

Are proposed The method of implementation system of control of process of ventilation raw materials based on neuro-fuzzy technology. Are presented the sequence of determination of regime parameters of systems active ventilation, taking into account factors affecting its energy efficiency.

Ventilation, raw materials, control system, energy costs, neuro-fuzzy technology.

УДК 516.9

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ ФЛОЙДА-УОРШОЛЛА ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

***В.О. Качурівський, кандидат педагогічних наук
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»***

Розглянуто питання моделювання плану роботи електротехнічних служб при проведенні технічного обслуговування об'єктів енергетичних систем. Визначено способи застосування інформаційних технологій при побудові графа електротехнічних об'єктів. Проведено програмування розрахунків найкоротших відстаней між вершинами графа та описано методику вибору оптимальних маршрутів доступу до електротехнічних об'єктів.

Моделювання, алгоритм Флойда-Уоршолла, граф, оптимальні шляхи, програмування, інформаційні технології.

Організація роботи підрозділів районних електричних мереж (РЕМ) з технічного та сервісного обслуговування устаткування для постачання електроенергії, зокрема щодо визначення оптимального порядку та послідовності виконання різних операцій, займає значне місце в енергетиці [2].

При планування роботи електротехнічної служби з обслуговування об'єктів енергетичних систем особливу увагу заслуговує задача розробки маршрутів під'їзду до них. Розгорнута сітка автомобільних доріг визначає велику кількість можливих маршрутів доступу до електротехнічних об'єктів, тому постає проблема оптимізації маршрутів пересування, які скорочують матеріальні затрати підприємства, що у свою чергу веде до економії коштів та підвищення рентабельності енергетичних систем.

Окрім того, визначені шляхи та час, затрачений на переміщення по них, може бути використані при плануванні денного чи тижневого обсягу робіт бригади з технічного чи сервісного обслуговування енергетичної системи.

Мета досліджень – моделювання системи електротехнічних об'єктів та маршрутів доступу до них на основі теорії графів та розробка комп'ютерної програми на мові С++ для реалізації алгоритму Флойда-Уоршола пошуку найкоротших шляхів між усіма n об'єктами графа.

Результати досліджень. Надалі усі розробки будуть стосуватися південно-східної частини м. Бережани Тернопільської області.

Для розробки оптимальних маршрутів пересування бригади з обслуговування електротехнічних об'єктів енергетичної системи необхідно вирішити такі задачі:

- 1) створити графічну модель розташування електротехнічних об'єктів певної території;
- 2) доповнити модель об'єктами дорожніх перехресть, які можуть змінити маршрут руху;
- 3) встановити зв'язки між об'єктами графа та визначити реальні відстані;
- 4) розрахувати найкоротші шляхи між усіма парами n вершин графа.

Завдання 1. Для створення графічної моделі електротехнічних об'єктів необхідна топографічна карта місцевості. За переліком електротехнічних об'єктів (у нашому випадку трансформаторні підстанції) здійснюємо нанесення на карту графічних зображень за місцем їх розташування. Графічно основні електротехнічні об'єкти позначимо квадратами. Кожен квадрат може бути підписаний кодом, яким він позначений у РЕМі, але у графі ці коди не будуть використовуватися. Вони будуть нести лише дані про специфікацію трансформаторної підстанції.

Завдання 2. Оскільки мережа автомобільних доріг міста є достатньо розгалуженою, то на карті позначимо перехрестя автомобільних доріг вузловими точками у вигляді кіл. Ці вузли будуть використовуватися як контрольні точки для маршрутів переміщення. Кожен об'єкт, який зображено графічно, стає вершиною графа. Графічна модель розташування основних та допоміжних вершин має такий вигляд (рисунок).

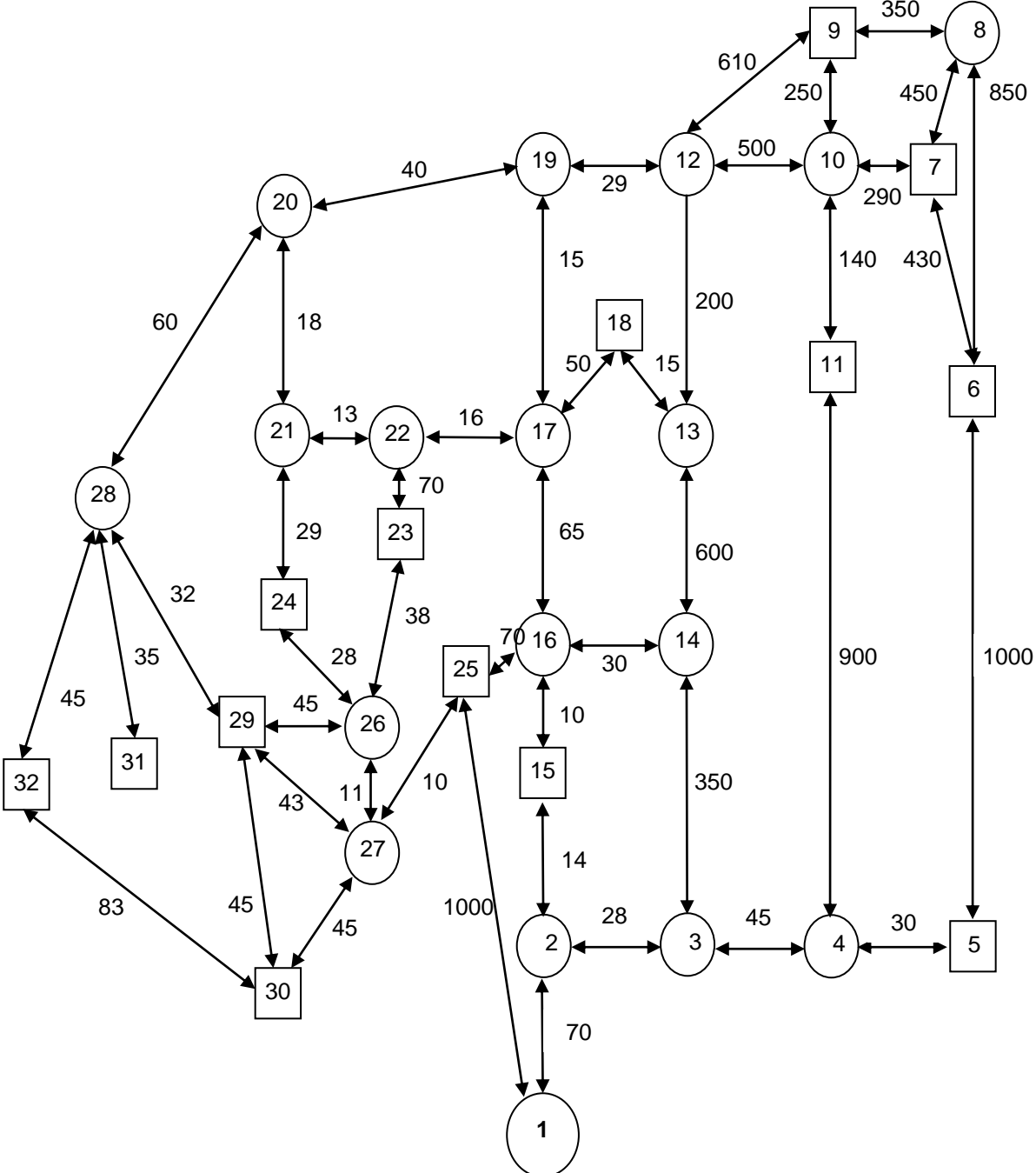
Завдання 3. Якщо між об'єктами є пряме сполучення, то з'єднуємо їх лінією (дугою). За допомогою інтернет-ресурсу <https://maps.google.com.ua/?hl=ua> проводимо розрахунок відстаней між ними. Кожна дуга має своє числове значення, а отже вагу (див. рисунок).

Окрім того, кожен зв'язок може мати напрямок, за яким здійснюється переміщення. Якщо між вибраними об'єктами можливий двосторонній рух, то на графі він зображується двосторонньою стрілкою, якщо односторонній, то односторонньою стрілкою у тому напрямку, куди можна здійснювати рух.

У нашому випадку граф має 32 вершини, серед яких – 14 основних вузлів (трансформаторні підстанції) та 18 допоміжних (перехрестя доріг).

Завдання 4. Для знаходження довжин найкоротших шляхів між усіма парами n вершин графа застосуємо алгоритм Флойда-Уоршола [1, 3], попередньо склавши квадратну матрицю D порядку n з довжин дуг графа. Елемент матриці D_{ij} є довжиною дуги між вершинами (i,j) . Якщо дуги між елементами (i,j) не існує, то приймаємо, що відстань є нескінченно

великою величиною (∞). Проаналізувавши величини усіх дуг, приймаємо за ∞ число 9990. Фрагмент матриці відстаней D має такий вигляд (табл. 1)



Граф південно-східної частини м. Березани

При формуванні матриці D стикаємося з великою кількістю числових даних, а отже можливі помилки при її заповненні. Оскільки матриця є симетричною відносно головної діагоналі, то одним із способів перевірки правильності введення може бути перегляд матриці на симетричність візуальним способом.

Окремим питанням є підготовка даних для використання програмою, написаною на мові C++. Матрицю формуємо у вигляді таблиці в текстовому

редакторі, а при збереженні документа (data_b.txt) застосовуємо тип файла «Звичайний текст» із параметром «Вставляти розриви рядків».

1. Фрагмент матриці відстаней D для вузлових точок

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	700	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990
2	700	0	280	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	140
3	9990	280	0	450	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	350	9990
4	9990	9990	450	0	300	9990	9990	9990	9990	9990	900	9990	9990	9990	9990
5	9990	9990	9990	300	0	1000	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990
6	9990	9990	9990	9990	1000	0	430	850	9990	9990	9990	9990	9990	9990	9990
7	9990	9990	9990	9990	9990	430	0	450	9990	290	9990	9990	9990	9990	9990
8	9990	9990	9990	9990	9990	850	450	0	350	9990	9990	9990	9990	9990	9990

Водночас формуємо матрицю S порядку n , у якій $S_{ij} = j$, а елементи головної діагоналі дорівнюють нулю. Матриця S є матрицею попередніх вершин.

Базовою ідеєю алгоритму Флойда-Уоршолла є твердження: якщо виконується нерівність $D_{ik} + D_{kj} < D_{ij}$ ($i=1 \dots n, j=1 \dots n, k=1 \dots n$), то шлях дугою (i,j) замінюється двома послідовними дугами (i,k) та (k,j) , а $S_{ij} = k$, що є ознакою наявності шляху (i,k) та (k,j) [1, 3].

Для проведення числових розрахунків цей алгоритм реалізовано на мові програмування C++. Нижче подано текст програми.

```
# include <fstream.h>
# include <iostream.h>
using namespace std;
int main()
{ ifstream fin ("data_b.txt");
  ofstream out_e ("data_e.txt");
  ofstream out_s ("data_s.txt");
  int D[33][33]; int S[33][33]={0}; int i,j,k,n=32;
  // Формування матриць D,S
  for(i=1;i<=n;i++)
    for(j=1;j<=n;j++)
      {if(i!=j)S[i][j]=j;fin>>D[i][j];}
  // Реалізація алгоритму Флойда-Уоршолла
  for(k=1;k<=n;k++)
    for(i=1;i<=n;i++)
      for(j=1;j<=n;j++)
        if(D[i][k]+D[k][j]<D[i][j])
          {D[i][j]=D[i][k]+D[k][j]; S[i][j]=k;}
  // Вивід матриць у файли data_e.txt та data_s.txt
  for(i=1;i<=n;i++)
    for(j=1;j<=n;j++)
      if(j!=32)
        {out_e<<D[i][j]<<" ";
         out_s<<S[i][j]<<" ";
```

```

else
    {out_e<<D[i][j]<<endl;
    out_s<<S[i][j]<<endl;}
out_s.close();out_s.close(); fin.close();
return 0;}

```

Після роботи програми отримаємо текстовий файл data_e.txt – матрицю довжин між вершинами графа. Для зручності роботи цей файл перетворюємо у таблицю в текстовому редакторі. У табл. 2 наведено фрагмент результуючої матриці.

2. Фрагмент результуючої матриці довжин дуг

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	700	980	1430	1730	2730	2760	2950	2600	2470	2330	1990	1790	1240	840
2	700	0	280	730	1030	2030	2060	2250	1900	1770	1630	1290	1090	540	140
3	980	280	0	450	750	1750	1780	2090	1740	1490	1350	1150	950	350	420
4	1430	730	450	0	300	1300	1330	1640	1290	1040	900	1540	1400	800	870
5	1730	1030	750	300	0	1000	1430	1850	1590	1340	1200	1840	1700	1100	1170
6	2730	2030	1750	1300	1000	0	430	850	970	720	860	1220	1420	2020	2170
7	2760	2060	1780	1330	1430	430	0	450	540	290	430	790	990	1590	1940
8	2950	2250	2090	1640	1850	850	450	0	350	600	740	960	1160	1760	2110
9	2600	1900	1740	1290	1590	970	540	350	0	250	390	610	810	1410	1760

Наприклад: необхідно визначити довжину шляху між вершинами 1 та 9. На основі результуючої матриці (табл. 2.) $D_{1,9} = 2600$ м.

Текстовий файл data_s.txt – матриця вершин попередників. Фрагмент результуючої матриці буде таким (табл. 3.).

Наприклад: необхідно визначити маршрут руху між вершинами 1 та 9.

3. Фрагмент результуючої матриці вершин попередників

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0	2	2	3	4	5	11	18	18	11	4	18	18	16	2	15	16	17
2	1	0	3	3	4	5	11	18	18	11	4	18	18	16	15	15	16	17
3	2	2	0	4	4	5	11	11	11	11	4	14	14	14	2	15	18	14
4	3	3	3	0	5	5	11	11	11	11	11	11	14	3	3	15	18	14
5	4	4	4	4	0	6	6	6	11	11	4	11	14	4	4	15	18	14
6	5	5	5	5	5	0	7	8	10	7	10	10	12	13	5	15	18	13
7	11	11	11	11	6	6	0	8	10	10	10	10	12	13	18	18	18	13
8	18	18	11	11	6	6	7	0	9	9	10	9	12	13	18	18	18	13
9	18	18	11	11	11	10	10	8	0	10	10	12	12	13	18	18	18	13
10	11	11	11	11	11	7	7	9	9	0	11	12	12	13	18	18	18	13
11	4	4	4	4	4	10	10	10	10	10	0	10	12	13	4	18	18	13
12	18	18	14	11	11	10	10	9	9	10	10	0	13	13	18	18	18	13
13	18	18	14	14	14	12	12	12	12	12	12	12	0	14	18	18	18	18
14	16	16	3	3	4	13	13	13	13	13	13	13	13	0	16	16	18	13
15	2	2	2	3	4	5	18	18	18	18	4	18	18	16	0	16	16	17
16	15	15	15	15	15	15	18	18	18	18	18	18	18	14	15	0	17	17
17	16	16	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	16	16	0	18
18	17	17	14	14	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	17	17	17	0

Оскільки $S_{1,9} = 18$, то дугу (1,9) розбиваємо на дві нові (1,18) та (18,9). З табл. 3 знаходимо $S_{1,18} = 17$ і $S_{18,9} = 13$. Ці значення вказують на те, що кожна з дуг (1,18) та (18,9) розбиваються на дві (1,18) = (1,17) + (17,18) і (18,9) = (18,13) + (13,9). Аналізуємо $S_{1,17} = 16$, $S_{17,18} = 18$ (остаточна дуга), $S_{18,13} = 13$ (остаточна дуга), $S_{13,9} = 12$. Розбиття потребують дуги (1,17) на (1,16) і (16,17) та (13,9) = (13,12) + (12,9). Продовжуємо аналіз $S_{1,16} = 15$, $S_{16,17} = 17$ (остаточна дуга), $S_{13,12} = 12$ (остаточна дуга), $S_{12,9} = 9$ (остаточна дуга). Дуга (1,16) = (1,15) + (15,16). $S_{1,15} = 2$ і $S_{15,16} = 16$ (остаточна дуга). (1,15) = (1,2) + (2,15). $S_{1,2} = 2$ (остаточна дуга) та $S_{2,15} = 15$ (остаточна дуга).

Складаючи у порядок проходження вершин, отримуємо такий оптимальний маршрут руху (1,9) = (1,2) + (2,15) + (15,16) + (16,17) + (17,18) + (18,13) + (13,12) + (12,9). На графі маршрут відповідає таким вузловим точкам $1 \rightarrow 2 \rightarrow 15 \rightarrow 16 \rightarrow 17 \rightarrow 18 \rightarrow 13 \rightarrow 12 \rightarrow 9$.

Цей приклад є результатом виконання програми аналізу оптимального маршруту між двома довільними вершинами графа розробленої автором у C++.

Аналізуючи вузлові точки, робимо висновок, що при переміщенні від вершини 1 (РЕМ) до 9 (трансформаторна підстанція) ми проходимо ще дві трансформаторні підстанції 15 та 18. Плановий час на технічне обслуговування (ТО) цих об'єктів становить 2 год. Підсумовуючи час на ТО трьох об'єктів 15, 18, 9 та час переїзду (53 хв \approx 1 год), отримуємо 7 год. Цей час вкладається в плановий восьмигодинний робочий день. Отже, цей маршрут може слугувати одним із пунктів календарного плану роботи електротехнічної бригади РЕМу із технічного або сервісного обслуговування об'єктів енергетичних систем міста.

Висновки

Матеріали цієї роботи можуть бути використано у подальшому процесі моделювання плану проведення різних форм роботи електротехнічних та енергетичних служб підприємства, скорочуючи матеріальні затрати. Це у свою чергу призведе до економії коштів та підвищення рентабельності енергетичних систем.

Список літератури

1. Бартіш М.Я. Дослідження операцій. Частина 2. Алгоритми оптимізації на графах / М.Я. Бартіш, І.М. Дудзяний. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 120 с.
2. Іноземцев Г.Б. Математичне моделювання та оптимізація систем електропостачання у сільському господарстві / Г.Б. Іноземцев, В.В. Козирський. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2010. – 144 с.
3. Кормен Т. Алгоритмы: построение и анализ / Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р.М. – М.: МЦНО, 1999. – 960 с.

Рассмотрен вопрос моделирования плана работы электротехнической службы при проведении технического обслуживания объектов энергетических систем. Определены способы применения информации

онных технологий при построении графа электротехнических объектов. Проведено программирование расчетов кратчайших расстояний между вершинами графа и описана методика выбора оптимальных маршрутов доступа к электротехническим объектам.

Моделирование, алгоритм Флойда-Уоршола, граф, оптимальные пути, программирование, информационные технологии.

The problem of modeling the plan of electrical service work for the maintenance of energy systems facilities. The ways to use information technology in the construction of the graph of electrical facilities were identified. Programming calculations of the shortest distances between vertices of the graph were produced of the methodology and the selection of optimal routes of the access to electrical installations was describes.

Modelling, algorithm of Floyd-Warshall, graph, the optimal ways, programming, information technology.

УДК 631.371

СИСТЕМИ СИНТЕЗУ ЧАСТОТ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Ю.М. Федюшко, доктор технічних наук

І.І. Сілі, інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

А.П. Марисюк, старший викладач

ВП НУБіП України "Бережанський агротехнічний інститут"

Проаналізовано основні функціональні параметри систем синтезу частот, надвисокого частотного діапазону рефлектометричних систем дистанційного визначення діелектричних параметрів біологічних об'єктів.

Біологічний об'єкт, діелектричні властивості, системи синтезу частот, спектроскопія.

Для дистанційних рефлектометричних досліджень біологічних об'єктів у вільному просторі переважним є застосування багаточастотної рефлектометричної системи (РС) з швидкою перебудовою частоти задаючого генератора. Найпоширенішим способом зміни вхідної частоти в багаточастотних РС є швидка перебудова частоти малопотужного задаючого генератора надвисоких частот (НВЧ) з подальшим посиленням (якщо це необхідно) сигналів, що генеруються ним, в широкосмуговому підсилювачі потужності [1, 2].