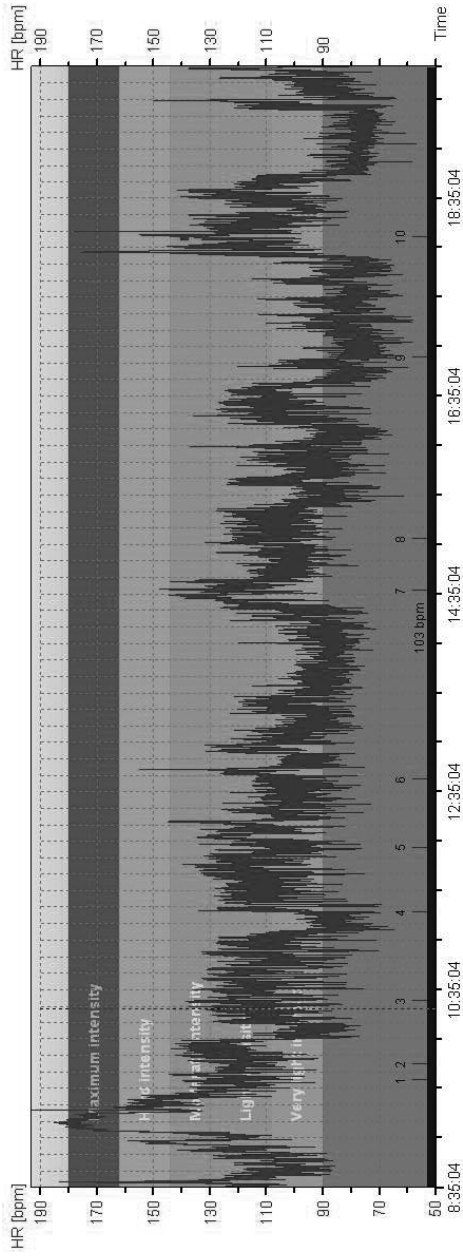
<sup>2</sup>Львівський державний університет фізичної культури,  
м. Львів, Україна

**Вступ.** Основним джерелом вхідної інформації для проведення досліджень природних, біологічних та технологічних процесів є заміри певних параметрів досліджуваних процесів. Очевидно, що заміри отримують застосовуючи відповідні прилади. Кожен з них має певну похибку, яку необхідно враховувати в процесі дослідження. У зв'язку з тим потрібно проводити попередню обробку вхідної інформації. Водночас, на основі цього можна отримати важливу інформацію про досліджуваний об'єкт. Це буває тоді, коли не вдається на базі певних фізичних, суспільних або інших законів побудувати відповідні математичні моделі. Інший випадок, коли процеси відбуваються в умовах значної невизначеності, наприклад, медична інформація. У зв'язку з тим, важливим є питання ефективного застосування теорії статистичного та ймовірнісного оброблення числової інформації. Зауважимо, що в певному сенсі показання приладів можна вважати випадковими величинами.

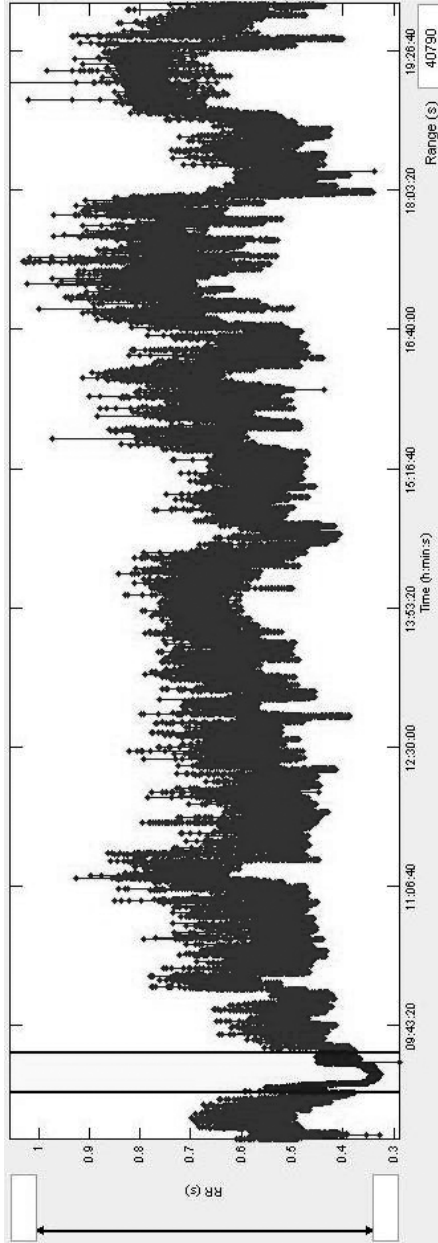
**Метою роботи** є пошук та інтерпретація прихованих періодичностей стосовно числових рядів, що наявні в тренувальній та змагальній діяльності спортсменів [1].

**Об'єктом дослідження** є цифрова інформація про відповідні процеси, що досліджуються та основні способи її вивчення.

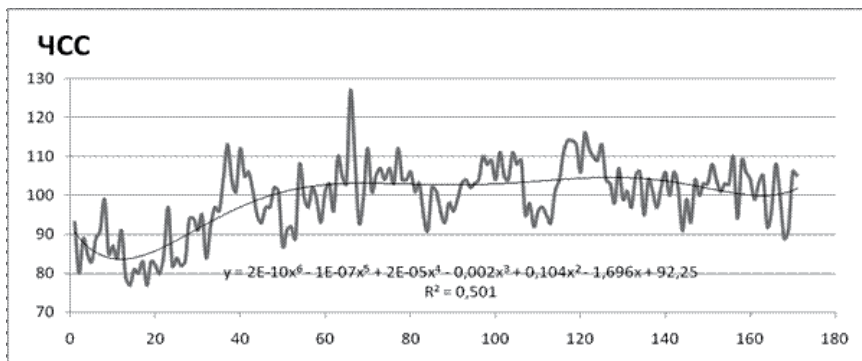
**Результати дослідження.** На рис. 1 представлено початкові експериментально виміряні частоти серцевих скорочень (ЧСС), визначені в спортсменки кардіомонітором Polar RC800 з посекундною часовою дискретизацією протягом тренувального дня під час навчально-тренувального збору. Одержаний часовий ряд проаналізовано за допомогою програмного пакету Kubios HRV [2], в якому для статистичних розрахунків та визначення варіабельності серцевого ритму використано відповідні інтервали часу між поштовхами серця ( $RR$ ). Цей програмний продукт надає змогу визначити основні характеристики роботи серцево судинної системи спортсменки у різних часових періодах тренувального дня – зарядка, тренування, відпочинок. Приклад такого аналізу  $RR$  інтервалів під час відпочинку спортсменки та результати статистичної обробки її ЧСС представлено відповідно на рис. 2 та в табл. 1. Для вибраних часових проміжків ми усереднили значення ЧСС через кожні 12 секунд та для більшої наочності подали перші їх 180 значень (рис. 3). Окрім цього, на рис. 3 подано поліноміальну лінію тренду шостого порядку та значення достовірності інформації. Значення статистичних параметрів спортсменки, у деяких часових періодах відпочинку протягом тренувального дня означено в табл. 1.



**Рис. 1.** Значення ЧСС спортсменки з посекундною часовою дискретизацією впродовж тренувального дня



**Рис. 2.** Значення інтервалів часу між поштовхами серця спортсменки RR [с] упродовж 12 годин тренувального дня, виділена частина – результати під час першого відпочинку



**Рис. 3.** Результати перших 180 розрахункових значень ЧСС спортсменки через кожні 12 секунд упродовж першого відпочинку

Таблиця 1

Величини	Одиниці вимірювання	Відпочинок після зарядки з 09:03:59 до 09:27:45	Післяобідній відпочинок з 13:36:01 до 14:27:50	Вечірній відпочинок з 18:55:37 до 19:27:14
Mean RR*	ms	382,9	662,3	778,2
STD RR (SDNN)	ms	52,0	55,5	38,5
Mean HR*	1/min	159,31	91,28	77,29
STD HR	1/min	19,28	8,30	3,93
RMSSD	ms	4,7	18,0	25,2
NN50	count	4	73	79
pNN50	%	0,1	1,6	3,2
RR triangular index		4,940	11,047	8,865
TINN	ms	190,0	280,0	300,0

Примітки: Mean RR – середнє значення інтервалів часу між поштовхами серця; STD RR (SDNN) – середньоквадратичне відхилення RR інтервалів; mean HR – середнє значення частоти серцевих скорочень-ЧСС; STD HR – середньоквадратичне відхилення миттєвих значень ЧСС; RMSSD – квадратний корінь із середнього квадрата відхилень визначений між послідовними RR інтервалами; NN50 – кількість послідовних пар RR інтервалів, що відмінні між собою більше ніж 50 мс; pNN50 – NN50, поділене на загальне число RR інтервалів; HRV triangular index – інтеграл від гістограми RR інтервалу, поділений на висоту гістограми; TINN – вихідна ширина гістограми RR інтервалів.

**Висновки.** Як видно з рисунків, частота серцевих скорочень людини змінюється впродовж дня в залежності від часу і має коливний характер з певними періодами. Періоди ЧСС, своєю чергою, залежать від активності людини та періоду доби. Водночас ЧСС має тенденцію до зменшення амплітуди. Окрім цього, значення ЧСС суттєво залежить від навантаженості людини. Все це підтверджує необхідність проведення достатньо детальних досліджень ЧСС людини, вплив на неї як зовнішніх, так і внутрішніх факторів та кореляцію між ними.

### Список літератури

1. Системний підхід і математичне моделювання біологічних та природних об'єктів і процесів / А. Власов, А. Демічковський, О. Іващенко, А. Лопатєв, М. Пітин, Я. П'янило, О. Худолій // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – 2016. – № 23. – С. 17–28.
2. Mika P. Tarvainen. Kubios HRV version 2.0, user's guide / Mika P. Tarvainen, Uha-Pekka Niskanen. – University of Kuopio, Kuopio, Finland, 2008. – P. 53.