

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт перспективной инженерии  
Департамент цифровых, робототехнических систем и электроники

**ОТЧЕТ**  
**ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4**  
**дисциплины**  
**«Искусственный интеллект в профессиональной сфере»**

Выполнил:  
Быковская Стефания Станиславовна  
3 курс, группа ИТС-б-о-22-1,  
11.03.02 «Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи»

---

(подпись)

Проверил: доцент департамента  
цифровых, робототехнических систем  
и электроники института  
перспективной инженерии  
Воронкин Роман Александрович

---

(подпись)

Отчет защищен с оценкой \_\_\_\_\_ Дата защиты \_\_\_\_\_

Ставрополь, 2024 г.

**Тема:** Исследование поиска с ограничением глубины

**Цель:** приобретение навыков по работе с поиском с ограничением глубины с помощью языка программирования Python версии 3.x

Порядок выполнения работы:

1. Решите задания лабораторной работы с помощью языка программирования Python и элементов программного кода лабораторной работы 1 (имя файла начинается с PR.AI.001.). Проверьте правильность решения каждой задачи на приведенных тестовых примерах.

Система навигации робота-пылесоса

```
1 class Node:
2     def __init__(self, name, cost=0, left=None, right=None):
3         self.name = name      # Название узла
4         self.cost = cost      # Стоимость узла
5         self.left = left      # Левый дочерний узел
6         self.right = right    # Правый дочерний узел
7
8
9 class Problem:
10     def __init__(self, root):
11         self.root = root     # Корневой узел дерева
12
```

Рисунок 1. Класс Node и Problem

```
def limited_depth_dfs(node, target, max_depth, current_depth=0, current_cost=0, path=None):
    if path is None:
        path = []

    # Добавляем текущий узел в путь и суммируем затраты
    path.append(node.name)
    total_cost = current_cost + node.cost

    # Если нашли целевой узел
    if node.name == target:
        return path.copy(), total_cost # Копируем путь для сохранения результата

    # Если достигли максимальной глубины, возвращаем бесконечную стоимость
    if current_depth >= max_depth:
        path.pop()
        return None, float('inf')

    # Рекурсивный поиск в левом и правом дочернем узле
    left_path, left_cost = (None, float('inf'))
    if node.left:
        left_path, left_cost = limited_depth_dfs(
            node.left, target, max_depth, current_depth + 1, total_cost, path
        )

    right_path, right_cost = (None, float('inf'))
    if node.right:
        right_path, right_cost = limited_depth_dfs(
            node.right, target, max_depth, current_depth + 1, total_cost, path
        )

    # Удаляем текущий узел из пути для корректного возврата
    path.pop()

    # Возвращаем путь с минимальной стоимостью
    if left_cost < right_cost:
        return left_path, left_cost
    else:
        return right_path, right_cost
```

Рисунок 2. Рекурсивный поиск в глубину с ограничением глубины

```
59
60 ✓ if __name__ == "__main__":
61     # Создание дерева
62     root = Node(
63         "root",
64         0,
65         left=Node("A", 3, left=Node("A1", 1), right=Node("A2", 2)),
66         right=Node("B", 2, left=Node("B1", 4), right=Node("B2", 3)),
67     )
68
69     # Инициализация задачи
70     problem = Problem(root)
71
72     # Выполнение поиска
73     target = "A2"
74     max_depth = 2
75     path, cost = limited_depth_dfs(problem.root, target, max_depth)
76
77     # Результат поиска
78     if path:
79         print(
80             f"Наименее затратный путь к '{target}': {' -> '.join(path)}, ☐ затратами: {cost}"
81         )
82     else:
83         print(f"Комната '{target}' не найдена в пределах глубины {max_depth}")
84
```

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS

```
(base) C:\Users\Leo\Desktop\3 Курс\ИИ\4>python prog\1
python: can't open file 'C:\Users\Leo\Desktop\3 Курс\ИИ\4\prog\1': [Errno 2] No such file or directory

(base) C:\Users\Leo\Desktop\3 Курс\ИИ\4>python prog\1.py
Комната 'A2' не найдена в пределах глубины 1

(base) C:\Users\Leo\Desktop\3 Курс\ИИ\4>python prog\1.py
Наименее затратный путь к 'A2': root -> A -> A2, с затратами: 5

(base) C:\Users\Leo\Desktop\3 Курс\ИИ\4>
```

Рисунок 3. Результат выполнения

На рисунке 3 в первом случае максимальная глубина равна 2 – путь найден, а во втором максимальная глубина 1.

### Система управления складом

```
✓ class TreeNode:
✓     def __init__(self, item):
        self.item = item # Товар
        self.left = None # Левый узел
        self.right = None # Правый узел

✓ def find_item(node, target, depth, max_depth):
    # Проверяем, достигли ли мы конца дерева или максимальной глубины
    if node is None or depth > max_depth:
        return None

    # Проверяем, совпадает ли текущий узел с искомым товаром
    if node.item == target:
        return node

    # Поиск в левом поддереве
    left_result = find_item(node.left, target, depth + 1, max_depth)
    if left_result is not None:
        return left_result

    # Поиск в правом поддереве
    return find_item(node.right, target, depth + 1, max_depth)
```

Рисунок 4. Склад

```
24 # Пример использования
25 if __name__ == "__main__":
26     # Создаем дерево
27     root = TreeNode("Товар А")
28     root.left = TreeNode("Товар В")
29     root.right = TreeNode("Товар С")
30     root.left.left = TreeNode("Товар D")
31     root.left.right = TreeNode("Товар E")
32     root.right.left = TreeNode("Товар F")
33     root.right.right = TreeNode("Товар G")
34     root.right.right.right = TreeNode("Товар T")
35
36     # Определяем искомый товар и максимальную глубину
37     target_item = "Товар T"
38     max_depth = 3
39
40     # Выполняем поиск
41     result = find_item(root, target_item, 0, max_depth)
42
43     # Выводим результат
44     if result:
45         print(f"Товар найден: {result.item}")
46     else:
47         print("Товар не найден в заданной глубине.")
```

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS

```
C:\Users\Leo\Desktop\ИИ\4>python .\prog\2.py
Товар не найден в заданной глубине.

C:\Users\Leo\Desktop\ИИ\4>python .\prog\2.py
Товар найден: Товар T
```

Рисунок 5. Результат работы

## Система автоматического управления инвестициями

Представьте, что вы разрабатываете систему для автоматического управления инвестициями, где дерево решений используется для представления последовательности инвестиционных решений и их потенциальных исходов. Цель состоит в том, чтобы найти наилучший исход (максимальную прибыль) на определённой глубине принятия решений, учитывая ограниченные ресурсы и время на анализ.

```
class BinaryTreeNode:
    def __init__(self, value, left=None, right=None):
        self.value = value
        self.left = left
        self.right = right

    def __repr__(self):
        return f"<{self.value}>"
```

Рисунок 6. Класс Node

```

14
15 def find_max_at_depth(root, depth):
16     if not root:
17         return None
18     if depth == 0:
19         return root.value
20
21     queue = [(root, 0)]
22     max_value = float("-inf")
23
24     while queue:
25         node, current_depth = queue.pop(0)
26
27         if current_depth == depth:
28             max_value = max(max_value, node.value)
29
30         if node.left:
31             queue.append((node.left, current_depth + 1))
32         if node.right:
33             queue.append((node.right, current_depth + 1))
34
35     return max_value if max_value != float("-inf") else None
36
37

```

Рисунок 7. Максимальная глубина

```

37
38 if __name__ == "__main__":
39     root = BinaryTreeNode(
40         3,
41         BinaryTreeNode(1, BinaryTreeNode(0), None),
42         BinaryTreeNode(5, BinaryTreeNode(4), BinaryTreeNode(6)),
43     )
44     limit = 2
45     max_value = find_max_at_depth(root, limit)
46     print(f"Максимальное значение на указанной глубине: {max_value}")
47

```

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS

```

(base) C:\Users\Leo\Desktop\3 Курс\ИИ\4>python prog\1.py
Наименее затратный путь к 'A2': root -> A -> A2, с затратами: 5

(base) C:\Users\Leo\Desktop\3 Курс\ИИ\4>python prog\3.py
Максимальное значение на указанной глубине: 5

(base) C:\Users\Leo\Desktop\3 Курс\ИИ\4>python prog\3.py
Максимальное значение на указанной глубине: 6

(base) C:\Users\Leo\Desktop\3 Курс\ИИ\4>

```

Рисунок 8. Результат работы

2. Для построенного графа лабораторной работы 1 (имя файла начинается с PR.AI.001.) напишите программу на языке программирования Python, которая с помощью алгоритма поиска с ограничением глубины находит минимальное расстояние между начальным и конечным пунктами. Определите глубину дерева поиска, на которой будет найдено решение. Сравните найденное решение с решением, полученным вручную.

```
41
42 # Пример использования
43 if __name__ == "__main__":
44     g = Graph()
45
46     # Добавление рёбер в граф с весами (пример)
47     g.add_edge(0, 1, 130)
48     g.add_edge(0, 2, 120)
49     g.add_edge(1, 3, 90)
50     g.add_edge(3, 4, 185)
51     g.add_edge(2, 4, 145)
52     g.add_edge(4, 5, 300)
53
54     start = 0 # Начальная вершина
55     goal = 5 # Конечная вершина
56     max_depth = 2 # Максимальная глубина поиска
57
58     found = g.depth_first_search(start, goal, max_depth)
59
60     if found:
61         print(f"Путь найден от {start} до {goal} в пределах глубины {max_depth}.")
62     else:
63         print("Путь не найден в пределах заданной глубины.")
```

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS

```
C:\Users\Leo\Desktop\ИИ\4>python .\prog\3.py
Путь найден от 0 до 5 в пределах глубины 3.

C:\Users\Leo\Desktop\ИИ\4>python .\prog\3.py
Путь не найден в пределах заданной глубины.

C:\Users\Leo\Desktop\ИИ\4>
```

Рисунок 9. Поиск пути с ограничением глубины

Контрольные вопросы:

1. Что такое поиск с ограничением глубины, и как он решает проблему бесконечных ветвей?

Поиск с ограничением глубины — это вариант поиска в глубину, который ограничивает глубину рекурсии (глубину дерева поиска), чтобы избежать бесконечного спуска в дерево, особенно если оно содержит циклы или бесконечные ветви. Ограничение глубины предотвращает заикливание, обрывая поиск на заданной глубине.

2. Какова основная цель ограничения глубины в данном методе поиска?

Основная цель ограничения глубины — предотвратить заикливание и сократить время выполнения при работе с бесконечными или очень большими деревьями поиска.

3. В чем разница между поиском в глубину и поиском с ограничением глубины?

Поиск в глубину может бесконечно углубляться в дерево при наличии бесконечных ветвей или циклов. Поиск с ограничением глубины вводит предел глубины и прекращает углубление, когда достигается этот предел.

4. Какую роль играет проверка глубины узла в псевдокоде поиска с ограничением глубины?

Проверка глубины узла позволяет определить, достигнут ли предел глубины (*limit*). Если узел на текущей глубине превышает или равен *limit*, поиск обрывается и возвращает соответствующий статус (обычно *cutoff*), что предотвращает дальнейшее углубление.

5. Почему в случае достижения лимита глубины функция возвращает «обрезание»?

Когда достигается лимит глубины, функция возвращает *cutoff*, что означает, что поиск не может углубляться дальше. Это позволяет обозначить, что поиск не завершился успехом, но и не потерпел неудачу — он прервался из-за ограничения глубины.

6. В каких случаях поиск с ограничением глубины может не найти решение, даже если оно существует?

Если решение находится на глубине, превышающей установленный лимит, то поиск с ограничением глубины не сможет найти это решение, поскольку он остановится до того, как достигнет нужного уровня.

7. Как поиск в ширину и в глубину отличаются при реализации с использованием очереди?

Поиск в глубину использует стек или LIFO (*last-in, first-out*), который обрабатывает последний добавленный узел, позволяя углубляться в дерево.

8. Почему поиск с ограничением глубины не является оптимальным?

Поиск с ограничением глубины не является оптимальным, потому что он может пропустить более короткие пути к цели, если они находятся глубже текущего лимита.

9. Как итеративное углубление улучшает стандартный поиск с ограничением глубины?

Итеративное углубление выполняет поиск с увеличивающимися пределами глубины (1, 2, 3 и так далее), что позволяет достичь любого уровня и найти оптимальное решение, при этом избегая бесконечных циклов. Это дает преимущество поиска в ширину, но с меньшим использованием памяти.

10. В каких случаях итеративное углубление становится эффективнее простого поиска в ширину?

Итеративное углубление становится эффективнее, когда дерево поиска очень большое или глубина решения заранее неизвестна. В таких случаях он позволяет контролировать глубину поиска, потребляя меньше памяти, чем поиск в ширину.

11. Какова основная цель использования алгоритма поиска с ограничением глубины?

Цель — поиск цели на фиксированной глубине в дереве или графе, предотвращая заикливание и сокращая время поиска, особенно в бесконечных или циклических деревьях.

12. Какие параметры принимает функция `depth_limited_search` и их назначение?

Функция принимает два параметра:

`problem` — объект задачи, который содержит начальное состояние и целевое состояние.

`limit` — максимальная глубина поиска (по умолчанию 10), чтобы ограничить глубину дерева.

13. Какое значение по умолчанию имеет параметр `limit` в функции `depth_limited_search`?

Параметр `limit` имеет значение по умолчанию 10

14. Что представляет собой переменная `'frontier'`, и как она используется в алгоритме?

`frontier` — это стек (очередь LIFO), который содержит узлы для дальнейшей обработки. В алгоритме `frontier` используется для хранения узлов и управления порядком их обработки.



15. Какую структуру данных представляет LIFOQueue, и почему она используется в этом алгоритме?

LIFOQueue представляет собой стек (последний вошел — первый вышел). Он используется для выполнения поиска в глубину, где всегда обрабатывается последний добавленный узел.

16. Каково значение переменной `result` при инициализации, и что оно означает?

`result` инициализируется как `failure`, что обозначает, что поиск изначально не нашел целевого состояния. Это значение будет возвращено, если поиск не достигнет цели и не выполнит обрезание.

17. Какое условие завершает цикл `while` в алгоритме поиска?

Цикл `while` завершается, когда `frontier` становится пустой, то есть когда больше нет узлов для обработки.

18. Какой узел извлекается с помощью `frontier.pop()` и почему?

`frontier.pop()` извлекает последний добавленный узел (по принципу LIFO). Это позволяет алгоритму углубляться в дерево, обрабатывая узлы на текущем уровне, прежде чем переходить к соседним узлам.

19. Что происходит, если найден узел, удовлетворяющий условию цели (условие `problem.is_goal(node.state)`)?

Если найден узел, удовлетворяющий условию цели, он немедленно возвращается, завершая поиск.

20. Какую проверку выполняет условие `elif len(node) >= limit` и его выполнение?

Это условие проверяет, достиг ли узел установленного предела глубины. Если глубина узла больше или равна `limit`, поиск прерывается и возвращает `cutoff`.

21. Что произойдет, если текущий узел достигнет ограничения по глубине поиска?

Если текущий узел достигает ограничения по глубине, функция отмечает результат как `cutoff`, прекращает углубление и переходит к обработке других узлов.

22. Какую роль выполняет проверка на циклы `elif not is_cycle(node)` в алгоритме?

Проверка `elif not is_cycle(node)` предотвращает заикливание, обеспечивая, что узел не будет повторно обработан, если он уже встречался на текущем пути.

23. Что происходит с дочерними узлами, полученными с помощью функции `expand(problem, node)`?

Дочерние узлы добавляются в `frontier` для дальнейшей обработки, что позволяет продолжить поиск в глубину по новым ветвям дерева.

24. Какое значение возвращается функцией, если целевой узел не был найден?

Если целевой узел не был найден, функция возвращает начальное значение `result`, которое инициализируется как `failure`.

25. В чем разница между результатами `failure` и `cutoff` в контексте данного алгоритма?

`failure` указывает, что поиск не нашел целевой узел и достиг конца без успешного завершения.

`cutoff` обозначает, что поиск был прерван из-за достижения ограничения глубины, но не является окончательной неудачей, так как решение может существовать за пределами указанной глубины.

**Вывод:** в ходе работы были приобретены навыки по работе с поиском с ограничением глубины с помощью языка программирования Python версии 3.x