**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-13 Нещерет В. О.*

**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 12](#_Toc51260922)

[3.2 Тестування алгоритму 13](#_Toc51260923)

[3.2.1 Значення цільової функції зі збільшенням кількості ітерацій 13](#_Toc51260924)

[3.2.2 Графіки залежності розв'язку від числа ітерацій 14](#_Toc51260925)

[Висновок 15](#_Toc51260926)

[Критерії оцінювання 16](#_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.kt**

fun main() {  
 val numberOfItems = 100  
 val populationSize = 100  
 val backpackCapacity = 250  
  
 val items = *mutableListOf*<Item>()  
 for (i in 0..numberOfItems) {  
 items.add(Item())  
 }  
  
 val population = Population(items, populationSize)  
 population.createPopulation()  
  
 GeneticAlgorithm(population, backpackCapacity).run()  
}

**GeneticAlgorithm.kt**

class GeneticAlgorithm(private val population: Population, private val backpackCapacity: Int) {  
 fun run() {  
 for (i in 0..1000) {  
 val parent1 = population.getBest()  
 var parent2 = population.individuals[(0..population.populationSize).*random*()]  
 while (parent1 == parent2) {  
 parent2 = population.individuals[(0..population.populationSize).*random*()]  
 }  
 val child = parent1.crossover(parent2)  
 child.mutate()  
 child.localImprovement()  
 if (child.weight <= backpackCapacity) {  
 population.add(child)  
 population.individuals.remove(population.getWorst())  
 }  
 if (i % 20 == 0) {  
 *println*("$i : ${population.getBest().value}")  
 }  
 }  
 *println*(population.getBest())  
 }  
}

**Population.kt**

class Population(val items : MutableList<Item>, val populationSize : Int) {  
 val individuals: MutableList<Individual> = *mutableListOf*()  
  
 fun createPopulation() {  
 for (i in 0..populationSize) {  
 individuals.add(Individual(items).*also* **{ it**.chromosome[i] = true **}**)  
 }  
 }  
  
 fun add(individual: Individual) {  
 individuals.add(individual)  
 }  
  
 fun getBest(): Individual {  
 individuals.*sortBy* **{ it**.value **}** return individuals.*last*()  
 }  
  
 fun getWorst(): Individual {  
 individuals.*sortBy* **{ it**.value **}** return individuals.*first*()  
 }  
}

**Individual.kt**

class Individual(private val items : MutableList<Item>) {  
 val chromosome : MutableList<Boolean> = *MutableList*(items.size) **{**false**}** val weight: Int  
 get() {  
 var sum = 0  
 for (i in 0 *until* items.size) {  
 if (chromosome[i]) {  
 sum += items[i].weight  
 }  
 }  
 return sum  
 }  
 val value: Int  
 get() {  
 var sum = 0  
 for (i in 0 *until* items.size) {  
 if (chromosome[i]) {  
 sum += items[i].value  
 }  
 }  
 return sum  
 }  
  
 fun crossover(other: Individual): Individual {  
 val child = Individual(items)  
 child.chromosome.clear()  
 child.chromosome.addAll(chromosome.subList(0, items.size/4))  
 child.chromosome.addAll(other.chromosome.subList(items.size/4, items.size/2))  
 child.chromosome.addAll(chromosome.subList(items.size/2, items.size/4\*3))  
 child.chromosome.addAll(other.chromosome.subList(items.size/4\*3, items.size))  
 return child  
 }  
  
 fun mutate() {  
 if (Math.random() < 0.05) {  
 val gen1 = (0 *until* items.size).*random*()  
 var gen2 = (0 *until* items.size).*random*()  
 while (gen1 == gen2) {  
 gen2 = (0 *until* items.size).*random*()  
 }  
 chromosome[gen1] = chromosome[gen2].*also* **{** chromosome[gen2] = chromosome[gen1] **}** }  
 }  
  
 fun localImprovement() {  
 var gen = (0 *until* items.size).*random*()  
 while (chromosome[gen]) {  
 gen = (0 *until* items.size).*random*()  
 }  
 chromosome[gen] = true  
 }  
  
 override fun toString() : String {  
 return "Chromosome = $chromosome\n weight = $weight\n value = $value"  
 }  
}

**Item.kt**

class Item(val weight: Int = (1..25).*random*(),  
 val value: Int = (2..30).*random*())

### Приклади роботи

На рисунках 3.1 і 3.2 показані приклади роботи програми.

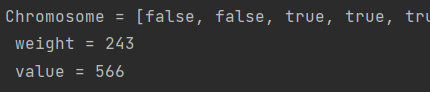


Рисунок 3.1 – Результат роботи алгоритму після 1000 ітерацій

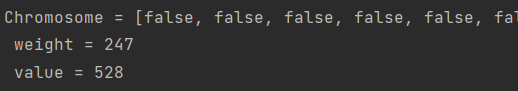


Рисунок 3.2 – Результат роботи алгоритму після 1000 ітерацій

## Тестування алгоритму

### Значення цільової функції зі збільшенням кількості ітерацій

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

|  |  |
| --- | --- |
| Ітерації | Цільова функція |
| 0 | 30 |
| 20 | 72 |
| 40 | 97 |
| 60 | 219 |
| 120 | 254 |
| 140 | 263 |
| 180 | 269 |
| 200 | 320 |
| 220 | 331 |
| 240 | 347 |
| 300 | 357 |
| 320 | 359 |
| 340 | 395 |
| 360 | 418 |
| 480 | 434 |
| 580 | 436 |
| 600 | 453 |
| 620 | 491 |
| 740 | 493 |
| 820 | 506 |
| 840 | 512 |
| 920 | 515 |
| 960 | 526 |

### Графіки залежності розв'язку від числа ітерацій

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

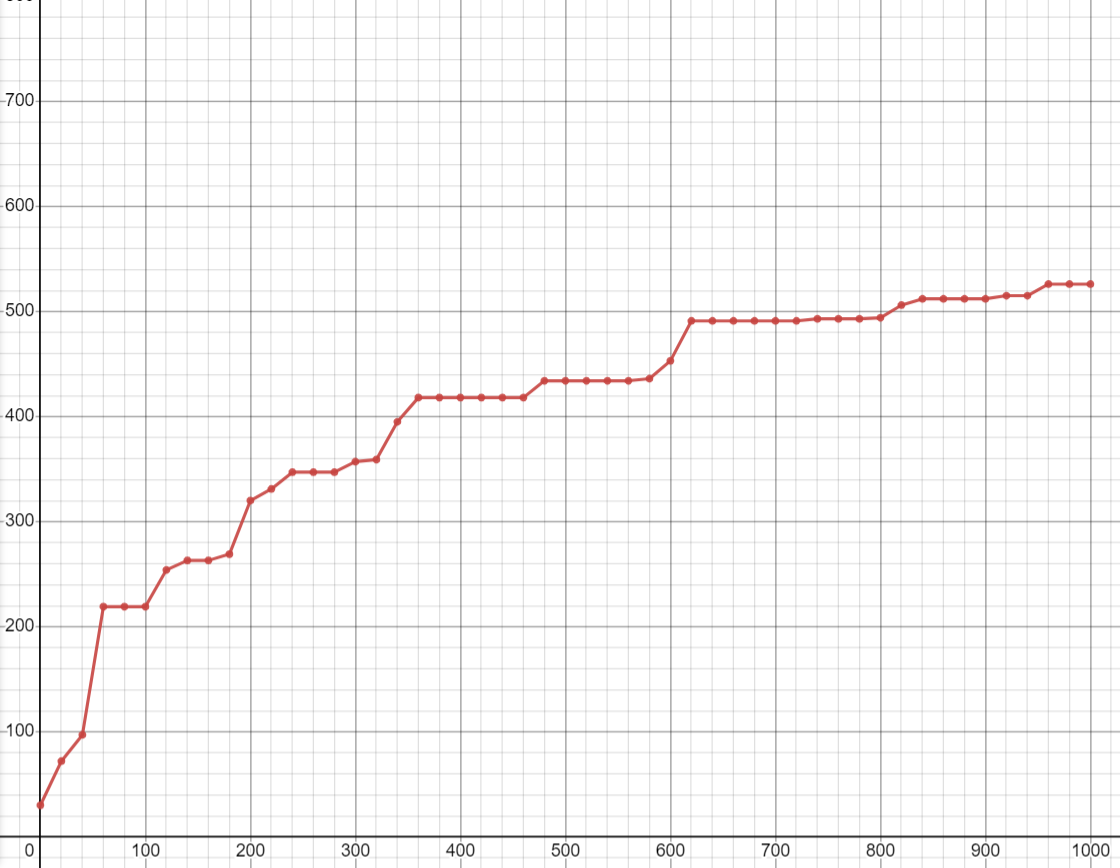


Рисунок 3.3 – Графіки залежності розв'язку від числа ітерацій

Висновок

В рамках даної лабораторної роботи я реалізував генетичний алгоритм на прикладі задачі про рюкзак. Мені довелось розробити власний метод локального покращення, він полягеє у тому, що один випадковий ген, що містить негативне значення, може змінити значення на протилежне. Після цього я проаналізував роботу алгоритму та визначив зміну цільової функції в залежності від числа ітерацій.

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%.