

Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Кафедра комп'ютерних систем та мереж,
Кафедра комп'ютерних наук.

Науково-дослідна лабораторія
«Інформаційні технології
дослідження сигналів»

Науковий керівник
Приймак Микола Володимирович,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри комп'ютерних
систем та мереж

Історична довідка про науково-дослідну лабораторію.

Науково-дослідна лабораторія «Інформаційні технології дослідження сигналів» (далі – НДЛ ІТДС) була створена 25.11.2015 року на базі кафедри комп'ютерних наук (КН). Керівник лабораторії – д.т.н., професор Приймак М.В. В заснуванні лабораторії активну участь прийняв к.т.н. Маєвський О.В. (1975-2017).

Основний напрям діяльності лабораторії – це аналітичні та обчислювальні методи дослідження сигналів. Оскільки множина сигналів за своїми властивостями досить різноманітна, основним об'єктом дослідження є сигнали, характерною особливістю яких є **періодичність**.

За результатами діяльності лабораторії було захищено 2 дисертаційні роботи на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Це робота Маєвського О.В. «Інформаційні технології аналізу стохастично періодичних потоків», робота Дмитроци Л.П. «Моделі, методи та інформаційні технології аналізу процесів зі змінним періодом». Опубліковано також 17 наукових статей.

Підхід до дослідження сигналів «**модель-алгоритм-програма**»

В основу дослідження сигналів покладено підхід, що вкладається в тріаду «**модель-алгоритм-програма**». Згідно цього підходу:

- ✓ на першому етапі обґрунтовується **модель** досліджуваних сигналів;
- ✓ на другому – на основі моделі розробляються **алгоритми** дослідження;
- ✓ на третьому етапі розробляється відповідне **програмне забезпечення**.

Основним в цьому підході є перший етап – вибір моделі сигналу, оскільки від адекватності сигналу і його моделі залежить успішність розв'язку наступних задач тріади.

Основні **класи сигналів**, на дослідження яких орієнтується лабораторія.

Враховуючи значну різноманітність сигналів, основна увага зосереджена на методах обробки сигналів, характерною особливістю яких є періодичність. Це:

- ✓ стохастично періодичні сигнали із неперервним або дискретним аргументами;
- ✓ періодичні сигнали із змінним періодом (ПСЗП), прикладом яких є електрокардіограми (ЕКГ), отримані після дії на організм збудника спокою;
- ✓ стохастично періодичні потоки систем масового обслуговування (СМО).

Основні моделі сигналів, на базі яких розробляються методи і алгоритми їх дослідження.

Для опису стохастично періодичних сигналів в основному використовуються такі моделі:

- ✓ періодичні випадкові процеси і послідовності;
- ✓ періодичні ланцюги Маркова;
- ✓ періодичні пуассонівські потоки;
- ✓ періодичні функції із змінним періодом (ПФЗП);
- ✓ періодичні випадкові процеси із змінним періодом.

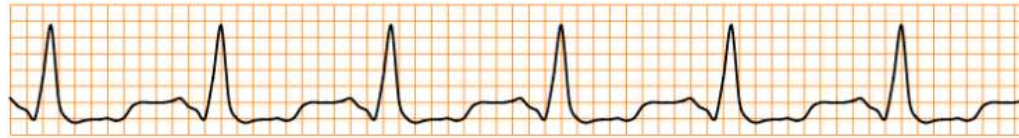
Приклади періодичних сигналів із змінним періодом.

Періодичними сигнали із змінним періодом є:

- ✓ сирена швидкої допомоги;
- ✓ сирена повітряної тривоги;
- ✓ ЕКГ, отримана після дії на організм фізичного навантаження.

Приклад ЕКГ із змінним періодом.

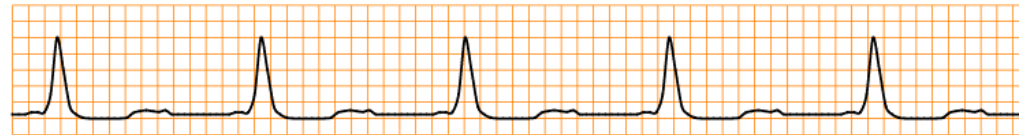
На рисунку наведені відрізки ЕКГ, отримані через кожні 60 секунд після дії на організм фізичного навантаження. Із рисунків видно, що із плином часу період ЕКГ збільшується.



а) 60 секунд після навантаження



б) 120 секунд після навантаження



в) 180 секунд після навантаження

а) – відрізок ЕКГ, отриманий через 60 сек. після дії навантаження, рисунки б) і в) – через 120 сек. і 180 сек.

Реалізація тріади «модель-алгоритм-програма»

Підхід «модель-алгоритм-програма» реалізовано (застосовано) при дослідженні ЕКГ, отриманих після дії на організм фізичного навантаження (20 присідань).

Модель періодичних сигналів із змінним періодом – це періодичні функції із змінним періодом.

Означення. Функція $f(t)$ називається **періодичною із змінним періодом $T(t)$** , якщо виконується рівність

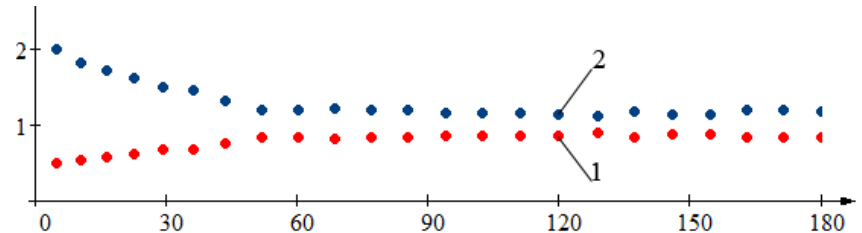
$$f(t) = f(t + T(t)).$$

Алгоритми дослідження ПФЗП та їх використання для дослідження ПСЗП. Основними алгоритмами дослідження ПФЗП є:

- ✓ побудова ряду Фур'є ПФЗП;
- ✓ побудова амплітудного і фазового спектрів ПФЗП;
- ✓ оцінки змінного періода ЕКГ, отриманої після дії на організм збудника спокою;
- ✓ оцінка параметрів змінного періоду ЕКГ та їх використання для діагностики варіабельності серцевого ритму.

Приклад дослідження ЕКГ із змінним періодом. Функцій апроксимації змінної частоти та змінного періоду.

На рисунку наведені експериментальні значення змінного періоду T_k та змінної частоти ν_k ЕКГ, отриманої після 20 присідань. Відліки взяті через кожні 10 серцевих скорочень протягом 180 секунд.



Значення змінного періоду T_k (графік 1) та змінної частоти ν_k (графік 2).

За аналітичні вирази функцій **апроксимації** змінної частоти та змінного періоду приймаються функції

$$\nu(t) = a + be^{-\alpha t},$$

$$T(t) = \frac{1}{\nu(t)} = \frac{1}{a + be^{-\alpha t}}.$$

Тлумачення параметрів параметри a, b, α та оцінка аритмії ЕКГ.

- ✓ Параметр a означає частоту пульсу (серцевих скорочень) в стані спокою.
- ✓ Параметр b означає величину, на яку зростає частота пульсу після дії на організм збудника спокою.
- ✓ Параметр α характеризує «швидкість» стабілізації пульсу: при збільшенні значення α стабілізація пульсу прискорюється, при зменшенні – уповільнюється.

Оцінка аритмії ЕКГ. За оцінку (міру, величину) аритмії серцевого ритму приймається середньоквадратичне відхилення

$$\sigma_T = \sqrt{d_T},$$

де

$$d_T = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (T_k - T(t_k))^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left(T_k - \frac{1}{a + b e^{-\alpha t_k}} \right)^2$$

– оцінка дисперсійного відхилення.

Приклад оцінки параметрів змінного періоду ЕКГ та оцінка аритмії.

На основі проведеного експерименту та отриманих значення змінного періоду T_k були обчислені значення параметрів a, b, α : $a = 1,148$, $b = 1,015$, $\alpha = -0,013$. Змінна частота та змінний період набули вигляду

$$v(t) = 1.148 + 1.015 \times e^{-0.013t},$$

$$T(t) = \frac{1}{1.148 + 1.015 \times e^{-0.013t}}.$$

Оцінка аритмії отримала значення

$$\sigma_T = 0,016.$$

Значення параметрів a, b, α та аритмії σ_T рекомендовано використовувати в **кардіології** як діагностичні параметри для задач **варіабельності** (змінності) серцевого ритму.

Кадрове забезпечення науково-дослідної лабораторії.

Діяльність НДЛ «Інформаційні технології дослідження сигналів» забезпечується на базі кафедр КСМ та КН. Очолює НДЛ її керівник д.т.н., проф. Приймак М.В. Склад НДЛ подається в таблиці.

Штат науково-дослідної лабораторії

№	Прізвище, ініціали	Посада	Наукова ступінь	Вчене звання
1.	Приймак М.В.	науковий керівник	д.т.н.	проф.
2.	Фриз М.Є	гол. наук. співроб.	к.т.н.	доц.
3.	Млинко Б.Б.	ст. наук. співроб.	к.т.н.	доц.
4.	Небесний Р.М.	наук. співроб.		ст. викл.

Необхідні засоби вимірювальної техніки для проведення дослідницьких робіт.

Для успішного і результативного функціонування лабораторії в частині дослідження сигналів із змінним періодом необхідний **прилад** для вимірювання і реєстрації R-R інтервалів ЕКГ:

Годинник Polard RS800, випуск 2020 року.

Пропонуємо послуги науково-дослідної лабораторії «Інформаційні технології дослідження сигналів» при виконанні Вами своєї професійної діяльності.

Наші реквізити:

46001 м. Тернопіль, вул. Руська, 56.

Телефон: 097-381-74-07.

Е-mail: pmw.ukr@ukr.net