**Міністерство освіти і науки України**

**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки**

**Кафедра інформатики та програмної інженерії**

**Звіт**

з лабораторної роботи № 5 з дисципліни

«Проектування алгоритмів»

„**Проектування і аналіз алгоритмів для вирішення NP-складних задач ч.2**”

**Виконав(ла)**

(шифр, прізвище, ім'я, по батькові)

*ІП-13 Замковий Д.В.*

**Перевірив**

(прізвище, ім'я, по батькові)

*Головченко М.Н.*

Київ 2022

Зміст

[1 Мета лабораторної роботи 3](#_Toc52291748)

[2 Завдання 4](#_Toc52291749)

[3 Виконання 11](#_Toc52291750)

[3.1 Покроковий алгоритм 11](#_Toc52291751)

[3.2 Програмна реалізація алгоритму 11](#_Toc52291752)

[3.2.1 Вихідний код 11](#_Toc52291753)

[3.2.2 Приклади роботи 14](#_Toc52291754)

[3.3 Тестування алгоритму **Помилка! Закладку не визначено.**](#_Toc52291755)

[Висновок 15](#_Toc52291756)

[Критерії оцінювання 16](#_Toc52291757)

# Мета лабораторної роботи

Мета роботи – вивчити основні підходи розробки метаеврестичних алгоритмів для типових прикладних задач. Опрацювати методологію підбору прийнятних параметрів алгоритму.

# Завдання

Згідно варіанту, формалізувати алгоритм вирішення задачі відповідно загальної методології.

Записати розроблений алгоритм у покроковому вигляді. З достатнім степенем деталізації.

Виконати його програмну реалізацію на будь-якій мові програмування.

Перелік задач наведено у таблиці 2.1.

Перелік алгоритмів і досліджуваних параметрів у таблиці 2.2.

Задача і алгоритм наведені в таблиці 2.3.

Змінюючи параметри алгоритму, визначити кращі вхідні параметри алгоритму. Для цього необхідно:

* обрати критерій зупинки алгоритму (кількість ітерацій або значення ЦФ);
* зафіксувати усі параметри крім одного і змінювати цей параметр, поки не буде досягнуто пікової ефективності;
* після цього параметр фіксується і змінюються інші параметри;
* далі повторюємо процедуру спочатку, з першого зафіксованого параметру;
* зупиняємось коли будуть знайдені оптимальні параметри для даної задачі або встановлена залежність одних параметрів від інших.

Зробити узагальнений висновок в якому обов’язково описати залежність якості розв’язку від вхідних параметрів.

Таблиця 2.1 – Прикладні задачі

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Задача** |
| 1 | **Задача про рюкзак** (місткість P=500, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 30 (випадкова), вага від 1 до 20 (випадкова)). Для заданої множини предметів, кожен з яких має вагу і цінність, визначити яку кількість кожного з предметів слід взяти, так, щоб сумарна вага не перевищувала задану, а сумарна цінність була максимальною.  Задача часто виникає при розподілі ресурсів, коли наявні фінансові обмеження, і вивчається в таких областях, як комбінаторика, інформатика, теорія складності, криптографія, прикладна математика. |
| 2 | **Задача комівояжера** (300 вершин, відстань між вершинами випадкова від 5 до 150) полягає у знаходженні найвигіднішого маршруту, що проходить через вказані міста хоча б по одному разу. В умовах завдання вказуються критерій вигідності маршруту (найкоротший, найдешевший, сукупний критерій тощо) і відповідні матриці відстаней, вартості тощо. Зазвичай задано, що маршрут повинен проходити через кожне місто тільки один раз, в такому випадку розв'язок знаходиться серед гамільтонових циклів.  **Розглядається симетричний, асиметричний та змішаний варіанти.**  В загальному випадку, асиметрична задача комівояжера відрізняється тим, що ребра між вершинами можуть мати різну вагу в залежності від напряму, тобто, задача моделюється орієнтованим графом. Таким чином, окрім ваги ребер графа, слід також зважати і на те, в якому напрямку знаходяться ребра.  У випадку симетричної задачі всі пари ребер між одними й тими самими вершинами мають однакову вагу.  У випадку реальних міст може бути як симетричною, так і асиметричною в залежності від тривалості або довжини маршрутів і напряму руху.  Застосування:   * доставка товарів (в цьому випадку може бути більш доречна постановка транспортної задачі - доставка в кілька магазинів з декількох складів); * доставка води; * моніторинг об'єктів; * поповнення банкоматів готівкою; * збір співробітників для доставки вахтовим методом. |
| 3 | **Розфарбовування графа** (300 вершин, степінь вершини не більше 30, але не менше 2) – називають таке приписування кольорів (або натуральних чисел) його вершинам, що ніякі дві суміжні вершини не набувають однакового кольору. Найменшу можливу кількість кольорів у розфарбуванні називають хроматичне число.  Застосування:   * розкладу для освітніх установ; * розкладу в спорті; * планування зустрічей, зборів, інтерв'ю; * розклади транспорту, в тому числі - авіатранспорту; * розкладу для комунальних служб; |
| 4 | **Задача вершинного покриття** (300 вершин, степінь вершини не більше 30, але не менше 2)**.** Вершинне покриття для неорієнтованого графа G = (V, E) - це множина його вершин S, така, що, у кожного ребра графа хоча б один з кінців входить в вершину з S.  Задача вершинного покриттяполягає в пошуку вершинного покриття найменшого розміру для заданого графа (цей розмір називається числом вершинного покриття графа).  На вході: Граф G = (V, E).  Результат: множина C ⊆ V - найменше вершинне покриття графа G.    Застосування:   * розміщення пунктів обслуговування; * призначення екіпажів на транспорт; * проектування інтегральних схем і конвеєрних ліній. |
| 5 | **Задача про кліку** (300 вершин, степінь вершини не більше 30, але не менше 2)**.** Клікою в неорієнтованому графі називається підмножина вершин, кожні дві з яких з'єднані ребром графа. Іншими словами, це повний підграф первісного графа. Розмір кліки визначається як число вершин в ній.  Задача про кліку існує у двох варіантах: у **задачі розпізнавання** потрібно визначити, чи існує в заданому графі G кліка розміру k, тоді як в **обчислювальному варіанті** потрібно знайти в заданому графі G кліку максимального розміру або всі максимальні кліки (такі, що не можна збільшити).  Застосування:   * біоінформатика; * електротехніка; |
| 6 | **Задача про найкоротший шлях** (300 вершин, відстань між вершинами випадкова від 5 до 150, степінь вершини не більше 10, але не менше 1) - задача пошуку найкоротшого шляху (ланцюга) між двома точками (вершинами) на графі, в якій мінімізується сума ваг ребер, що складають шлях.  Важливість задачі визначається її різними практичними застосуваннями. Наприклад, в GPS-навігаторах здійснюється пошук найкоротшого шляху між точкою відправлення і точкою призначення. Як вершин виступають перехрестя, а дороги є ребрами, які лежать між ними. Якщо сума довжин доріг між перехрестями мінімальна, тоді знайдений шлях найкоротший. |

Таблиця 2.2 – Варіанти алгоритмів і досліджувані параметри

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Алгоритми і досліджувані параметри** |
| 1 | **Генетичний алгоритм:**   * оператор схрещування (мінімум 3); * мутація (мінімум 2); * оператор локального покращення (мінімум 2). |
| 2 | **Мурашиний алгоритм**:   * α; * β; * ρ; * Lmin; * кількість мурах М і їх типи (елітні, тощо…); * маршрути з однієї чи різних вершин. |
| 3 | **Бджолиний алгоритм:**   * кількість ділянок; * кількість бджіл (фуражирів і розвідників). |

Таблиця 2.3 – Варіанти задач і алгоритмів

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Задачі і алгоритми** |
| 1 | Задача про рюкзак + Генетичний алгоритм |
| 2 | Задача про рюкзак + Бджолиний алгоритм |
| 3 | Задача комівояжера (асиметрична мережа) + Генетичний алгоритм |
| 4 | Задача комівояжера (симетрична мережа) + Генетичний алгоритм |
| 5 | Задача комівояжера (змішана мережа) + Генетичний алгоритм |
| 6 | Задача комівояжера (асиметрична мережа) + Мурашиний алгоритм |
| 7 | Задача комівояжера (симетрична мережа) + Мурашиний алгоритм |
| 8 | Задача комівояжера (змішана мережа) + Мурашиний алгоритм |
| 9 | Задача вершинного покриття + Генетичний алгоритм |
| 10 | Задача вершинного покриття + Бджолиний алгоритм |
| 11 | Задача комівояжера (асиметрична мережа) + Бджолиний алгоритм |
| 12 | Задача комівояжера (симетрична мережа) + Бджолиний алгоритм |
| 13 | Задача комівояжера (змішана мережа) + Бджолиний алгоритм |
| 14 | Розфарбовування графа + Генетичний алгоритм |
| 15 | Розфарбовування графа + Бджолиний алгоритм |
| 16 | Задача про кліку (задача розпізнавання) + Генетичний алгоритм |
| 17 | Задача про кліку (задача розпізнавання) + Бджолиний алгоритм |
| 18 | Задача про кліку (обчислювальна задача) + Генетичний алгоритм |
| 19 | Задача про кліку (обчислювальна задача) + Бджолиний алгоритм |
| 20 | Задача про найкоротший шлях + Генетичний алгоритм |
| 21 | Задача про найкоротший шлях + Мурашиний алгоритм |
| 22 | Задача про найкоротший шлях + Бджолиний алгоритм |
| 23 | Задача про рюкзак + Генетичний алгоритм |
| 24 | Задача про рюкзак + Бджолиний алгоритм |
| 25 | Задача комівояжера (асиметрична мережа) + Генетичний алгоритм |
| 26 | Задача комівояжера (симетрична мережа) + Генетичний алгоритм |
| 27 | Задача комівояжера (змішана мережа) + Генетичний алгоритм |
| 28 | Задача комівояжера (асиметрична мережа) + Мурашиний алгоритм |
| 29 | Задача комівояжера (симетрична мережа) + Мурашиний алгоритм |
| 30 | Задача комівояжера (змішана мережа) + Мурашиний алгоритм |

# Виконання

## Покроковий алгоритм

1. Створити граф
2. Знайти рішення жадібним алгоритмом
3. Поки є бджоли-розвідники
   1. Перейти на випадково вибрану ділянку
   2. Поки є бджоли-працівники
      1. Знайти квітку з найбільшим степенем
      2. Додати знайдену квітку до покриття
      3. Вилучити сусідів з покриття
   3. Якщо ЦФ покращилось, то оновити граф
   4. Інакше – залишити без змін

## Програмна реалізація алгоритму

### Вихідний код

using System;

using System.Collections.Generic;

using System.IO;

using System.Runtime.Serialization.Formatters.Binary;

namespace ConsoleApp5

{

[Serializable]

class Node

{

public int num;

public bool captur;

public List<int> nbs;

public Node()

{

nbs = new List<int>();

captur = false;

num = -1;

}

public bool connect(Node nb, int max\_c)

{

if (!(nb.nbs.Count == max\_c) && !this.nbs.Contains(nb.num))

{

this.nbs.Add(nb.num);

nb.nbs.Add(this.num);

return true;

}

return false;

}

}

class Program {

const int AMOUNT\_OF\_NODES = 300;

const int MAX\_COUNT = 30;

const int MIN\_COUNT = 2;

const int AGENT = 100;

const int WORKERS = 300;

static void Main(string[] args)

{

var G = create\_graph(AMOUNT\_OF\_NODES, MAX\_COUNT, MIN\_COUNT);

greedy\_capture(ref G);

Console.WriteLine("Before: " + rate\_solution(G));

bee\_alghorithm(ref G);

Console.WriteLine("After: " + rate\_solution(G));

}

static void bee\_alghorithm(ref Node[] G)

{

for (int i = 0; i < AGENT; ++i)

{

var rand = new Random();

int rand\_index = rand.Next(0, AMOUNT\_OF\_NODES);

G = near\_search(G, rand\_index);

}

}

static Node[] near\_search(Node[] G, int index)

{

Node node = G[index];

Node[] back\_copy = deep\_copy(G);

for (int i = 0; i < WORKERS; ++i)

{

int max\_degree = node.nbs.Count;

int max\_index = index;

foreach (var neigh in node.nbs)

{

if (G[neigh].nbs.Count > max\_degree)

{

max\_degree = G[neigh].nbs.Count;

max\_index = neigh;

}

}

G[max\_index].captur = true;

for (int j = 0; j < G[max\_index].nbs.Count; ++j)

{

G[G[max\_index].nbs[j]].captur = false;

}

greedy\_capture(ref G);

}

if (rate\_solution(G) > rate\_solution(back\_copy)) return back\_copy;

else return G;

}

public static T deep\_copy<T>(T item)

{

BinaryFormatter formatter = new BinaryFormatter();

MemoryStream stream = new MemoryStream();

formatter.Serialize(stream, item);

stream.Seek(0, SeekOrigin.Begin);

T result = (T)formatter.Deserialize(stream);

stream.Close();

return result;

}

static int rate\_solution(Node[] graph)

{

int res = 0;

foreach (var node in graph)

{

if (node.captur) res++;

}

return res;

}

static bool is\_covered(Node[] nodes, Node node)

{

if (node.captur) return true;

for (int i = 0; i < node.nbs.Count; ++i)

{

if (nodes[node.nbs[i]].captur) return true;

}

return false;

}

static Node[] create\_graph(int amount, int max\_connections, int min\_connections)

{

Node[] nodes = new Node[amount];

for (int i = 0; i < amount; ++i)

{

nodes[i] = new Node();

nodes[i].num = i;

}

Random rand = new Random();

for (int i = 0; i < nodes.Length; ++i)

{

int num\_connections = rand.Next(min\_connections, max\_connections);

for (int j = nodes[i].nbs.Count; j < num\_connections; ++j)

{

int randIndex = rand.Next(0, nodes.Length);

if (randIndex == i)

{

if (randIndex == nodes.Length - 1)

{

randIndex = 0;

}

else

{

randIndex++;

}

}

if (!nodes[i].connect(nodes[randIndex], max\_connections)) j--;

}

}

return nodes;

}

static void greedy\_capture(ref Node[] nodes)

{

foreach (var node in nodes)

{

if (!is\_covered(nodes, node))

{

node.captur = true;

}

}

}

}

}

### Приклади роботи

На рисунках 3.1 і 3.2 показані приклади роботи програми.

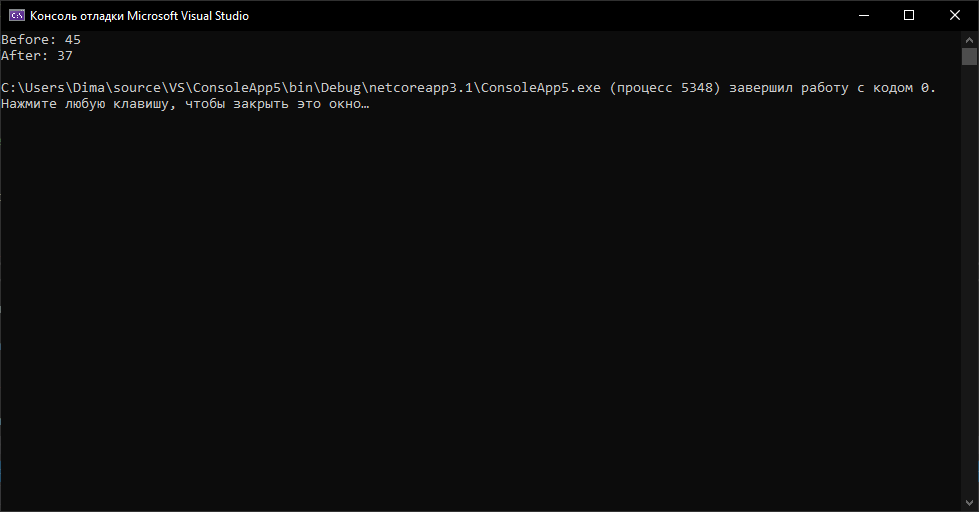


Рисунок 3.1 – приклад роботи програми

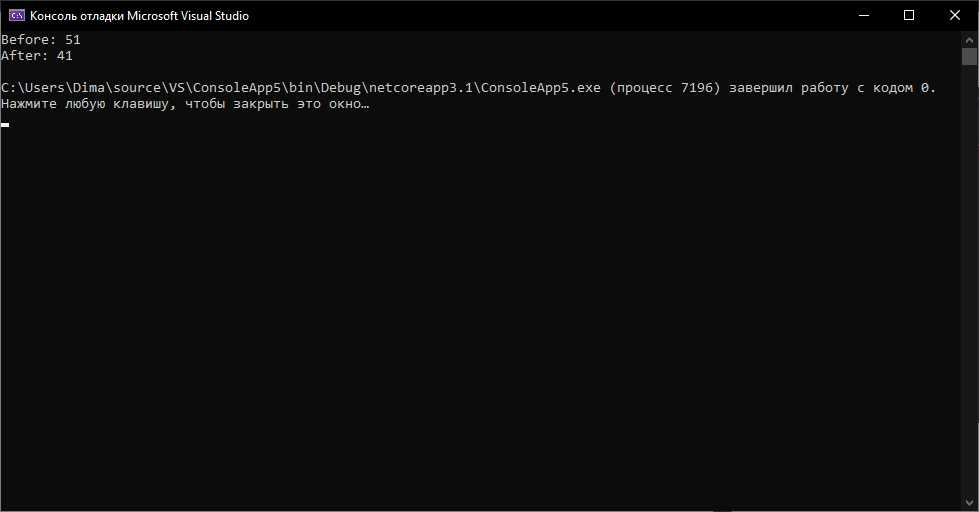


Рисунок 3.2 – приклад роботи програми

Висновок

В рамках даної лабораторної роботи було досліджено бджолиний алгоритм і набуто практичних знаходження задовільного розв’язку NP-складних задач за допомогою цього алгоритму на прикладі задачі вершинного покриття графу.

Критерії оцінювання

При здачі лабораторної роботи до 11.12.2022 включно максимальний бал дорівнює – 5. Після 11.12.2022 максимальний бал дорівнює – 1.

Критерії оцінювання у відсотках від максимального балу:

* покроковий алгоритм – 15%;
* програмна реалізація алгоритму – 50%;
* тестування алгоритму– 30%;
* висновок – 5%.