**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 № 4 з дисципліни

«Проектування алгоритмів»

„**Проектування і аналіз алгоритмів для вирішення NP-складних задач ч.1**”

**Виконав(ла)**

(шифр, прізвище, ім'я, по батькові)

*ІП-12 Орищенко Ярослав*

**Перевірив**

(прізвище, ім'я, по батькові)

*Сопов О.О.*

Київ 2022

Зміст

[1 Мета лабораторної роботи 3](#_Toc51260917)

[2 Завдання 4](#_Toc51260918)

[3 Виконання 10](#_Toc51260919)

[3.1 Програмна реалізація алгоритму 10](#_Toc51260920)

[3.1.1 Вихідний код 10](#_Toc51260921)

[3.1.2 Приклади роботи 14](#_Toc51260922)

[3.2 Тестування алгоритму 15](#_Toc51260923)

[3.2.1 Значення цільової функції зі збільшенням кількості ітерацій 15](#_Toc51260924)

[3.2.2 Графіки залежності розв'язку від числа ітерацій 16](#_Toc51260925)

[Висновок 17](#_Toc51260926)

[Критерії оцінювання 18](#_Toc51260927)

# Мета лабораторної роботи

Мета роботи – вивчити основні підходи формалізації метаеврестичних алгоритмів і вирішення типових задач з їхньою допомогою.

# Завдання

Згідно варіанту, розробити алгоритм вирішення задачі і виконати його програмну реалізацію на будь-якій мові програмування.

Задача, алгоритм і його параметри наведені в таблиці 2.1.

Зафіксувати якість отриманого розв'язку (значення цільової функції) після кожних 20 ітерацій до 1000 і побудувати графік залежності якості розв'язку від числа ітерацій.

Зробити узагальнений висновок.

Таблиця 2.1 – Варіанти алгоритмів

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Задача і алгоритм** |
| 1 | Задача про рюкзак (місткість P=250, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 20 (випадкова), вага від 1 до 10 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування одноточковий по 50 генів, мутація з ймовірністю 5% змінюємо тільки 1 випадковий ген). Розробити власний оператор локального покращення. |
| 2 | Задача комівояжера (100 вершин, відстань між вершинами випадкова від 5 до 50), мурашиний алгоритм (α = 2, β = 4, ρ = 0,4, Lmin знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах М = 30, починають маршрут в різних випадкових вершинах). |
| 3 | Задача розфарбовування графу (200 вершин, степінь вершини не більше 20, але не менше 1), бджолиний алгоритм ABC (число бджіл 30 із них 2 розвідники). |
| 4 | Задача про рюкзак (місткість P=200, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 20 (випадкова), вага від 1 до 10 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування двоточковий порівну генів, мутація з ймовірністю 10% змінюємо тільки 1 випадковий ген). Розробити власний оператор локального покращення. |
| 5 | Задача комівояжера (150 вершин, відстань між вершинами випадкова від 5 до 50), мурашиний алгоритм (α = 2, β = 3, ρ = 0,4, Lmin знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах М = 35, починають маршрут в різних випадкових вершинах). |
| 6 | Задача розфарбовування графу (250 вершин, степінь вершини не більше 25, але не менше 2), бджолиний алгоритм ABC (число бджіл 35 із них 3 розвідники). |
| 7 | Задача про рюкзак (місткість P=150, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 10 (випадкова), вага від 1 до 5 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування рівномірний, мутація з ймовірністю 5% два випадкові гени міняються місцями). Розробити власний оператор локального покращення. |
| 8 | Задача комівояжера (200 вершин, відстань між вершинами випадкова від 0(перехід заборонено) до 50), мурашиний алгоритм (α = 3, β = 2, ρ = 0,3, Lmin знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах М = 45, починають маршрут в різних випадкових вершинах). |
| 9 | Задача розфарбовування графу (150 вершин, степінь вершини не більше 30, але не менше 1), бджолиний алгоритм ABC (число бджіл 25 із них 3 розвідники). |
| 10 | Задача про рюкзак (місткість P=150, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 10 (випадкова), вага від 1 до 5 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування рівномірний, мутація з ймовірністю 10% два випадкові гени міняються місцями). Розробити власний оператор локального покращення. |
| 11 | Задача комівояжера (250 вершин, відстань між вершинами випадкова від 0(перехід заборонено) до 50), мурашиний алгоритм (α = 2, β = 4, ρ = 0,6, Lmin знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах М = 45, починають маршрут в різних випадкових вершинах). |
| 12 | Задача розфарбовування графу (300 вершин, степінь вершини не більше 30, але не менше 1), бджолиний алгоритм ABC (число бджіл 60 із них 5 розвідники). |
| 13 | Задача про рюкзак (місткість P=250, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 30 (випадкова), вага від 1 до 25 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування одноточковий 30% і 70%, мутація з ймовірністю 5% два випадкові гени міняються місцями). Розробити власний оператор локального покращення. |
| 14 | Задача комівояжера (250 вершин, відстань між вершинами випадкова від 1 до 40), мурашиний алгоритм (α = 4, β = 2, ρ = 0,3, Lmin знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах М = 45 (10 з них дикі, обирають випадкові напрямки), починають маршрут в різних випадкових вершинах). |
| 15 | Задача розфарбовування графу (100 вершин, степінь вершини не більше 20, але не менше 1), класичний бджолиний алгоритм (число бджіл 30 із них 3 розвідники). |
| 16 | Задача про рюкзак (місткість P=250, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 30 (випадкова), вага від 1 до 25 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування двоточковий 30%, 40% і 30%, мутація з ймовірністю 10% два випадкові гени міняються місцями). Розробити власний оператор локального покращення. |
| 17 | Задача комівояжера (200 вершин, відстань між вершинами випадкова від 1 до 40), мурашиний алгоритм (α = 2, β = 4, ρ = 0,7, Lmin знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах М = 45 (15 з них дикі, обирають випадкові напрямки), починають маршрут в різних випадкових вершинах). |
| 18 | Задача розфарбовування графу (300 вершин, степінь вершини не більше 50, але не менше 1), класичний бджолиний алгоритм (число бджіл 60 із них 5 розвідники). |
| 19 | Задача про рюкзак (місткість P=250, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 30 (випадкова), вага від 1 до 25 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування триточковий 25%, мутація з ймовірністю 5% два випадкові гени міняються місцями). Розробити власний оператор локального покращення. |
| 20 | Задача комівояжера (200 вершин, відстань між вершинами випадкова від 1 до 40), мурашиний алгоритм (α = 3, β = 2, ρ = 0,7, Lmin знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах М = 45 (10 з них елітні, подвійний феромон), починають маршрут в різних випадкових вершинах). |
| 21 | Задача розфарбовування графу (200 вершин, степінь вершини не більше 30, але не менше 1), класичний бджолиний алгоритм (число бджіл 40 із них 2 розвідники). |
| 22 | Задача про рюкзак (місткість P=250, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 30 (випадкова), вага від 1 до 25 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування триточковий 25%, мутація з ймовірністю 5% змінюємо тільки 1 випадковий ген). Розробити власний оператор локального покращення. |
| 23 | Задача комівояжера (300 вершин, відстань між вершинами випадкова від 1 до 60), мурашиний алгоритм (α = 3, β = 2, ρ = 0,6, Lmin знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах М = 45 (15 з них елітні, подвійний феромон), починають маршрут в різних випадкових вершинах). |
| 24 | Задача розфарбовування графу (400 вершин, степінь вершини не більше 50, але не менше 1), класичний бджолиний алгоритм (число бджіл 70 із них 10 розвідники). |
| 25 | Задача про рюкзак (місткість P=250, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 20 (випадкова), вага від 1 до 10 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування одноточковий по 50 генів, мутація з ймовірністю 5% змінюємо тільки 1 випадковий ген). Розробити власний оператор локального покращення. |
| 26 | Задача комівояжера (100 вершин, відстань між вершинами випадкова від 5 до 50), мурашиний алгоритм (α = 2, β = 4, ρ = 0,4, Lmin знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах М = 30, починають маршрут в різних випадкових вершинах). |
| 27 | Задача розфарбовування графу (200 вершин, степінь вершини не більше 20, але не менше 1), бджолиний алгоритм ABC (число бджіл 30 із них 2 розвідники). |
| 28 | Задача про рюкзак (місткість P=200, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 20 (випадкова), вага від 1 до 10 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування двоточковий порівну генів, мутація з ймовірністю 10% змінюємо тільки 1 випадковий ген). Розробити власний оператор локального покращення. |
| 29 | Задача комівояжера (150 вершин, відстань між вершинами випадкова від 5 до 50), мурашиний алгоритм (α = 2, β = 3, ρ = 0,4, Lmin знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах М = 35, починають маршрут в різних випадкових вершинах). |
| 30 | Задача розфарбовування графу (250 вершин, степінь вершини не більше 25, але не менше 2), бджолиний алгоритм ABC (число бджіл 35 із них 3 розвідники). |
| 31 | Задача про рюкзак (місткість P=250, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 20 (випадкова), вага від 1 до 10 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування одноточковий по 50 генів, мутація з ймовірністю 5% змінюємо тільки 1 випадковий ген). Розробити власний оператор локального покращення. |
| 32 | Задача комівояжера (100 вершин, відстань між вершинами випадкова від 5 до 50), мурашиний алгоритм (α = 2, β = 4, ρ = 0,4, Lmin знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах М = 30, починають маршрут в різних випадкових вершинах). |
| 33 | Задача розфарбовування графу (200 вершин, степінь вершини не більше 20, але не менше 1), бджолиний алгоритм ABC (число бджіл 30 із них 2 розвідники). |
| 34 | Задача про рюкзак (місткість P=200, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 20 (випадкова), вага від 1 до 10 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування двоточковий порівну генів, мутація з ймовірністю 10% змінюємо тільки 1 випадковий ген). Розробити власний оператор локального покращення. |
| 35 | Задача комівояжера (150 вершин, відстань між вершинами випадкова від 5 до 50), мурашиний алгоритм (α = 2, β = 3, ρ = 0,4, Lmin знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах М = 35, починають маршрут в різних випадкових вершинах). |

# Виконання

## Програмна реалізація алгоритму

### Вихідний код

**main.py**

from genetic\_algorithm\_solution import GeneticSolution

from random import randint

if \_\_name\_\_ == "\_\_main\_\_":

capacity = 250

iterations = 1000

quantity = 100

items = [(randint(2, 30), randint(1, 25)) for \_ in range(quantity)] # list of items, item = tuple(value, weight)

items.sort(reverse=True) # sort items, so that chromosomes in population were also sorted

mutation\_chance = 5

solution = GeneticSolution(capacity, iterations, quantity, items, mutation\_chance)

res = solution.solution()

**genetic\_algorithm\_solution.py**

from population import Population

from chromosome import Chromosome

class GeneticSolution:

def \_\_init\_\_(self, max\_capacity: int, iterations: int, quantity: int, items: list, mutation\_chance: int):

self.max\_capacity = max\_capacity

self.iterations = iterations

self.mutation\_chance = mutation\_chance

self.items = items

self.population = Population(quantity, self.items)

def solution(self):

"""Finds solution of backpack problem using genetic algorithm. Returns the best solution."""

for i in range(self.iterations):

parents = self.population.choice()

child = Chromosome(self.population.crossing(parents), self.max\_capacity)

if child.weight > self.max\_capacity:

continue

child.mutation(self.mutation\_chance, self.items)

child.local\_buff(self.items)

if child.weight > self.max\_capacity:

continue

self.population.insert(child)

# for chromosome in self.population.population:

# print("backpack: ", Chromosome(chromosome).find\_values())

print(f"best solution is: \n{self.population.population[0]}\nsummary value, weight of solution: "

f"\n{Chromosome(self.population.population[0]).find\_values()}")

return self.population.population[0]

**population.py**

from random import choice

from chromosome import Chromosome

class Population:

def \_\_init\_\_(self, quantity: int, items: list):

self.quantity = quantity

self.max\_value = 0

self.items = items

self.population = self.create\_population()

def create\_population(self):

"""Creates population sorted from most to least valuable"""

population = []

for i in range(self.quantity):

body = [0 for \_ in range(self.quantity)]

body[i] = self.items[i]

population.append(body)

return population

def choice(self):

"""Returns two lists (parent) for 'crossing': best of the population and a random one"""

return self.population[0], choice(self.population)

def crossing(self, parents: tuple):

"""Receives as parameter tuple of two lists of the same length, returns their 'child'"""

l1, l2 = parents

x = len(self.population)

return l1[:int(x/4)] + l2[int(x/4):int(x/2)] + l1[int(x/2):int(3\*x/4)] + l2[int(3\*x/4):]

def insert(self, chromosome: Chromosome):

"""Receives as parameter a Chromosome object. Inserts new chromosome into the population and deletes the

worst from it """

for i, item in enumerate(self.population):

if Chromosome(item).value < chromosome.value:

self.population.insert(i, chromosome.chromosome)

self.delete\_worst()

return

def delete\_worst(self):

"""Deletes last chromosome from the population"""

self.population.pop(-1)

def pprint(self):

"""Prints the whole population"""

for body in self.population:

print(body)

**chromosome.py**

import copy

from random import randint, choice

class Chromosome:

def \_\_init\_\_(self, chromosome: list, max\_weight=None):

self.chromosome = chromosome

self.max\_weight = max\_weight

self.length = len(self.chromosome)

self.value, self.weight = self.find\_values()

def find\_values(self):

"""Returns a tuple of total value and weight of genes in chromosome"""

value = 0

weight = 0

for gene in self.chromosome:

if gene:

value += gene[0]

weight += gene[1]

return value, weight

def mutation(self, mutation\_chance: int, items: list):

"""Receives as parameters chance of mutation and list of all items. With a particular chance 'reverses' two

genes: if gene is 0, it is replaced with a random unique-in-list item; if gene is an item, it is replaced

with 0 """

if randint(1, 100) > mutation\_chance:

return

indexes = [randint(0, self.length-1) for \_ in range(2)]

chromosome\_copy = copy.copy(self.chromosome)

for index in indexes:

if chromosome\_copy[index] == 0:

# item = choice(items)

# while item in chromosome\_copy:

# item = choice(items)

chromosome\_copy[index] = items[index]

else:

chromosome\_copy[index] = 0

if Chromosome(chromosome\_copy).weight > self.max\_weight:

return

self.chromosome = chromosome\_copy

self.value, self.weight = self.find\_values()

def local\_buff(self, items: list):

"""Receives as a parameter list of all items. Changes random gene in chromosome which equals 0 to a random

unique-in-list item """

index = randint(0, self.length-1)

while self.chromosome[index] != 0:

index = randint(0, self.length-1)

# item = choice(items)

# while item in self.chromosome:

# item = choice(items)

self.chromosome[index] = items[index]

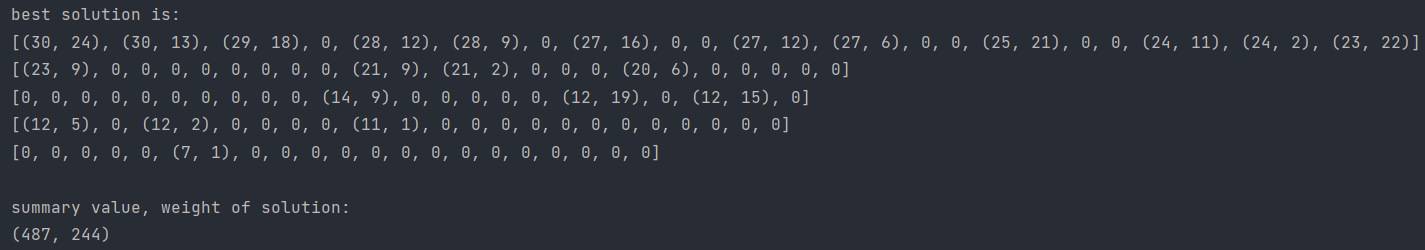
self.value, self.weight = self.find\_values()

def pprint(self):

"""Prints the chromosome"""

print(self.chromosome)

### Приклади роботи

Рисунок 3.1 – Приклад роботи програми при 500 ітерацій

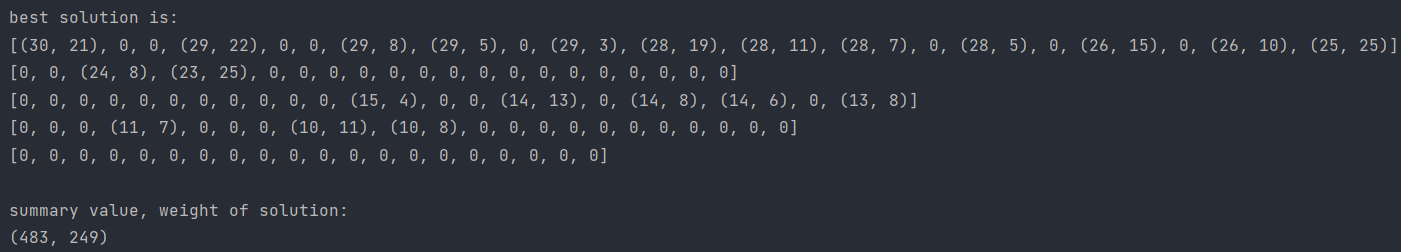


Рисунок 3.2 – Приклад роботи програми при 1000 ітерацій

## Тестування алгоритму

### Значення цільової функції зі збільшенням кількості ітерацій

У таблиці 3.1 наведено значення цільової функції зі збільшенням кількості ітерацій.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Кількість ітерацій | Загальна цінність | Загальна вага |
| 20 | 144 | 109 |
| 50 | 291 | 240 |
| 100 | 306 | 229 |
| 200 | 394 | 242 |
| 500 | 434 | 250 |
| 1000 | 503 | 250 |
| 2000 | 466 | 250 |
| 5000 | 501 | 250 |
| 10000 | 576 | 249 |
| 20000 | 609 | 250 |
| 50000 | 691 | 250 |
| 100000 | 713 | 250 |
| 1000000 | 732 | 250 |

### Графіки залежності розв'язку від числа ітерацій

На рисунку 3.3 наведений графік, який показує якість отриманого розв'язку.

Рисунок 3.3 – Графік залежності розв'язку від числа ітерацій

Висновок

В рамках даної лабораторної роботи були вивчені основні підходи формалізації метаеврестичних алгоритмів - алгоритмів, що реалізують випадковий пошук можливих рішень задачі, оптимальних або близьких до оптимальних, поки не буде виконано якусь умову або досягнуто задане число ітерацій. На практиці було розроблено рішення задачі про рюкзак на базі генетичного алгоритму.

Критерії оцінювання

При здачі лабораторної роботи до 27.11.2021 включно максимальний бал дорівнює – 5. Після 27.11.2021 максимальний бал дорівнює – 1.

Критерії оцінювання у відсотках від максимального балу:

* програмна реалізація алгоритму – 75%;
* тестування алгоритму– 20%;
* висновок – 5%.