

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ, НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ
УКРАЇНИ**

Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання самостійних робіт з дисципліни

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, спеціалізація (освітня програма) - Електричні та електронні апарати; Електромеханічне обладнання енергосмних виробництв

2018

Методичні вказівки до виконання самостійних робіт з дисципліни " **Методологія та інформатизація наукових досліджень електромеханічних пристроїв та систем.** для студентів усіх форм навчання спеціальності **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, спеціалізація (освітня програма) - Електричні та електронні апарати; Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв** / Укл.: М.О. Поляков - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. - 28 с.

Укладач:

М.О. Поляков, доцент, к.т.н.

Рецензент:

В.М. Снігірьов, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск:

О.В. Близняков, доцент, к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри
«Електричні апарати»
Протокол № 1
від 21 серпня 2018 р

ЗМІСТ

1 Мета і завдання вивчення дисципліни.....	4
2 Програма дисципліни.....	5
3 Приклади рішення задач.....	8
3.1 Приклад рішення задач до теми 2.....	8
3.2 Приклад рішення задач до теми 3.....	9
3.3 Приклад рішення задач до теми 5.....	12
3.4 Приклад рішення задач до теми 7.....	14
4 Перелік питань, які виносяться на рубіжний контроль.....	16
Перелік посилань.....	20

МЕТА І ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

У даному курсі самостійних робіт вивчаються методи та засоби автоматизації наукових досліджень, такі як АЦП та фільтрація даних, нечіткий контролер, навчання нейронної мережи, кластерний аналіз, генетичні алгоритми, вейвлет аналіз, логічне програмування, комп'ютерне моделювання, пакети програмування промислових контролерів, програмування задач досліджень, пакети програмування SCADA системи та АСНД з видаленою лабораторією GOLDi

Використання комп'ютера та інформаційних технологій - це обов'язкова кваліфікаційна вимога до магістра, який виконує наукові дослідження у галузі електромеханічних пристроїв та систем.. Тому якісне, творче виконання запропонованих самостійних робіт буде сприяти закріпленню теоретичного матеріалу дисципліни.

Для успішного і своєчасного виконання кожної самостійної роботи студент повинний якісно вивчити теоретичний матеріал [1-15], ознайомитись з методичними вказівками відповідно до теми роботи. Після виконання роботи, студент повинен погодити з викладачем її результати, надати та захистити звіт, оформлений відповідно до СТП 1596.

Мета дисципліни «Методологія та інформатизація наукових досліджень електромеханічних пристроїв та систем» – надати студентам знання та відомості по принципам та засобам автоматизації та інформатизації наукових досліджень у галузі електричних та електронних апаратів.

Завдання викладання дисципліни полягає у ознайомленні з загальною концепцією автоматизації та інформатизації наукових досліджень, висвітленні теоретичних та практичних питань проектування контролерних систем наукових досліджень та наукових досліджень за допомогою комп'ютерних моделей.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- концепцію, склад, галузі застосування автоматизованих систем наукових досліджень;
- теоретичні основи автоматизованого синтезу знань, кластерного аналізу та ідентифікації даних експерименту, генетичних алгоритмів;

- структуру та складові частини апаратного та системного програмного забезпечення контролерних систем наукових досліджень;
- область застосування комп'ютерних моделей у наукових дослідженнях, моделі об'єктів досліджень та зовнішніх дій, програмне забезпечення для моделювання.

вміти:

- розробляти архітектуру контролерних систем наукових досліджень, обирати засіб її реалізації;
- використовувати методи автоматизованого синтезу знань, кластерного аналізу та ідентифікації даних експерименту, генетичних алгоритмів у дослідженнях електричних та електронних апаратів;
- обирати або розробляти комп'ютерні моделі електричних електричних та електронних апаратів;
- працювати у середовищі програмних пакетів моделювання для задач наукових досліджень.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Методологія та методи інформатизації наукових досліджень

Тема 1. Методологія

Введення. Основні види робіт при виконанні наукових досліджень.

Галузі застосування засобів автоматизації та інформатизації наукових досліджень. Терміни та визначення у галузі автоматизації та інформатизації наукових досліджень. Приклади автоматизації та інформатизації наукових досліджень електромеханічних пристроїв та систем

Лекції-2 год. Лаб. робота -2 год. Сам. робота –8 год.

Тема 2. Нечітка логіка

Нечіткі множини, операції, змінні. Нечітка логіка. Продукційні системи. Пакети моделювання. Приклади застосування у пакеті Fuzzy Logic Toolbox.

Лекції2 год. Лаб робота -2 год. Сам. робота – 9 год.

Тема 3. Нейронні мережі

Визначення штучного нейрона та нейронної мережі. Галузі використання у наукових дослідженнях. Створення нечіткої моделі об'єкту дослідження за допомогою нейронної мережі.

Лекції-2 год. Лаб робота -2 год. Сам. робота – 9 год.

Тема 4. Кластерний аналіз

Загальна характеристика задач кластерного аналізу. Задача нечіткої кластеризації та алгоритми її розв'язання. Засоби рішення задачі нечіткої кластеризації у пакеті MATLAB.

Лекції-2 год. Лаб робота -2 год. Сам. робота – 9 год.

Тема 5. Генетичні алгоритми

Основні поняття еволюційних алгоритмів. Робота генетичного алгоритму. Приклади використання генетичних алгоритмів

Лекції-2 год. Лаб робота -2 год . Сам. робота – 9 год.

Тема 6. Вейвлет аналіз

Визначення вейвлетів. Порівняння вейвлет та Фурье аналізу. Засоби вейвлет аналізу у пакеті MATLAB. Приклади застосування

Лекції-2 год Лаб робота -2 год. Сам. робота – 9 год.

Тема 7. Логічне програмування

Логіка висловлювань. Логічний наслідок. Логіка предикатів та логічне виведення. Логічне виведення у мові програмування «ПРОЛОГ». Поняття про автоматизований синтез знань. Застосування логічного виведення для пошуку нових знань

Лекції-2 год Лаб робота -2 год. Сам. робота – 9 год.

Змістовий модуль 2. Засоби автоматизації наукових досліджень

Тема 8. Комп'ютерне моделювання 6

Програмне забезпечення для побудови моделей для наукових досліджень. Склад віртуального стенду для наукових досліджень: модель об'єкта досліджень; модель зовнішнього середовища; модель людина-машинного інтерфейсу. Моделювання паралельних, розподілених систем та систем реального часу. Моделі дискретних, неперервних та гібридних динамічних систем. Моделі автоматної поведінки системи.

Лекції-2 год Лаб робота -2 год. Сам. робота – 8 год.

Тема 9. Контролерні АСНД

Різновиди, властивості та принцип дії промислового контролера. Апаратні засоби та функціональна організація промислового контролера. Структура контролерної АСНД

Лекції-2 год Лаб робота -2 год. Сам. робота – 9 год.

Тема 10. Програмування задач досліджень

Стандартні мови програмування промислових контролерів за стандартом ІЕС 61131: загальна характеристика, типи даних, типові елементи та конструкції, приклади програмування. Програмні засоби програмування. Пакет програмування RSLogix

Лекції-2 год Лаб робота -6 год. Сам. робота – 9 год.

Тема 11 SCADA системи для наукових досліджень

Принципи побудови «верхнього рівня» системи автоматизації наукових досліджень за допомогою SCADA систем. Типові задачі візуалізації даних наукових досліджень: архівація даних, побудова трендів, аналіз станів задачі дослідження.

Лекції-2 год Лаб робота -2 год. Сам. робота – 9 год.

Тема 12. Інтегровані АСНД

Визначення. Структурна схема. Теоретико-множинні моделі операційних та керуючих автоматів. Принцип «управління управлінням». Ієрархія рівнів. Приклади застосування

Лекції-2 год. Сам. робота – 9 год.

Тема 13 Когнітивні АСНД

Визначення. Структурна схема. Теоретико-множинні моделі підсистем та рівнів. Конвертори знань. Керуючі автомати. Приклади використання когнітивної АСНД.

Лекції-2 год. Сам. робота – 9год.

Тема 14. АСНД з видаленими лабораторіями.

Визначення, принципи побудови, використання у наукових дослідженнях. Видаленими лабораторія GOLDi. Технології програмування експериментів.

Лекції-2 год Лаб робота -2 год. Сам. робота – 9год

3 ПРИКЛАДИ РІШЕННЯ ЗАДАЧ

3.1 Приклад рішення задач до теми 2

Дослідити дискретизацію синусоїдального сигналу з частотою f , вибірками з частотою f_s від $1f$ до $2f$. Побудувати графік функції $f_0/f_s = \varphi(f/f_s)$.

Хід рішення

Для виконання дослідження створена модель у пакеті Matlab Simulink (рисунок 3.1).

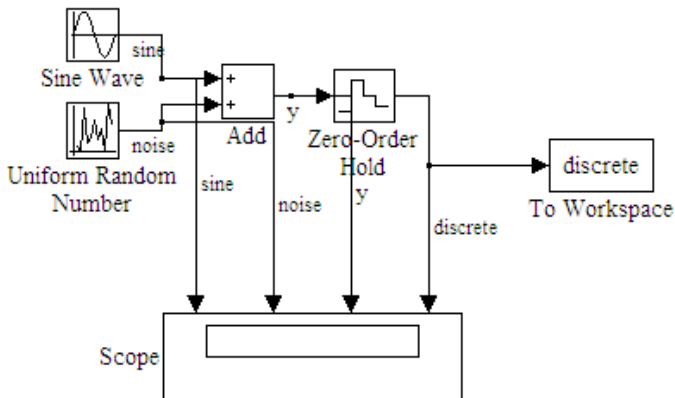


Рисунок 3.1 – Simulink модель для дослідження дискретизації синусоїдального сигналу

Результати моделювання виводяться у робочий простір (Workspace).

За отриманими у ході симуляції моделі результатами побудований графік шуканої функції (рисунок 3.2).

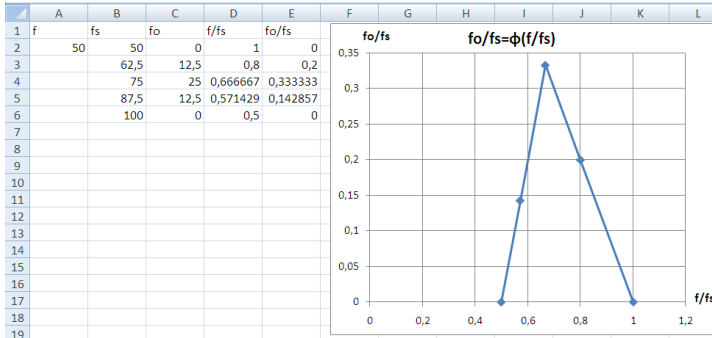


Рисунок 3.2 – Значення та графік функції $fo/fs = \varphi(f/fs)$

3.2 Приклад рішення задач до теми 3

За допомогою вейвлет і Фур'є перетворень дослідити функцію $x(t) = \cos(2\pi 10t) + \cos(2\pi 25t) + \cos(2\pi 50t) + \cos(2\pi 100t)$ та порівняти можливості вищезгаданих перетворень.

Хід рішення

Розглянемо функцію:

$$x_1(t) = \cos(2\pi 10t) + \cos(2\pi 25t) + \cos(2\pi 50t) + \cos(2\pi 100t)$$

Змодельємо в пакеті Matlab Simulink модель для визначення спектру частот за допомогою Фур'є перетворення функції (рисунок 3.3).

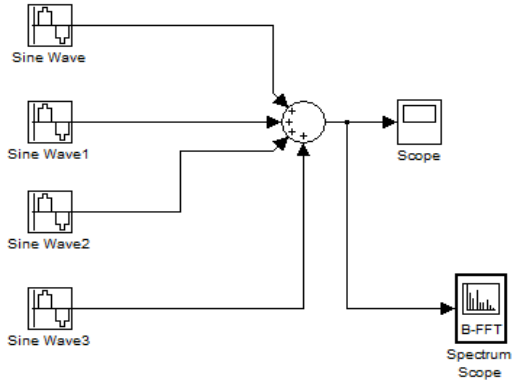


Рисунок 3.3 – Модель в пакеті Matlab Simulink для визначення спектру частот за допомогою Фур'є перетворення функції

Параметри для блоку SineWave показані на рисунку 3.4. Для блоків SineWave1-SineWave3 значення в полі Frequency змінені на $25 \cdot 2 \cdot \pi$, $50 \cdot 2 \cdot \pi$ і $100 \cdot 2 \cdot \pi$ відповідно.

Параметри для блоку Spectrum Scope показані на рисунку 3.5.

Частотний спектр показаний на рисунку 4.

Як видно із результатів в сигналі присутні частоти 10, 25, 50 і 100 Гц.

Параметри симуляції показані на рисунку 3.7.

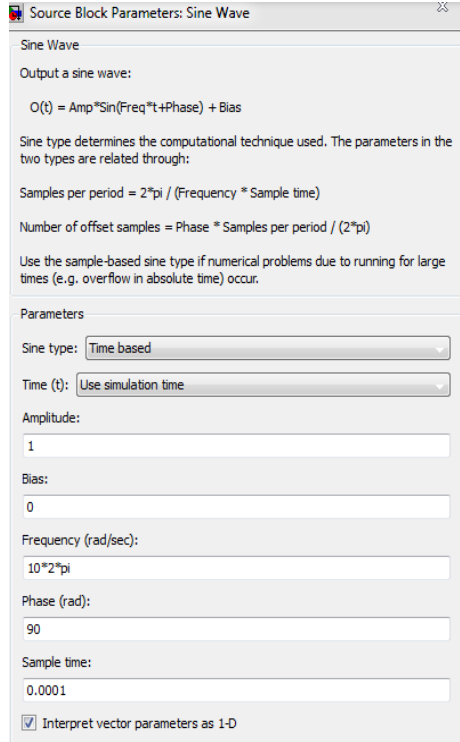


Рисунок 3.4 – Параметри блоку SineWave

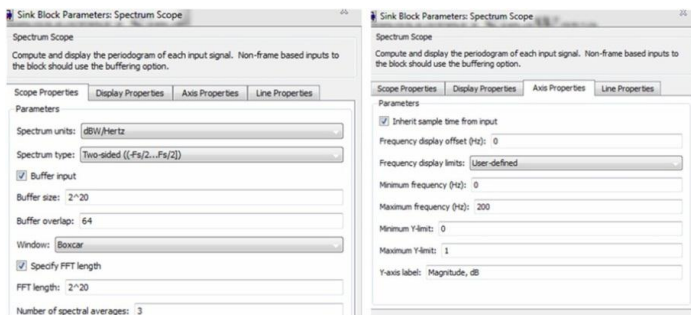


Рисунок 3.5 – Параметри блоку Spectrum Scope

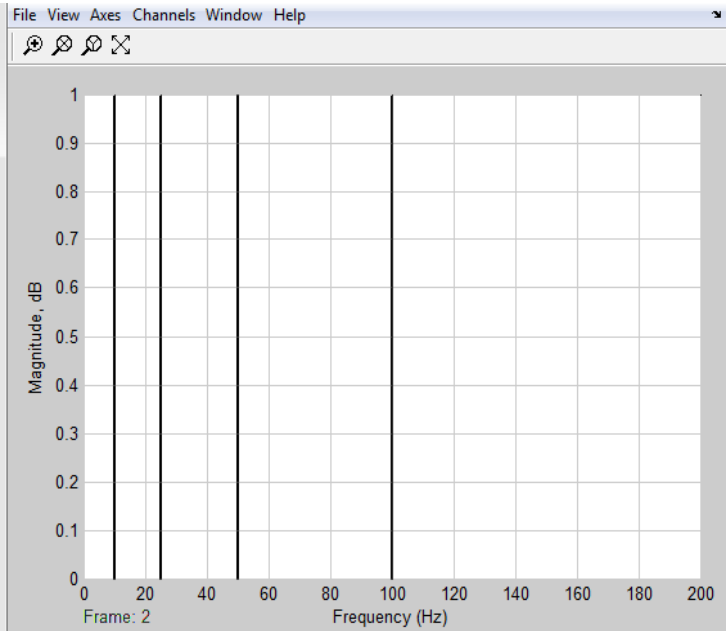


Рисунок 3.6 – Частотный спектр сигналу x_1

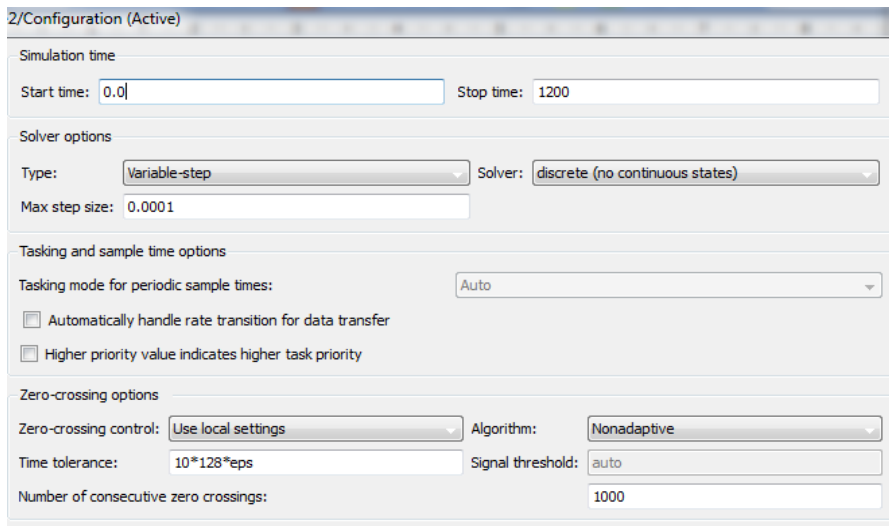


Рисунок 3.7 – Параметри симуляції

3.3 Приклад рішення задач до теми 5

Знайти мінімальне значення функції двох змінних з використанням генетичних алгоритмів.

$$f(x_1, x_2) = x_1^2 - 2x_1x_2 + 6x_1 + x_2^2 - 6x_2$$

Розробити методику для визначення мінімального значення функції за допомогою засобу opttool у Toolbox Genetic Algorithm and Direct Search пакету Matlab.

Хід рішення

Спочатку створюється m-файл з фітнес функцією генетичного алгоритму: `function y = simple_fitness(x)`

$$y = (x(1))^2 - 2x(1)x(2) + 6x(1) + (x(2))^2 - 6x(2);$$

$$\text{FitnessFunction} = @\text{simple_fitness};$$

$$\text{numberOfVariables} = 2;$$

$$[x, fval] = \text{ga}(\text{FitnessFunction}, \text{numberOfVariables})$$

Після запуску файлу отримаємо рішення:

$x = 17.9302 \quad 21.4664;$

$fval = -7.3382e+115,$

де x – остаточне рішення;

$fval$ – значення функції придатності в кінцевій точці.

Для знаходження мінімального значення функції за допомогою засобу `opttool` пакету Matlab створюємо `m`-файл (рисунок 3.8).

```

1  function f = ps_example(x)
2      %PS_EXAMPLE objective function for pattern search.
3
4      % Copyright 2003-2004 The MathWorks, Inc.
5      % $Revision: 1.2.4.1 $ $Date: 2004/08/20 19:50:21 $
6
7
8  for i = 1:size(x,1)
9      f(i) = (x(i,1))^2 - 2*x(i,1)*x(i,2) + 6*x(i,1) + (x(i,2))^2 - 6*x(i,2);
10 end

```

Рисунок 3.8 – Файл `ps_example.m` з заданою функцією

Для роботи з Інструментарієм генетичного алгоритму слід ввести наступну інформацію:

Fitness function – цільова функція, що підлягає мінімізації. У форму `fitnessfun` вводиться функція придатності, де `fitnessfun.m` є `m`-файл для розрахунку функції придатності.

Number of variables – розмір вхідного вектора для функції придатності. Для заданої функції слід ввести 2.

Для виконання генетичного алгоритму слід клікнути мишкою на кнопку `Start`. Далі в інструментарії в панелі `Status and Results` відображаються результати оптимізації (рисунок 3.9).

Problem Setup and Results

Solver:

Problem

Fitness function:

Number of variables:

Constraints:

Linear inequalities: A: b:

Linear equalities: Aeq: beq:

Bounds: Lower: Upper:

Nonlinear constraint function:

Run solver and view results

Use random states from previous run

Current iteration:

```

-----
Optimization running.
Optimization terminated.
Objective function value: -5.082913971553562E137
Optimization terminated: maximum number of generations exceeded.
  
```

Final point:

1	2
19,245	23,77

Options

Population

Population type:

Population size: Use default: 20
 Specify:

Creation function:

Initial population: Use default: []
 Specify:

Initial scores: Use default: []
 Specify:

Initial range: Use default: [0;1]
 Specify:

Fitness scaling

Scaling function:

Selection

Selection function:

Reproduction

Elite count: Use default: 2
 Specify:

Crossover fraction: Use default: 0.8
 Specify:

Рисунок 3.9 – Результат розв'язання задачі визначення мінімального значення функції за допомогою засобу optitool

3.4 Приклад рішення задач до теми 7

«Задача про брехунів».

У класичному варіанті мова йдеться про англійського мандрівника, який потрапив у країну, населену двома племенами. Члени одного племені завжди брешуть, члени іншого говорять тільки правду.

Мандрівник зустрічає двох тубільців. «Ви завжди говорите тільки правду?» – запитує він високого тубільця. Той відповідає: «Гарабара». «Він сказав «так», – пояснює тубілець нижчого зросту, який знає англійську мову, – але він жахливий брехун».

До якого племені належить кожен із тубільців?

Рішення

Для уточнення формулювання завдання припустимо, що тубілець зрозумів сенс питання, а мандрівник здогадався, що слово «тарабара» мовою тубільців означає або «так», або «ні». Систематичний підхід до вирішення завдання полягає у виписуванні всіх чотирьох можливостей про правдивість і брехливість тубільців і виключення тих з них, які суперечать даним задачі (1 означає «істина», 0 – «брехня»).

Для наочності хід розмірковувань представимо у табличному вигляді (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Хід розмірковувань

Високий туземець	Низький туземець	Інтерпретація
0	0	Якщо другий бреше, значить, перший сказав «ні» і сказав правду. Протиріччя з припущенням, що перший бреше.
0	1	Другий сказав правду. Значить, перший сказав «так» і бреше. Протиріччя з умовою немає.
1	0	Якщо другий бреше, значить, перший сказав «ні» і сказав правду. Протиріччя з тим, що «ні» означає, що перший не говорить правду.
1	1	Другий сказав правду. Значить, перший сказав «так» і бреше. Протиріччя з припущенням, що перший говорить правду.

Відповідь можна отримати набагато швидше за допомогою звичайних міркувань, якщо зауважити, що високий тубілець повинен відповісти ствердно незалежно від того, чи бреше він чи каже правду. Значить, нижчий тубілець сказав правду, і він повинен належати до племені правдивих, а його високий приятель - до племені брехунів.

4 ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА РУБІЖНИЙ КОНТРОЛЬ

1. Основні види робіт при виконанні наукових досліджень.
2. Галузі застосування засобів автоматизації та інформатизації наукових досліджень.
3. Приклади автоматизації та інформатизації наукових досліджень електричних машин та апаратів.
4. Методи здобуття теоретичних знань.
5. Моделі знань, їх структура, атрибути, закономірності.
6. Етапи введення зібраних даних в керуючий комп'ютер і їх обробки.
7. Вимоги до інтервалу дискретизації.
8. Аналоговий сигнал містить компоненти з частотою f . Частота дискретизації $f_s = 1.2f$. Чи можливо по послідовності даних вибірки встановити форму досліджуваного сигналу. Поясніть свою думку.
9. Синусоїдальний сигнал із частотою $f = 0.01f_c$, що досліджується на фоні завад із максимальною частотою f_c дискретизується з частотою вибірки $f_s = 1.2f_c$. Чи можливо за послідовністю даних вибірки встановити форму досліджуваного сигналу. Поясніть свою думку.
10. За допомогою причинного фільтру низької частоти ковшного середнього фільтрується суміш шуму та сигналу у формі прямокутних імпульсів. Як змінюється якість фільтрації в залежності від кількості вибірок, що усереднюються. Проілюструйте свою думку осцилограмами.
11. Переваги представлення сигналів у часовій та частотній області.
12. Засоби для Фур'є та вейвлет-перетворювання.
13. Поняття скейлет функції і материнського вейвлету.
14. Методика кратномасштабного аналізу сигналів з використанням вейвлетів с кратністю $n=3$.

15. Функція $x(t)$, що досліджується існує у вигляді файлу з послідовністю даних вибірки. Наведіть графіки залежності $x(t)$ та вейвлет-спектр сигналу за допомогою вейвлету Хаара.

16. Розробить схему дослідження сигналу у частотній області за допомогою вейвлет-перетворення у середовищі Simulink. Досліджувана функція $x(t)$ існує у вигляді файлу з послідовністю даних вибірки. Наведуть графіки залежності $x(t)$ та спектр сигналу.

17. Задача нечіткої кластеризації та алгоритми її розв'язання.

18. Засоби рішення задачі нечіткої кластеризації у пакеті Matlab.

19. Суть методу субтрактивної кластеризації.

20. Маємо результати оцінювання варіантів реалізації електричного апарату у координатах «вартість – функціональність» у вигляді файлу даних. Розробити методику кластеризації даних.

21. Маємо миттєві потужності, що споживаються у певний час дня упродовж місяця. Розробити методику дослідження цих даних з метою визначення кількості кластерів.

22. Основні поняття еволюційних алгоритмів.

23. Робота генетичного алгоритму.

24. Які засоби для реалізації генетичних алгоритмів є в системі Matlab.

25. Розробити методику дослідження функції $f(x_1, x_2) = x_1^2 + 3^{x_1 x_2} + 8^{x_1} - x_2^2 - 6^{x_1}$ з метою визначення її мінімального значення за допомогою засобів генетичних алгоритмів.

26. Розробити методику для визначення мінімального значення функції $f(x_1, x_2) = x_1^2 + 3^{x_1 x_2} + 8^{x_1} - x_2^2 - 6^{x_1}$ засобом optitool у Toolbox Genetic Algorithm and Direct Search пакету Matlab.

27. Логіка висловлювань та предикатів.

28. Логічний наслідок.

29. Що таке логічне виведення.

30. Що таке логічне програмування?
31. Структура програми мовою ПРОЛОГ.
32. Дайте визначення речень різних типів, які використовуються в ПРОЛОГ-програмах.
33. Методика аналізу логічних схем з допомогою ПРОЛОГ - програм.
34. Задана логічна схема порівняння з входами А, В та виходом Е. Розробити методику дослідження цієї схеми засобами логічного програмування для визначення входів, при яких значення виходу буде 1.
35. Відомо, що «хронічні сепульки завжди латентні або біфуркальні». Перевірити за допомогою логічного програмування істинність ствердження: сепульки не хронічні тільки у випадку відсутності у них властивості латентності.
36. Задачі ідентифікації даних експерименту.
37. Що таке параметрична ідентифікація з функціоналом методом найменших квадратів.
38. Ідентифікація теплових процесів у потужному маслонаповненому трансформаторі.
39. Розробити у середовищі Simulink схему для дослідження теплових процесів у маслонаповненому трансформаторі.
40. Етапи введення зібраних даних в керуючий комп'ютер і їх обробки.
41. Визначення контролерної системи наукових досліджень.
42. Структура, склад апаратного та програмного забезпечення контролерної системи наукових досліджень.
43. Засоби інтерфейсів контролерної системи наукових досліджень до об'єкта досліджень.
44. Програмування алгоритмів вирішування типових задач обробки даних засобами мов програмування промислових контролерів за стандартом ІЕС61131.
45. Принципи побудови «верхнього рівня» системи автоматизації наукових досліджень за допомогою SCADA систем.
46. Типові задачі візуалізації даних наукових досліджень: архівація даних.
47. Застосування комп'ютерних моделей у наукових дослідженнях потенційно небезпечних та недоступних об'єктів.

48. Застосування комп'ютерних моделей у наукових дослідженнях об'єктів при прискорених випробуваннях.

49. Застосування комп'ютерних моделей у наукових дослідженнях об'єктів у складних умовах, що рідко трапляються у звичайній практиці використання об'єктів.

50. Програмне забезпечення для побудови моделей для наукових досліджень.

51. Основні елементи системи дослідження методом комп'ютерного моделювання.

52. Склад віртуального стенду для наукових досліджень: модель об'єкта досліджень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Болдин А.П. Основы научных исследований : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А.П. Болдин, В.А. Максимов. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 336 с.
2. Третяк, О. В. Засоби та системи автоматизації наукових досліджень : підручник / О. В. Третяк, Ю. В. Бойко ; ред. О. В. Третяк ; Київський нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. - К. : ВПЦ «Київський університет», 2007. – 319 с.
3. Ричард Лайонс. Цифровая обработка сигналов: Второе издание. Пер. с англ. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006 г. – 656 с.: ил.
4. Сато, Юкио. Без паники! Цифровая обработка сигналов. / Юкио Сато : пер. с яп. Селиной Т. Г. М.: Додзка-XXI, 2010. – 176 с.: ил. – Доп. тит. л. яп.
5. Крекрафт Д., Джерджли С. Аналоговая электроника. Схемы, системы, обработка сигнала. М.: Техносфера, 2005. — 360 с.
6. Олсон Г., Пиани Дж. Цифровые системы автоматизации и управления.-СПб.:Невский диалект, 2001.– 557 с.: ил. (рос. мовою).
7. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. М.: ДМК Пресс, 2005. –304 с.
8. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике / В. П. Дьяконов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : СОЛОН-Пресс, 2004. – 397 с. : ил.
9. Дюран Б., Оделл П. Кластерный анализ. Пер. с англ. Е.З. Демиденко под ред. и с предисл. А.Я.Боярского. - М.: Статистика, 1977. - 128 с.: ил.
10. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы/ Д.Рутковская, М.Пилиньский, Л.Рутковский; Пер. с польск. И.Д.Рудинского.– М.: Горячая линия-Телеком, 2006.– 452 с.– Парал. тит. на польск. Яз (рос. мовою).
11. Шинкаренко В.Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем. -К.: Наукова думка, 2002. – 288 с., іл.
12. Вентцель, Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учеб. пособие / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – 4-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2007. – 479 с.
13. Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Том 2. Марковские цепи как отправная точка теории

случайных процессов и их приложения. Москва, Издательство МЦНМО, 2009. – 587 с.

14. Битюцкий В.П., Папуловская Н.В. Математическая логика. Исчисление высказываний и предикатов. ГОУ ВПО УГТУ-УПИ – 2005. – 45с.

15. Ершов, Ю.Л. Математическая логика: учеб. пособие / Ю.Л. Ершов, Е.А. Палютин. – 3-е изд., стер. – СПб. [и др.]: Лань, 2004. – 336 с.: ил.

16. Герасимов А. С. Курс математической логики и теории вычислимости: Учебное пособие. ;3-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «ЛЕМА», 2011. - 284 с.

17. Карпов Ю.Г. Теория автоматов. – СПб.: Питер, 2002. – 224 с.

18. Стерлинг Л., Шапиро Э. Искусство программирования на языке Пролог: Пер. с англ. М.: Мир, 1990. – 235 с.

19. Черепанов О.И. Элементарные основы теории идентификации систем. Учебное пособие. - Томск, 2004. - 133 с.

20. Поляков М.А. Идентификация тепловых параметров силового масляного трансформатора по данным мониторинга параметров // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту. - 2007. -№ 11. - Ч. 1(117). - с. 167-173.

21. Гёлль П. Электронные устройства с программируемыми компонентами: Пер. с фр. - М.: ДМК Пресс, 2001. - 176 с.: ил. (В помощь радиолюбителю).

22. Белов А.В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. СПб.: Наука и техника, 2008. – 544с.: ил.

23. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования — М.: СОЛОН-Пресс, 2004. — 256 с : ил. — (Серия «Библиотека инженера») Под ред В. П. Дьяконова.

24. Parr E.A. Programmable Controllers. An engineer's guite. Third edition. Oxford: Newnes, 2003, 429 p.

25. Шаховалов Н.Н. Информатика: аппаратно-программное обеспечение ПК / Изд-во АлтГАКИ.– Барнаул, 2009. – 140 с.

26. Petruzella F.D. Programmable Logic Controllers. McGraw-Hill, 2010. - 396 p. - ISBN: 0-07-351088-2 (Fourth Edition).

27. IEC 65B/373/CD, Committee Draft – IEC 61131-3. Programmable controllers. Part 3: Programming languages, 2nd Ed // International Electrotechnic Commission. 1998.

28. Парр Э. Программируемые контроллеры : руководство для инженера / Э. Парр ; пер. 3-го англ. изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. — 516 с. : ил.
29. Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. SCADA-системы: взгляд изнутри. М: Изд-во РТСофт, 2004. - 176 с.
30. Авербух В.Л. Специализированные системы научной визуализации. Екатеринбург: ИММ УрО РАН. — 24 с.
31. Гліненко Л.К., Сухоносів Основи моделювання технічних систем: Навч. посібник/ Л.К.Гліненко, Г.С.О.– Львів: Бескид Біт, 2003.– 176 с.
32. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология научного исследования. – М.: Либроком 2009. – 280 с.
33. Бенькович Е.С., Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. Практическое моделирование динамических систем. СПб.: БхВ – Петербург, 2002, - 464 с.
34. Гома Х. UML проектирование систем реального времени, распределенных и параллельных приложений.– М.: ДМК, 2002, 704 с. (рос. мовою).
35. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.