МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання самостійних робіт з дисципліни ППВС04 "Методологія та інформатизація наукових досліджень електромеханічних пристроїв та систем» для студентів усіх форм навчання **спеціальністі 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, спеціалізація (освітня програма) - Електричні та електронні апарати; Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв**

2019

Методичні вказівки до виконання самостійних робіт з дисципліни ППВС04 "**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, 2019. - 22 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 та електронні
апарати»
Протокол №_1_
від 21_ _08_____ 2019р

Рекомендовано до видання
НМК електротехнічного
факультету.
Протокол №_1_
від 22_ ___08____ 2019р

ЗМІСТ

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

1. 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. Пакеті 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 допогою нейронної мережі.
Лекції-2 год. Лаб робота -2 год. Сам. робота – 9 год.
Тема 4. Кластерний аналіз

Загальна характеристика задач кластерного аналізу. Задача нечіткої кластерізації та алгоритми її розв'язання. Засоби рішення задачі нечіткої кластерізації 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 – 9год.

Змістовий модуль 2. Засоби автоматизації наукових досліджень

Тема 8. Комп'ютерне моделювання.
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 – 9год.
Тема 10. Програмування задач досліджень

Стандартні мови програмування промислових контролерів за стандартом IEC 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 – 9год.
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 – 9год.
Тема 12. Інтегровані АСНД
Визначення. Структурна схема. Теоретико-множинні моделі операційних та керуючих автоматів. Принцип «управління управлінням». Ієрархія рівенів. Приклади застосування
Лекції-2 год. Сам. робота – 9год.
Тема 13 Когнитівні АСНД
Визначення. Структурна схема. Теоретико-множинні моделі підсистем та рівенів. Конвєртори знань.Керуючі автомати. Приклади використання когнитівної 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 задачі до теми 2

Дослідити дискретизацію синусоїдального сигналу з частотою f, вибірками з частотою fs від 1f до 2f. Побудувати графік функції fo/fs=φ (f/fs).

Хід рішення

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

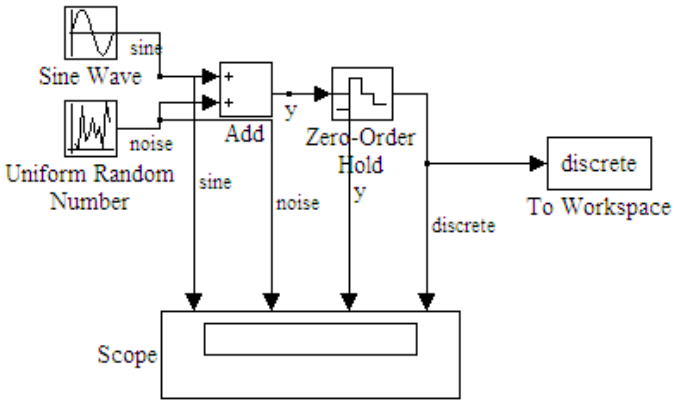
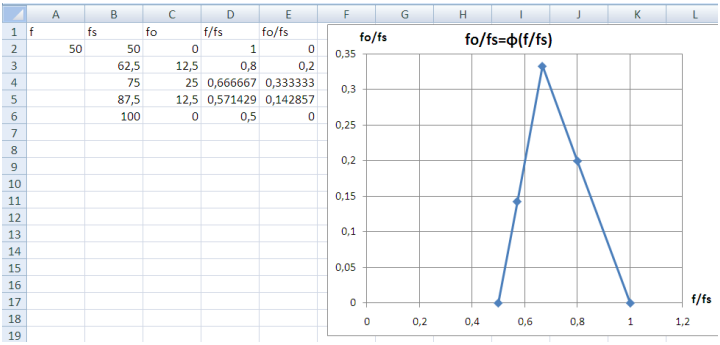


Рисунок 3.1 – Simulink модель для дослідження дискретизації синусоїдального сигналу

Результати моделювання виводяться у робочий простір (Workspace).

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



f	fs	fo	f/fs	fo/fs
50	50	0	1	0
	62,5	12,5	0,8	0,2
	75	25	0,666667	0,333333
	87,5	12,5	0,571429	0,142857
	100	0	0,5	0

Рисунок 3.2 – Значення та графік функції fo/fs=φ (f/fs)

3.2. Приклад рішення задачі 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:

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

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

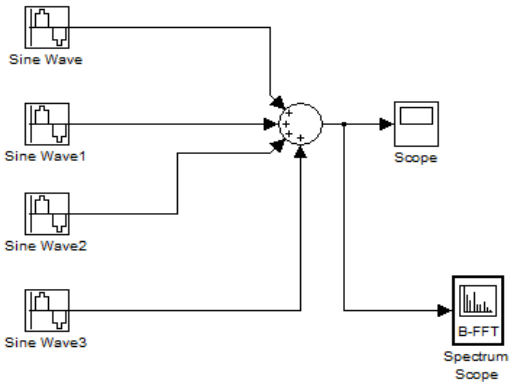


Рисунок 3.3 – Модель в пакеті Matlab Simulink для визначення спектру частот за допомогою Фур'є перетворення функції

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

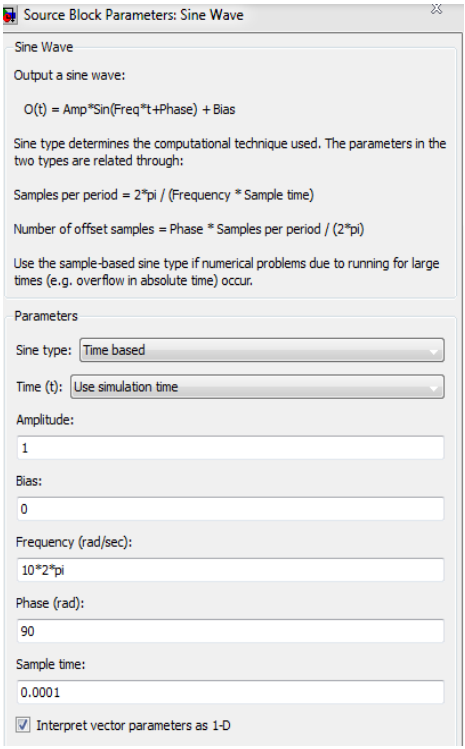


Рисунок 3.4 – Параметри блоку SineWave

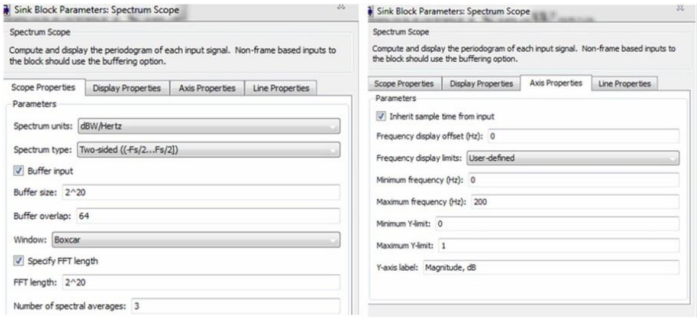


Рисунок 3.5 – Параметри блоку Spectrum Scope

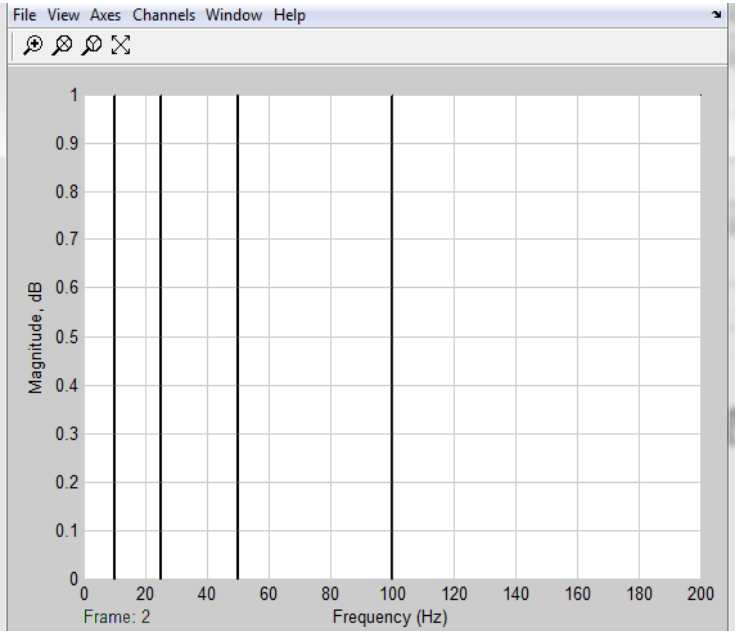


Рисунок 3.6 – Частотний спектр сигналу x_1

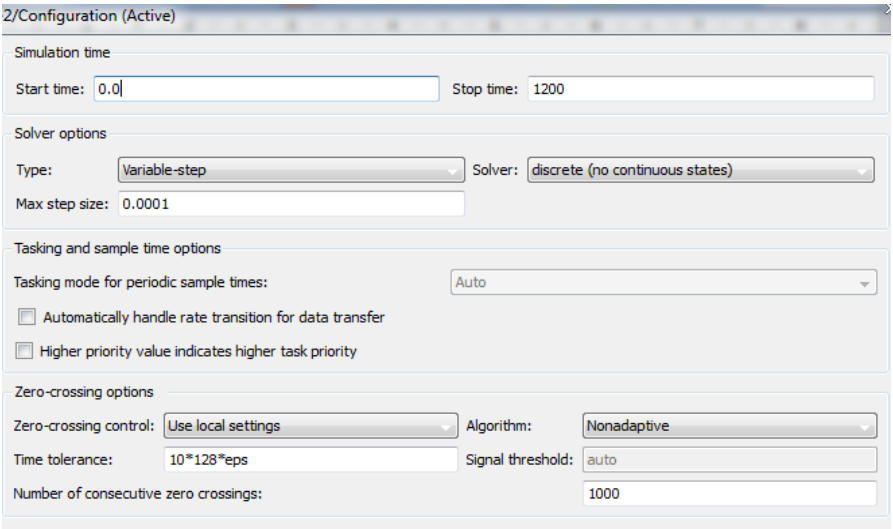


Рисунок 3.7 – Параметри симуляції

3.3. Приклад рішення задачі до теми 5

Знайти мінімальне значення функції двох змінних з використанням генетичних алгоритмів.

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

Розробити методику для визначення мінімального значення функції за допомгою засобу optitool 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 - 2^x(1)^x(2) + 6^x(1)+(x(2))^2-6^x(2);
FitnessFunction = @simple_fitness;
numberOfVariables = 2;
[x,fval] = ga(FitnessFunction,numberOfVariables)
```

Після запуску файлу отримаємо рішення:

x = 17.9302 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 optitool 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 формуfitnessfun 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).

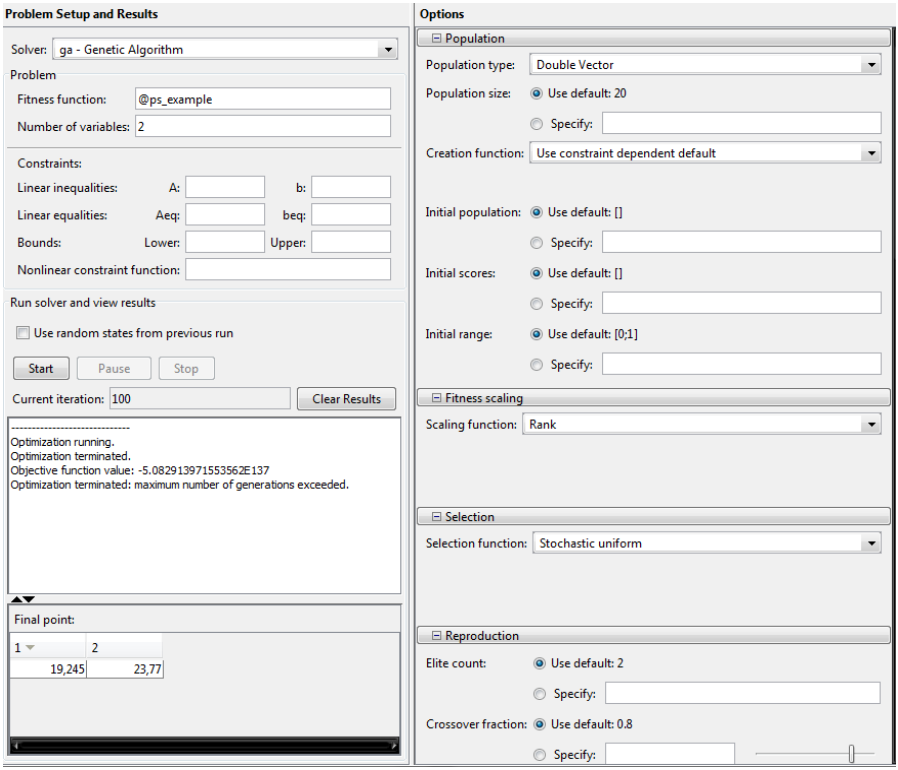


Рисунок 3.9 – Результат розв'язання задачі визначення мінімального значення функції за допомогою засобу optitool

3.4. Приклад рішення задачі 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: «Тарабара». «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. Протиріч 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 ВИНОСЯТЬСЯ 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 ковзного 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 файла 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 файла 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 IEC61131.

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.

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

13. 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.

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

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

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

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

18. 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.

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

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

21. 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.

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

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

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

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

26. Парр Э. Программируемые контроллеры : руководство для инженера / Э. Парр ; пер. 3-го англ. изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. — 516 с. : ил.

27. Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. SCADA-системы: взгляд изнутри. М: Изд-во РТСофт, 2004. - 176 с.

28. Авербух В.Л. Специализированные системы научной визуализации. Екатеринбург: ИММ УрО РАН. — 24 с.

29. Гліненко Л.К., Сухоносов Основи моделювання технічних систем: Навч. посібник/ Л.К.Гліненко, Г.С.О.– Львів: Бескид Біт, 2003.– 176 с.

30. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология научного исследования. – М.: Либроком 2009. – 280 с.

31. Бенькович Е.С., Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. Практическое моделирование динамических систем. СПб.: БхВ – Петербург, 2002, - 464 с.

32. Гома Х. UML проектирование систем реального времени, распределенных и параллельных приложений.– М.: ДМК, 2002, 704 с. (рос. мовою).

33. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.