

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ ЦЕНТР
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ
НАН УКРАЇНИ ТА МОН УКРАЇНИ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Директор Міжнародного науково-
навчального центру інформаційних
технологій та систем НАН та МОН
України


Олександр ВОЛКОВ
«23» квітня 2024 р

РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

з дисципліни «МОДЕЛІ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ
ОБРОБЛЕННЯ СИГНАЛІВ СКЛАДНОЇ ФОРМИ»

Рівень вищої освіти третій
Ступінь вищої освіти доктор філософії
Галузь знань 12 – інформаційні технології
Спеціальність 122 – комп'ютерні науки

Шифр ДВА 2 Дисципліна за вибором аспіранта

Форма навчання _____ денна _____ Курс 2 Семестр 4

Всього годин /кредитів ЄКТС 90 /3 за навчальним планом

- лекції (Л) 22
- семінарські заняття (СЗ) 16
- практичні заняття (ПЗ) -
- індивідуальні заняття (ІЗ) 2
- самостійна робота студентів (СРС) 50
- підсумковий контроль дисципліни – іспит

- м. Київ

Укладач(і) робочої навчальної програми:

Доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник відділу інтелектуальних автоматичних систем

 Леонід ФАЙНЗИЛЬБЕРГ

(підпис)

e-mail: fainzilberg@gmail.com

Робочу програму погоджено з гарантом освітньо-наукової програми

Гарант освітньої програми  / Володимир СТЕПАШКО

(підпис)

Затверджено: Вченою радою Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН та МОН України

Протокол № 3 від 23.04.2024 р.

Вчений секретар Вченої ради




Микола КОМАР

Ухвалено: Науково-методичною радою Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН та МОН України

Протокол № 2 від 15.04.2024 р.

Голова Науково-методичної ради



Людмила КОЗАК

Ухвалено: Радою молодих вчених Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН та МОН України

Протокол № 4 від 15.04.2024 р.

Голова Ради молодих вчених



Дмитро ВОЛОШЕНЮК

Введено в дію наказом директора Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН та МОН України № 57 від 23.04.2024 р.

1.ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Найменування показників	Характеристика дисципліни за денною формою навчання
Вид дисципліни	вільного вибору аспіранта
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Загальний обсяг кредитів / годин	3 / 90
Курс	2-й
Семестр	3-й
Кількість змістових модулів з розподілом:	4
Обсяг кредитів	3
Обсяг годин, в тому числі:	90
Лекції	22
Семінарські заняття	16
Самостійна робота	50
Форма підсумкового контролю	іспит

Дисципліна «Моделі та інтелектуальні методи оброблення сигналів складної форми» належить до переліку дисциплін циклу професійної підготовки за вибором аспіранта. Вона забезпечує важливий аспект світогляду аспіранта та спрямована на формування вміння розробляти та використовувати в наукових дослідженнях нові покоління інтелектуальних інформаційних технологій, за допомогою яких можливо проводити аналіз та інтерпретацію сигналів складної форми, що породжуються технічними або біологічними об'єктами

2. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Метою викладання навчальної дисципліни «Моделі та інтелектуальні методи оброблення сигналів складної форми» є навчити аспіранта формулювати та вирішувати задачі аналізу та інтерпретації реальних сигналів, що породжуються технічними та біологічними об'єктами в умовах внутрішніх та зовнішніх збурень, критично сприймати та аналізувати сучасні методи оброблення таких сигналів, шукати власні шляхи вирішення задачі, ефективно працювати з інформаційними джерелами, створювати нові знання за допомогою проведення оригінальних теоретичних та експериментальних досліджень.

Основними завданнями є:

- 1) ознайомлення з методологією побудови сучасних інформаційних технологій оброблення випадкових сигналів різної фізичної природи;
- 2) ознайомлення з принципами побудови штучних моделей таких сигналів реалістичної;
- 3) ознайомлення з етапами видобування прихованої діагностичної інформації з таких сигналів.

Інтегральна компетентність

Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у сфері комп'ютерних наук, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а

також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК04. Здатність розв'язувати комплексні проблеми комп'ютерних наук на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору з дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

Спеціальні (фахові) компетентності

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерних науках та дотичних до них міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерних наук та суміжних галузей.

СК02. Здатність застосовувати сучасні методології, методи та інструменти експериментальних і теоретичних досліджень у сфері комп'ютерних наук, сучасні цифрові технології, бази даних та інші електронні ресурси у науковій та освітній діяльності.

СК03. Здатність виявляти, ставити та розв'язувати дослідницькі науково-прикладні завдання та/або вирішувати проблеми в сфері комп'ютерних наук, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК04. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проєкти у галузі комп'ютерних наук та дотичні до неї міждисциплінарні проєкти, демонструвати лідерство під час їхньої реалізації.

СК06. Здатність аналізувати та оцінювати сучасний стан і тенденції розвитку комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

СК07. Здатність до створення та адекватного застосування інтелектуальних методів аналізу інформації та керування складними динамічними об'єктами різної природи.

СК08. Здатність аналізувати дані та одержувати необхідні знання для розв'язання нестандартних завдань з використанням математичних методів та методів комп'ютерного моделювання.

СК09. Здатність до розвитку теорії, розроблення нових методів та інтелектуальних засобів для розв'язання прикладних завдань з різних сфер, зокрема, технічної, економічної, екологічної, медичної, біологічної тощо.

СК11. Здатність до творчої ініціативи, раціоналізації, винахідництва, впровадження досягнень вітчизняної та закордонної науки, техніки, використання передового досвіду.

Програмні результати навчання

РН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з комп'ютерних наук і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

PH04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерних науках та дотичних міждисциплінарних напрямках.

PH05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з комп'ютерних наук та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

PH07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми комп'ютерної науки з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

PH10. Відшуковувати, оцінювати та критично аналізувати інформацію щодо поточного стану та трендів розвитку, інструментів та методів досліджень, наукових та інноваційних проектів з комп'ютерних наук.

PH12. Здійснювати інтелектуальний аналіз електронних масивів даних для розв'язання конкретних практичних завдань, зокрема побудови нейронних мереж, комп'ютерних систем автоматичного керування, розв'язання задач штучного інтелекту, створення систем інтелектуального керування динамічними об'єктами у реальному часі.

PH13. Здійснювати розроблення нових методів та інтелектуальних засобів для розв'язання прикладних завдань з різних сфер, зокрема, технічної, економічної, екологічної, медичної, біологічної тощо.

PH15. Проводити інтелектуальний аналіз об'єктів різних природи за різними видами первинної інформації (зображення, складні сигнали, тексти, електронні медичні записи, відео та аудіо записи).

PH 17. Розробляти комп'ютерні системи оброблення та аналізу інформації різного виду (цифрової, текстової, зображень, відеоряду, сигналів тощо).

3. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Номер лекції	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Семінарські /практичні заняття	Самостійна робота
ЗМ1: «ПРОБЛЕМА ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ АПРІОРНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ» (1 кредит)				
1	Сучасні підходи до видобування діагностичної інформації з сигналів складної форми	2	-	6
2	Задача оцінювання ефективності діагностичних ознак	2	-	4
ЗМ2: «СТОХАСТИЧНІ МОДЕЛІ ПОРОДЖЕННЯ ШТУЧНИХ СИГНАЛІВ СКЛАДНОЇ ФОРМИ»				
3	Базова математична модель породження сигналу реалістичної	2	-	6

	форми.			
4	Інтерполяційна модель породження штучного	2	4	4
5	Генеративна модель породження штучного	2	4	4
ЗМ3: «ДЕКОМПОЗИЦІЯ ЗАДАЧІ КОМП'ЮТЕРНОГО ОБРОБЛЕННЯ СПОТВОРЕНИХ СИГНАЛІВ СКЛАДНОЇ ФОРМИ»				
6	Метод відновлення корисного сигналу за фазовими траєкторіями спотворених спостережень	2	-	6
7	Алгоритми комп'ютерного оброблення циклічних сигналів	2	4	4
8	Алгоритми оцінювання хаотичності циклічних	2	4	4
ЗМ4: «ІНОВАЦІЙНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБЛЕННЯ СИГНАЛІВ СКЛАДНОЇ ФОРМИ»				
9	ФАЗАГРАФІЯ – інтелектуальна інформаційна технологія в кардіології	2	-	4
10	ТЕРМОГРАФ – інтелектуальна інформаційна технологія в ливарному виробництві	2	-	4
11	АІ-РИТМОГРАФ – інтелектуальний мобільний медичний засіб для домашнього споживання	2	-	4
	ВСЬОГО	22	16	50

4. ПРОГРАМНИЙ МАТЕРІАЛ

Змістовий модуль 1. «ПРОБЛЕМА ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ АПРІОРНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ»

Тема 1. Сучасні підходи до видобування діагностичної інформації з сигналів складної форми

Розглянуто загальне формулювання проблеми. Проаналізовано методи побудови моделей складних систем за експериментальними даними. Сформульовано методи побудови діагностичних правил. Розглянуто методологію аналізу властивостей сигналів як метод формування діагностичних ознак

Тема 2. Задача оцінювання ефективності діагностичних ознак

Наведені означення «інформативність» та «корисність» діагностичної ознаки. Сформульовано достатні умови корисності діагностичного тесту. Наведено приклади корисності сукупності діагностичних ознак. Розглянута задача оцінювання корисності діагностичних тестів у завданнях скринінгу. Визначено допустимі межі специфічності та чутливості корисного тесту. Наведено взаємозв'язок сформульованих умов корисності

діагностичного тесту із традиційним ROC-аналізом. Запропоновано підсилений ROC-аналіз

Змістовий модуль 2. «СТОХАСТИЧНІ МОДЕЛІ ПОРОДЖЕННЯ ШТУЧНИХ СИГНАЛІВ СКЛАДНОЇ ФОРМИ»

Тема 3. Базова математична модель породження сигналу реалістичної форми.

Розглядається загальна схема породження штучного сигналу в умовах внутрішніх та зовнішніх завад. Наводяться класифікація зовнішніх адитивних завад. Розглядаються практичні приклади. Вводяться поняття внутрішньої неадитивної завади, яку породжує сам об'єкт.

Тема 4. Інтерполяційна модель породження штучного сигналу

Розглядається математична модель породження штучного сигналу за одним та декількома еталонами. Наводяться математичні викладки, на основі яких отримується формальна схема породження сигналу. Пропонується схема програмного генератору. Наводяться результати порівняння побудованих штучних сигналів з реальними спостереженнями.

Тема 5. Генеративна модель породження штучного сигналу

Розглядається математична модель породження штучного циклічного сигналу на основі спотворень параметрів, що описують еталонний цикл. Формулюються необхідні обмеження, що покладаються в схему генерації штучних сигналів. Розглядаються переваги генеративної моделі перед інтерполяційною. Наводяться результати генерації штучних сигналів реалістичної форми.

Змістовий модуль 3. «ДЕКОМПОЗИЦІЯ ЗАДАЧІ КОМП'ЮТЕРНОГО ОБРОБЛЕННЯ СПОТВОРЕНИХ СИГНАЛІВ СКЛАДНОЇ ФОРМИ

Тема 6. Метод відновлення корисного сигналу за фазовими траєкторіями спотворених спостережень

Розглядаються основні недоліки методу усереднення реалізацій у часовій області. Пропонується метод усереднення реалізацій у фазовому просторі. Наводиться основна ідея методу. Пропонується базовий алгоритм усереднення фазових траєкторій. Розглядається модифікований алгоритм усереднення

Тема 7. Алгоритми комп'ютерного оброблення циклічних сигналів

Наводяться основні проблеми оброблення циклічних сигналів. Пропонується оригінальна процедура розбиття на цикли. Проводиться порівняльний аналіз процедури з традиційними підходами. Розглядається задача селекції нетипових циклів. Показується особливість вирішення задачі. Наводиться модельний приклад та результати чисельного моделювання

Тема 8. Алгоритми оцінювання хаотичності циклічних послідовностей

Розглядаються ентропійні оцінки хаотичності часових послідовностей. Надається математичне визначення відомих оцінок. Розглядається задача оцінювання хаотичності форми фрагментів циклічного сигналу. Пропонується новий метод оцінювання хаотичності циклічного сигналу за опуклою оболонкою фазового портрета перестановної ентропії. Наводяться результати практичного застосування методу.

Змістовий модуль 4. «ІНОВАЦІЙНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБЛЕННЯ СИГНАЛІВ СКЛАДНОЇ ФОРМИ»

Тема 9. ФАЗАГРАФІЯ – інтелектуальна інформаційна технологія в кардіології

Формулюються задачі, на які спрямована інформаційна технологія. Розглядаються базові гіпотези, покладені в основу технології. Наводяться загальні характеристика інформаційної технології та схема формування інформаційного продукту. Розглядаються результати оцінювання ефективності технології для вирішення задачі скринінгу ішемічної хвороби серця. Наводяться інші результати практичного застосування технології.

Тема 10. ТЕРМОГРАФ – інтелектуальна інформаційна технологія в ливарному виробництві

Розглядається загальна характеристика інформаційної технології. Пропонується схема формування інформаційного продукту. Наводиться апаратна схема реалізації спрощених процедур оброблення термограм. Пропонується модифікована процедура параметричної ідентифікації моделей. Наводяться результати промислових випробувань технології.

Тема 11. АІ-РИТМОГРАФ – інтелектуальний мобільний медичний засіб для домашнього споживання

Розвивається підхід до побудови медичних виробів, які пацієнт може самостійно використовувати. Показується роль інтелектуальних інформаційних технологій для вирішення цієї задачі. Дана коротка характеристика розроблених інтелектуальних обчислювальних процедур, покладених в основу мобільного додатка АІ-РИТМОГРАФ для оцінювання показників варіабельності серцевого ритму за фотоплетизмограмою, що реєструється за допомогою вбудованої камери смартфона. Наведено перспективи розвитку запропонованого підходу.

5. САМОСТІЙНА РОБОТА

Самостійна робота охоплює:

- 1) підготовку до семінарських занять,
- 2) опрацювання наукової літератури,
- 3) підготовку до іспиту.

№ п/п	Зміст самостійної роботи	Обсяг СР (годин)
1.	Підготовка до семінарських занять	10
2.	Опрацювання наукової літератури	20
3.	Підготовка до іспиту	20
Усього за навчальною дисципліною		50

6. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Контроль знань аспірантів здійснюється на підставі Положення про організацію та проведення поточного і підсумкового/семестрового контролю результатів навчання здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня.

Контроль знань аспірантів складається з двох складників: поточного і підсумкового/семестрового контролю результатів навчання здобувачів вищої освіти

третього (освітньо-наукового) рівня. Кожний складник оцінюється за стобальною системою .

Загальна оцінка результатів за дисципліною (ЗО) розраховують:

$$ZO = k_1 * \text{ПоК} + k_2 * \text{ПідК},$$

де k_1, k_2 - коефіцієнти переведення балів поточного (ПоК) та підсумкового контролю (ПідК) відповідно; $k_1 = 0,4, k_2 = 0,6$.

Максимальна кількість балів у поточному контролі встановлюється таким чином:

Форми навчальної діяльності	Максимальна сумарна оцінка в балах
усне опитування	65
активна робота на заняттях	35
Всього	100

Порядок перерахунку рейтингових показників нормованої 100-бальної шкали оцінювання в національну шкалу та шкалу ECTS

За 100-бальною шкалою	За національною шкалою		За шкалою ECTS
	Іспит	Залік	
91 – 100	відмінно	зараховано	A (відмінно)
81 – 90	добре		B (дуже добре)
71 – 80			C (добре)
66 – 70			D (задовільно)
60 – 65	задовільно		E (достатньо)
40 – 59	незадовільно	не зараховано	FX (незадовільно – з можливістю повторного складання)
1 – 39			F (неприйнятно – з обов’язковим повторним навчанням)

7. ОРІЄНТОВНИЙ ПЕРЕЛІК ЗАПИТАНЬ НА ЕКЗАМЕН

- Сформулюйте загальну постановку проблеми видобування діагностичної інформації з сигналів складної форми
- Охарактеризуйте методи побудови моделей складних систем за експериментальними даними.
- Охарактеризуйте методи побудови діагностичних правил.
- Охарактеризуйте достатні умови корисності діагностичного тесту
- Сформулюйте означення термінів «інформативність» та «корисність» діагностичної ознаки.
- Охарактеризуйте підходи до означення корисності діагностичних тестів.
- Опішіть умови оцінювання допустимих меж специфічності та чутливості корисного діагностичного тесту.
- Наведіть взаємозв'язок достатніх умов корисності діагностичного тесту із традиційним ROC-аналізом.
- Опішіть ідею побудови підсиленого ROC-аналізу.
- Опішіть інтерполяційну модель породження штучної ЕКГ.
- Опішіть генеративну модель породження сигналів складної форми.
- Опішіть метод генерація штучних ЕКГ з нетиповими циклами.

13. Сформулюйте задачу моделювання штучних ЕКГ з альтернацією зубця T .
14. Сформулюйте задачу відновлення корисного сигналу за спотвореною реалізацією.
15. Охарактеризуйте типи зовнішніх адитивних перешкод.
16. Охарактеризуйте інтелектуальну процедуру приглушення частотних перешкод на основі дискретного перетворення Фур'є.
17. Опишіть традиційні алгоритми згладжування даних.
18. Сформулюйте недолік алгоритмів згладжування сигналу
19. Опишіть інтелектуальний алгоритм адаптивного згладжування.
20. Сформулюйте переваги адаптивного алгоритму
21. Опишіть алгоритм видалення імпульсних перешкод.
22. Опишіть алгоритм видалення тренду ізоелектричної лінії
23. Сформулюйте поняття фазовий простір, фазова траєкторія, фазовий портрет
24. Охарактеризуйте метод відображення сигналу в фазовій площині координат.
25. Сформулюйте етапи обробки ЕКГ на фазовій площині
26. Опишіть метод розбиття сигналу на окремі цикли на фазовій площині.
27. Опишіть алгоритм визначення опорного (домінантного) циклу
28. Опишіть процедура селекції ненадійних циклів
29. Сформулюйте властивості відстаней. Наведіть визначення відстані Гаусдорфа.
30. Опишіть алгоритм усереднення фазових траєкторій
31. Наведіть основні етапи формування інформаційного продукту в технології

ФАЗАГРАФІЯ

32. Наведіть основні етапи формування інформаційного продукту в технології

ТЕРМОГРАФ

33. Опишіть методи математичного аналізу варіабельності серцевого ритму
34. Сформулюйте основні характеристики донозологічної діагностики
35. Сформулюйте основні характеристики персоніфікованої діагностики
36. Охарактеризуйте основні технічні характеристики мобільної технології АІ-

РИТМОГРАФ

8. ПОЛІТИКА ДОБРОЧЕСНОСТІ

Виконання навчальних завдань має відповідати вимогам Кодексу академічної доброчесності Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН та МОН України, затвердженого вченою радою Міжнародного центру 20.01.2022 року, протокол № 1.

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна (базова):

1. Fainzilberg L.S. Conditions of Utility of Diagnostic Tests from the Point of View of the Statistical Theory of Decision Making. *Journal of Automation and Information Sciences*. – 2003. – Vol. 35. – Issue 4. – P. 63-73.
2. Fainzilberg L.S. ECG Averaging based on Hausdorff Metric // *International Journal of Biomagnetism*.- 2003. — Vol. 5. — № 1. — P. 236-237.

3. Fainzilberg L.S. Diagnostics of Object State by Phase Trajectories of Observed Signals with Locally Concentrated Features // Journal of Automation and Information Sciences. – 2004. – Vol. 36. – Issue 3. – P. 46-55.

4. Fainzilberg L.S., Bekler T.Yu., Glushauskene G.A. Mathematical Model for Generation of Artificial Electrocardiogram with Given Amplitude-Time Characteristics of Informative Fragments // Journal of Automation and Information Sciences. – 2011. – Vol. 43.- — Issue 9. — P. 20-33.

5. Fainzilberg L.S. Generalized Method of Processing Cyclic Signals of Complex Form in Multidimension Space of Patameters // Journal of Automation and Information Sciences. – 2015. – Vol. 47.-- Issue 3. – P. 24-39.

6. Файнзільберг Л.С. Методи та системи штучного інтелекту : підручник для студентів спеціальності «Комп'ютерні науки» освітньо-професійної програми «Комп'ютерні технології в біології та медицині». – Київ, ТОВ «7БЦ», 2023. – 316 с.

7. Гриценко В.І., Файнзільберг Л.С. Персоніфіковані засоби цифрової медицини — крок до здоров'я // Вісник Національної академії наук України. — 2012. — № 8. — С. 62-70.

8. Fainzilberg L.S., Bekler T.Yu. Software-Hardward Complex for Generating Artificial Electrocardiograms with Realistic-Forms // Science and Innovation. — 2012. — Issue 4. — С. 89-98.

9. Файнзільберг Л.С. Фазовий портрет електрокардіограми як засіб біометрії // Кібернетика та системний аналіз. – 2022. – Том 58 . – № 3. – С. 183-192.

10. Файнзільберг Л.С. Жуковська О.А., Якимчук В.С. Теорія прийняття рішень. – К.: Освіта України, 2018. – 250 с.

Допоміжна:

11. Fainzilberg L.S. Restoration of a Standard Sample of Cyclic Waveforms with the Use of the Hausdorff Metric in a Phase Space // Cybernetics and Systems Analysis. – 2003. – Vol. 39.– Number 3. – P. 338-344.

12. Fainzilberg L.S., Bekler T.Yu. T-Wave Alternats Modeling on Artificial Electrocardiogram with Internal and External Perturbation // Journal of Automation and Information Sciences. – 2012. – Vol. 44. – Issue 7. – P. 1-14.

13. Fainzilberg L.S., Dykach Ju.R. Linguistic approach for estimation of electrocardiograms's subtle changes based on the Levenstein distance // Cybernetics and Computer Engineering. – 2019. – No. 2 (196). – P. 3-26.

14. FAINZILBERG L.S., KHARCHENKO A.R. Remote Monitoring of Hearing from the Position of Personalized Medicine. Cybernetics and Computer Engineering. – 2023. – No. 2 (212). – pp. 80-94.

Інформаційні ресурси

1. <http://fazagraf.irtc.org.ua>
2. <http://fainzilberg.irtc.org.ua/>
3. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F>