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 № 2 з дисципліни
«Проектування алгоритмів»

«Неінформативний, інформативний та локальний пошук»

Виконав(ла) *ІП-13 Вдовиченко С.Ю.* _____
(шифр, прізвище, ім'я, по батькові)

Перевірив *Сопов О.О.* _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

Київ 2022

ЗМІСТ

1 МЕТА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Мета роботи – розглянути та дослідити алгоритми неінформативного, інформативного та локального пошуку. Провести порівняльний аналіз ефективності використання алгоритмів.

2 ЗАВДАННЯ

Записати алгоритм розв’язання задачі у вигляді псевдокоду, відповідно до варіанту (таблиця 2.1).

Реалізувати програму, яка розв’язує поставлену задачу згідно варіанту (таблиця 2.1) за допомогою алгоритму неінформативного пошуку **АНП**, алгоритму інформативного пошуку **АІП,** що використовує задану евристичну функцію Func, або алгоритму локального пошуку **АЛП та бектрекінгу,** що використовує задану евристичну функцію Func.

Програму реалізувати на довільній мові програмування.

Увага! Алгоритм неінформативного пошуку **АНП,** реалізовується за принципом «AS IS», тобто так, як є, без додаткових модифікацій (таких як перевірка циклів, наприклад).

Провести серію експериментів для вивчення ефективності роботи алгоритмів. Кожний експеримент повинен відрізнятись початковим станом. Серія повинна містити не менше 20 експериментів для кожного алгоритму. Початковий стан зафіксувати у таблиці експериментів. За проведеними серіями необхідно визначити:

- середню кількість етапів (кроків), які знадобилось для досягнення розв’язку (ітерації);
- середню кількість випадків, коли алгоритм потрапляв в глухий кут (не міг знайти оптимальний розв’язок) – якщо таке можливе;
- середню кількість згенерованих станів під час пошуку;
- середню кількість станів, що зберігаються в пам’яті під час роботи програми.

Передбачити можливість обмеження виконання програми за часом (30 хвилин) та використання пам’яті (1 Гб).

Використані позначення:

- **8-ферзів** – Задача про вісім ферзів полягає в такому розміщенні восьми ферзів на шахівниці, що жодна з них не ставить під удар один одного. Тобто, вони не повинні стояти в одній вертикалі, горизонталі чи діагоналі.

- **8-puzzle** – гра, що складається з 8 однакових квадратних пластинок з нанесеними числами від 1 до 8. Пластинки поміщаються в квадратну коробку, довжина сторони якої в три рази більша довжини сторони пластинок, відповідно в коробці залишається незаповненим одне квадратне поле. Мета гри – переміщаючи пластинки по коробці досягти впорядковування їх по номерах, бажано зробивши якомога менше переміщень.
- **Лабіринт** – задача пошуку шляху у довільному лабіринті від початкової точки до кінцевої з можливими випадками відсутності шляху. Структура лабіринту зчитується з файлу, або генерується програмою.
- **LDFS** – Пошук вглиб з обмеженням глибини.
- **BFS** – Пошук вшир.
- **IDS** – Пошук вглиб з ітеративним заглибленням.
- **A*** – Пошук A*.
- **RBFS** – Рекурсивний пошук за першим найкращим співпадінням.
- **F1** – кількість пар ферзів, які б’ють один одного з урахуванням видимості (ферзь A може стояти на одній лінії з ферзем B, проте між ними стоїть ферзь C; тому A не б’є B).
- **F2** – кількість пар ферзів, які б’ють один одного без урахування видимості.
- **H1** – кількість фішок, які не стоять на своїх місцях.
- **H2** – Манхетенська відстань.
- **H3** – Евклідова відстань.
- **COLOR** – Задача розфарбування карти самостійно обраної країни, не менше 20 регіонів (областей). Необхідно розфарбувати карту не більше ніж у 4 різні кольори. Мається на увазі приписування кожному регіону власного кольору так, щоб кольори сусідніх регіонів відрізнялись. Використовувати евристичну функцію, яка повертає кількість пар суміжних вузлів, що мають однаковий колір (тобто кількість конфліктів). Реалізувати алгоритм пошуку із поверненнями (backtracking) для розв’язання поставленої задачі. Для

підвищення швидкодії роботи алгоритму використати евристичну функцію, а початковим станом вважати випадкову вершину.

- **HILL –** Пошук зі сходженням на вершину з використанням із використанням руху вбік (на 100 кроків) та випадковим перезапуском (кількість необхідних разів запуску визначити самостійно).
- **ANNEAL** – Локальний пошук із симуляцією відпалу. Робоча характеристика – залежність температури T від часу роботи алгоритму t. Можна розглядати лінійну залежність: T = 1000 - k·t, де k – змінний коефіцієнт.
- **BEAM** – Локальний променевий пошук. Робоча характеристика – кількість променів k. Експерименти проводи із кількістю променів від 2 до 21.
- **MRV** – евристика мінімальної кількості значень;
- **DGR** – ступенева евристика.

Таблиця 2.1 – Варіанти алгоритмів

№	Задача	АНП	АІП	АЛП	Func
1	Лабіринт	LDFS	A*		H2
2	Лабіринт	LDFS	RBFS		H3
3	Лабіринт	BFS	A*		H2
4	Лабіринт	BFS	RBFS		H3
5	Лабіринт	IDS	A*		H2
6	Лабіринт	IDS	RBFS		H3
7	8-ферзів	LDFS	A*		F1
8	8-ферзів	LDFS	A*		F2
9	8-ферзів	LDFS	RBFS		F1
10	8-ферзів	LDFS	RBFS		F2
11	8-ферзів	BFS	A*		F1
12	8-ферзів	BFS	A*		F2
13	8-ферзів	BFS	RBFS		F1
14	8-ферзів	BFS	RBFS		F2
15	8-ферзів	IDS	A*		F1

16	8-ферзів	IDS	A*		F2
17	8-ферзів	IDS	RBFS		F1
18	Лабіринт	LDFS	A*		H3
19	8-puzzle	LDFS	A*		H1
20	8-puzzle	LDFS	A*		H2
21	8-puzzle	LDFS	RBFS		H1
22	8-puzzle	LDFS	RBFS		H2
23	8-puzzle	BFS	A*		H1
24	8-puzzle	BFS	A*		H2
25	8-puzzle	BFS	RBFS		H1
26	8-puzzle	BFS	RBFS		H2
27	Лабіринт	BFS	A*		H3
28	8-puzzle	IDS	A*		H2
29	8-puzzle	IDS	RBFS		H1
30	8-puzzle	IDS	RBFS		H2
31	COLOR			HILL	MRV
32	COLOR			ANNEAL	MRV
33	COLOR			BEAM	MRV
34	COLOR			HILL	DGR
35	COLOR			ANNEAL	DGR
36	COLOR			BEAM	DGR

3 ВИКОНАННЯ

3.1 Псевдокод алгоритмів

BFS:

```
procedure BFS(G,s)

    for each vertex v ∈ V[G] do
        explored[v] ← false
        d[v] ← ∞
    end for
    explored[s] ← true
    d[s] ← 0
    Q:= a queue data structure, initialized with s
    while Q ≠ ϕ do
        u ← remove vertex from the front of Q
        for each v adjacent to u do
            if not explored[v] then
                explored[v] ← true
                d[v] ← d[u] + 1
                insert v to the end of Q
            end if
        end for
    end while

end procedure
```

RBFS:

function RECURSIVE-BEST-FIRST-SEARCH(*problem*) **returns** a solution, or failure
  return RBFS(*problem*, MAKE-NODE(*problem*.INITIAL-STATE), ∞)

function RBFS(*problem*, *node*, *f_limit*) **returns** a solution, or failure and a new f-cost limit
  if *problem*.GOAL-TEST(*node*.STATE) **then return** SOLUTION(*node*)
  successors $\leftarrow$ [ ]
  for each *action* **in** *problem*.ACTIONS(*node*.STATE) **do**
    add CHILD-NODE(*problem*, *node*, *action*) into *successors*
  if *successors* is empty **then return** *failure*, ∞
  for each *s* **in** *successors* **do** /* update f with value from previous search, if any */
    $s.f \leftarrow \max(s.g + s.h, node.f)$
  loop do
    best $\leftarrow$ the lowest f-value node in *successors*
    if $best.f > f\_limit$ **then return** *failure*, *best*.f
    alternative $\leftarrow$ the second-lowest f-value among *successors*
    result, *best*.$f \leftarrow$ RBFS(*problem*, *best*, min(*f_limit*, *alternative*))
    if *result* $\neq$ *failure* **then return** *result*

3.2 Програмна реалізація

3.2.1 Вихідний код

```
from collections import deque
import random
from math import sqrt

def print_labyrinth(maze):
    for row in maze:
        for element in row:
            print(element, end=' ')
        print()

def bfs_labyrinth(maze, start, end, iterations, dead_ends, states):
    queue = deque()
    queue.append(start)
    visited = [[False for i in range(len(maze[0]))] for i in range(len(maze))]
    visited[start[0]][start[1]] = True
    parent = [[None for i in range(len(maze[0]))] for i in range(len(maze))]
    row = [-1, 0, 0, 1]
    col = [0, -1, 1, 0]
    unique_nodes = set()
    unique_nodes.add(start)

    while queue:
        curr = queue.popleft()
        iterations += 1
        unvisited_neighbors = 0
        if curr == end:
            return construct_path(parent, end), iterations, dead_ends, states,
unique_nodes
        x, y = curr[0], curr[1]
        for i in range(4):
```

```
            states += 1
            if is_valid(maze, x + row[i], y + col[i]) and not visited[x +
row[i]][y + col[i]]:
                unvisited_neighbors += 1
                visited[x + row[i]][y + col[i]] = True
                parent[x + row[i]][y + col[i]] = curr
                queue.append((x + row[i], y + col[i]))
                unique_nodes.add((x + row[i], y + col[i]))
        if unvisited_neighbors == 0:
            dead_ends += 1
    return None

def is_valid(maze, x, y):
    if x < 0 or y < 0 or x >= len(maze) or y >= len(maze[0]):
        return False
    if maze[x][y] == '#':
        return False
    return True

def construct_path(parent, curr):
    if not parent[curr[0]][curr[1]]:
        return [curr]
    return construct_path(parent, parent[curr[0]][curr[1]]) + [curr]

def generate_labyrinth(n, m, density):
    maze = [['.' for i in range(m)] for i in range(n)]
    for i in range(n):
        for j in range(m):
            if random.random() < density:
                maze[i][j] = '#'
    start = (random.randint(0, n-1), random.randint(0, m-1))
    end = (random.randint(0, n-1), random.randint(0, m-1))
    while maze[start[0]][start[1]] == '#':
        start = (random.randint(0, n-1), random.randint(0, m-1))
    while maze[end[0]][end[1]] == '#':
        end = (random.randint(0, n-1), random.randint(0, m-1))
    maze[start[0]][start[1]] = 'S'
    maze[end[0]][end[1]] = 'E'
    return maze, start, end

def euclidean_distance(p1, p2):
    return sqrt((p1[0] - p2[0]) ** 2 + (p1[1] - p2[1]) ** 2)

def rbfs(maze, start, end, iterations, dead_ends, states):
    visited = [[False for i in range(len(maze[0]))] for i in range(len(maze))]
    parent = [[None for i in range(len(maze[0]))] for i in range(len(maze))]
    f = euclidean_distance(start, end)
    unique_states = set()
    unique_states.add(start)
    path, iterations, dead_ends, states, unique_states = rbfs_recursive(maze,
start, end, f, visited, parent, iterations, dead_ends, states, unique_states)
    return path, iterations, dead_ends, states, unique_states

def rbfs_recursive(maze, curr, end, f, visited, parent, iterations, dead_ends,
states, unique_states):
    visited[curr[0]][curr[1]] = True
    # increment the counter variable
    iterations += 1
    states += 1
    unique_states.add(curr)
    if curr == end:
        return construct_path(parent, end), iterations, dead_ends, states,
unique_states
    x, y = curr[0], curr[1]
```

```
    min_f = float('inf')
    next_node = None
    dead_end = True
    for dx, dy in [(0, 1), (1, 0), (0, -1), (-1, 0)]:
        if is_valid(maze, x + dx, y + dy) and not visited[x + dx][y + dy]:
            dead_end = False
            g = euclidean_distance(curr, (x + dx, y + dy))
            h = euclidean_distance((x + dx, y + dy), end)
            temp_f = max(f, g + h)
            if temp_f < min_f:
                min_f = temp_f
                next_node = (x + dx, y + dy)
                parent[x + dx][y + dy] = curr
    if dead_end:
        dead_ends += 1
    if not next_node:
        return None, iterations, dead_ends, states, unique_states
    return rbfs_recursive(maze, next_node, end, min_f, visited, parent,
iterations, dead_ends, states, unique_states)

def main():
    iterations = 0
    states = 0
    dead_ends = 0
    unique_states = 0
    m = int(input('Enter the size of maze: '))
    maze, start, end = generate_labyrinth(m, m, 0.2)

    option = -1
    while option != 1 and option != 2:
        option = int(input('Print 1 to use BFS\nPrint 2 to use RBFS\n'))


    if option == 1:
        bfs_path, iterations, dead_ends, states, unique_states =
bfs_labyrinth(maze, start, end, iterations, dead_ends,

states)
        print(f'bfs {bfs_path}\n')
        print_labyrinth(maze)

    if option == 2:
        rbfs_path, iterations, dead_ends, states, unique_states = rbfs(maze,
start, end, iterations, dead_ends, states)
        while rbfs_path == None:
            maze, start, end = generate_labyrinth(m, m, 0.2)
            rbfs_path, iterations, dead_ends, states, unique_states = rbfs(maze,
start, end, iterations, dead_ends, states)
        print(f'rbfs {rbfs_path}')
        print_labyrinth(maze)

    print(f'start: {start}, end: {end}\niterations: {iterations}\ndead ends:
{dead_ends}\namount of states: {states}\nstates in memory:
{len(unique_states)}')


if __name__ == "__main__":
    main()
```

3.2.2 Приклади роботи

На рисунках 3.1 і 3.2 показані приклади роботи програми для різних алгоритмів пошуку.

Рисунок 3.1 – Алгоритм BFS

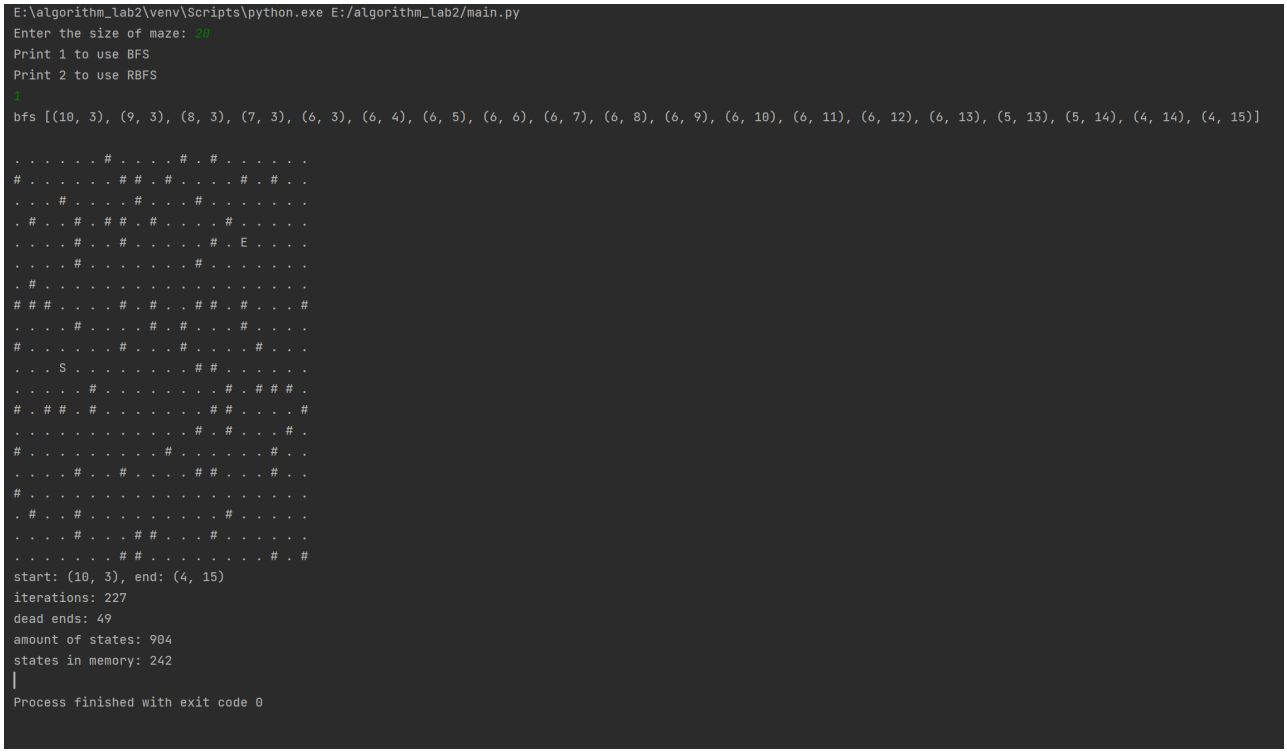
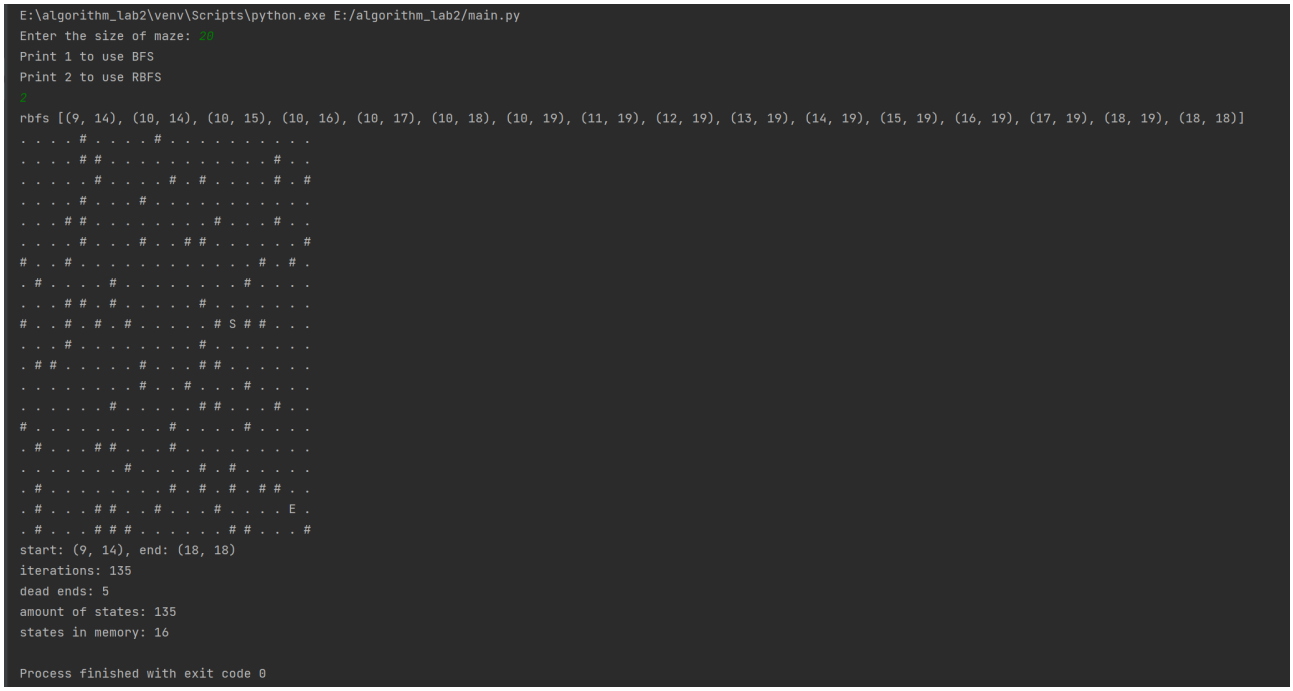


Рисунок 3.2 – Алгоритм RBFS



3.3 Дослідження алгоритмів

В таблиці 3.1 наведені характеристики оцінювання алгоритму BFS, задачі лабіринту для 20 початкових станів.

Таблиця 3.1 – Характеристики оцінювання алгоритму BFS

Початкові стани	Ітерації	К-сть глухих кутів	Всього станів	Всього станів у пам’яті
Стан 1	189	29	752	205
Стан 2	235	43	936	247
Стан 3	132	26	524	148
Стан 4	333	80	1328	335
Стан 5	126	27	500	135
Стан 6	93	16	368	114
Стан 7	118	23	468	129
Стан 8	101	20	400	114
Стан 9	35	3	136	48
Стан 10	142	26	564	155
Стан 11	259	58	1032	266

Стан 12	33	4	128	42
Стан 13	31	7	120	35
Стан 14	307	77	1224	315
Стан 15	80	9	316	96
Стан 16	16	3	60	25
Стан 17	260	68	1036	278
Стан 18	189	41	752	206
Стан 19	38	7	148	49
Стан 20	259	53	1032	275

В таблиці 3.2 наведені характеристики оцінювання алгоритму RBFS, задачі Лабіринту для 20 початкових станів.

Початкові стани	Ітерації	К-сть глухих кутів	Всього станів	Всього станів у пам’яті
Стан 1	16	0	16	16
Стан 2	43	2	43	16
Стан 3	38	1	38	13
Стан 4	44	1	44	1
Стан 5	400	12	400	19
Стан 6	119	4	119	28
Стан 7	45	3	45	4
Стан 8	425	18	425	42
Стан 9	6	0	6	6
Стан 10	320	15	320	52
Стан 11	373	14	373	6
Стан 12	25	0	25	25
Стан 13	388	13	388	19
Стан 14	235	10	235	5
Стан 15	88	2	88	11

Стан 16	640	34	640	6
Стан 17	13	1	13	11
Стан 18	6	0	6	6
Стан 19	149	5	149	9
Стан 20	302	12	302	9

ВИСНОВОК

При виконанні даної лабораторної роботи було розглянуто алгоритми BFS та RBFS, було здійснено програмну реалізацію цих алгоритмів. Було здійснено 20 експериментів для кожного із алгоритмів і зафіксовано кількість ітерацій, кількість пройдених станів та максимальну кількість станів у пам’яті, чим виступала максимальна кількість елементів у черзі.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

За умови здачі лабораторної роботи до 23.10.2022 включно максимальний бал дорівнює – 5. Після 23.10.2022 максимальний бал дорівнює – 1.

Критерії оцінювання у відсотках від максимального балу:

- псевдокод алгоритму – 10%;
- програмна реалізація алгоритму – 60%;
- дослідження алгоритмів – 25%;
- висновок – 5%.