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 №3
дисциплины
«Искусственный интеллект в профессиональной сфере»

Выполнила:
Михеева Елена Александровна
3 курс, группа ИВТ-б-о-22-1,
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»,
направленность (профиль) «Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем», очная форма обучения

_____
(подпись)

Проверил:
Воронкин Р.А.-доцент департамента цифровых, роботехнических систем и электроники института перспективной инженерии

_____
(подпись)

Отчет защищен с оценкой _____ Дата защиты_____

Ставрополь, 2024 г.

ТЕМА: ИССЛЕДОВАНИЕ ПОИСКА В ГЛУБИНУ

Цель: приобретение навыков по работе с поиском в глубину с помощью языка программирования Python версии 3.x

Порядок выполнения работы:

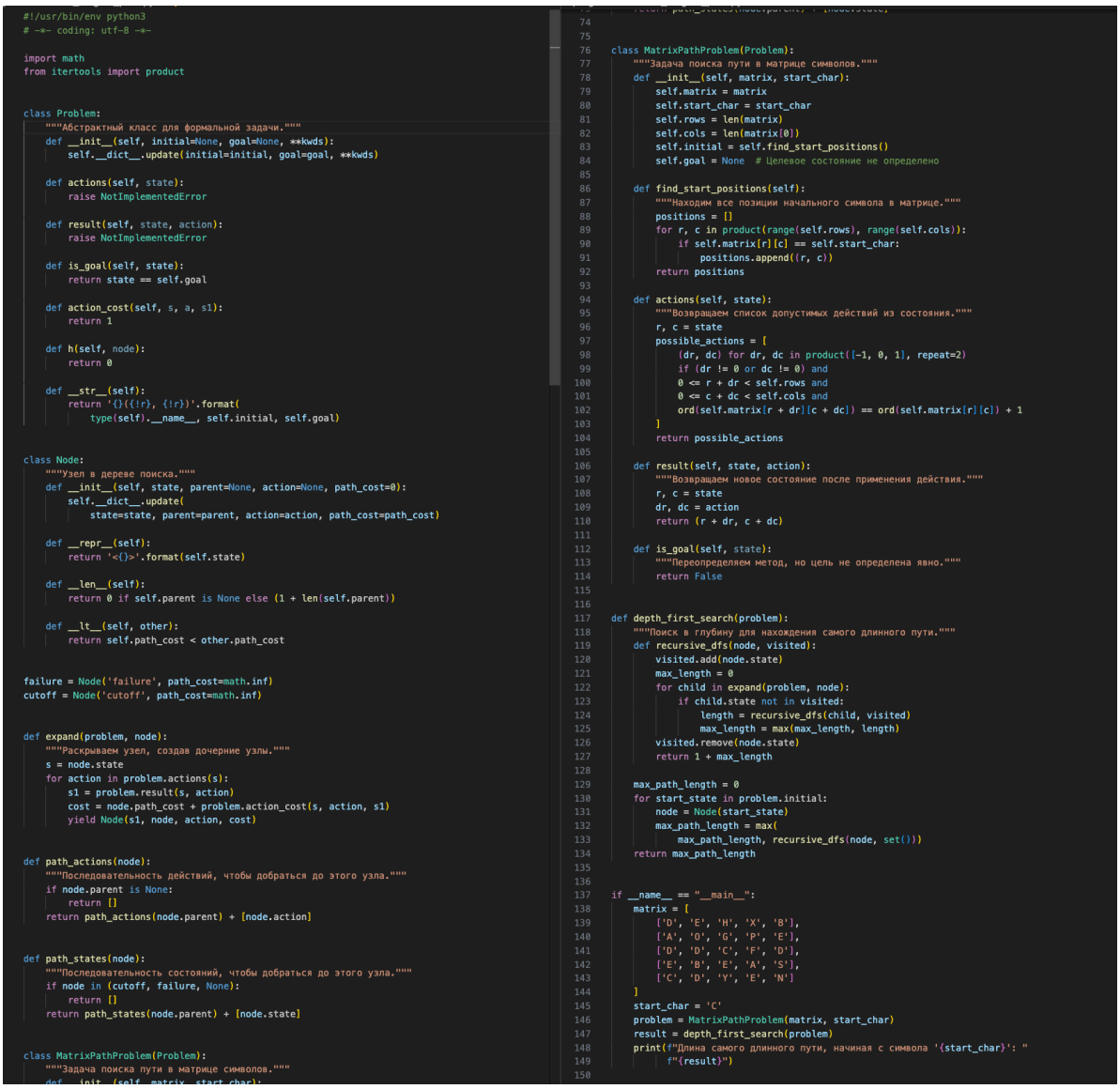
Репозиторий: https://github.com/helendddd/AI_3.git

Поиск самого длинного пути в матрице.

Дана матрица символов размером M×N. Необходимо найти длину самого длинного пути в матрице, начиная с заданного символа. Каждый следующий символ в пути должен алфавитно следовать за предыдущим без пропусков. Разработать функцию поиска самого длинного пути в матрице символов, начиная с заданного символа. Символы в пути должны следовать в алфавитном порядке и быть последовательными. Поиск возможен во всех восьми направлениях.

Пример матрицы:

M	N	O	P	Q
L	K	J	I	R
A	B	C	D	E
Z	Y	X	W	V
U	T	S	F	G



```python
#!/usr/bin/env python3
# -*- coding: utf-8 -*-

import math
from itertools import product


class Problem:
    """Абстрактный класс для формальной задачи."""
    def __init__(self, initial=None, goal=None, **kwds):
        self.__dict__.update(initial=initial, goal=goal, **kwds)

    def actions(self, state):
        raise NotImplementedError

    def result(self, state, action):
        raise NotImplementedError

    def is_goal(self, state):
        return state == self.goal

    def action_cost(self, s, a, s1):
        return 1

    def h(self, node):
        return 0

    def __str__(self):
        return '{}({!r}, {!r})'.format(
            type(self).__name__, self.initial, self.goal)


class Node:
    """Узел в дереве поиска."""
    def __init__(self, state, parent=None, action=None, path_cost=0):
        self.__dict__.update(
            state=state, parent=parent, action=action, path_cost=path_cost)

    def __repr__(self):
        return '<{}>'.format(self.state)

    def __len__(self):
        return 0 if self.parent is None else (1 + len(self.parent))

    def __lt__(self, other):
        return self.path_cost < other.path_cost


failure = Node('failure', path_cost=math.inf)
cutoff = Node('cutoff', path_cost=math.inf)


def expand(problem, node):
    """Раскрываем узел, создав дочерние узлы."""
    s = node.state
    for action in problem.actions(s):
        s1 = problem.result(s, action)
        cost = node.path_cost + problem.action_cost(s, action, s1)
        yield Node(s1, node, action, cost)


def path_actions(node):
    """Последовательность действий, чтобы добраться до этого узла."""
    if node.parent is None:
        return []
    return path_actions(node.parent) + [node.action]


def path_states(node):
    """Последовательность состояний, чтобы добраться до этого узла."""
    if node in (cutoff, failure, None):
        return []
    return path_states(node.parent) + [node.state]


class MatrixPathProblem(Problem):
    """Задача поиска пути в матрице символов."""
    def __init__(self, matrix, start_char):
        self.matrix = matrix
        self.start_char = start_char
        self.rows = len(matrix)
        self.cols = len(matrix[0])
        self.initial = self.find_start_positions()
        self.goal = None  # Целевое состояние не определено

    def find_start_positions(self):
        """Находим все позиции начального символа в матрице."""
        positions = []
        for r, c in product(range(self.rows), range(self.cols)):
            if self.matrix[r][c] == self.start_char:
                positions.append((r, c))
        return positions

    def actions(self, state):
        """Возвращаем список допустимых действий из состояния."""
        r, c = state
        possible_actions = [
            (dr, dc) for dr, dc in product([-1, 0, 1], repeat=2)
            if (dr != 0 or dc != 0) and
            0 <= r + dr < self.rows and
            0 <= c + dc < self.cols and
            ord(self.matrix[r + dr][c + dc]) == ord(self.matrix[r][c]) + 1
        ]
        return possible_actions

    def result(self, state, action):
        """Возвращаем новое состояние после применения действия."""
        r, c = state
        dr, dc = action
        return (r + dr, c + dc)

    def is_goal(self, state):
        """Переопределяем метод, но цель не определена явно."""
        return False


def depth_first_search(problem):
    """Поиск в глубину для нахождения самого длинного пути."""
    def recursive_dfs(node, visited):
        visited.add(node.state)
        max_length = 0
        for child in expand(problem, node):
            if child.state not in visited:
                length = recursive_dfs(child, visited)
                max_length = max(max_length, length)
        visited.remove(node.state)
        return 1 + max_length

    max_path_length = 0
    for start_state in problem.initial:
        node = Node(start_state)
        max_path_length = max(
            max_path_length, recursive_dfs(node, set()))
    return max_path_length


if __name__ == "__main__":
    matrix = [
        ['D', 'E', 'H', 'X', 'B'],
        ['A', 'O', 'G', 'P', 'E'],
        ['D', 'D', 'C', 'F', 'D'],
        ['E', 'B', 'E', 'A', 'S'],
        ['C', 'D', 'Y', 'E', 'N']
    ]
    start_char = 'C'
    problem = MatrixPathProblem(matrix, start_char)
    result = depth_first_search(problem)
    print(f"Длина самого длинного пути, начиная с символа '{start_char}': "
          f"{result}")
```

Рисунок 2. Код программы

```
(venv) (base) elenamiheeva@MacBook-Pro-Elena AI_3 % python program/find_longest_path.py
Длина самого длинного пути, начиная с символа 'C': 6
```

Рисунок 3. Результат работы программы

Генерирование списка возможных слов из матрицы символов.

Дана матрица символов размером M × N. Необходимо найти и вывести список всех возможных слов, которые могут быть сформированы из последовательности соседних символов в этой матрице. При этом слово может формироваться во всех восьми возможных направлениях (север, юг, восток, запад, северо-восток, северо-запад, юго-восток, юго-запад), и каждая клетка может быть использована в слове только один раз.

К	О	Т	И
А	Р	Т	О
И	Т	О	К

Словарь с возможными словами: ['КОТ', 'ТОК', 'КИТ', 'ТАК', 'АРТ', 'СОК'].

```python
class Problem:
    """Абстрактный класс для формальной задачи."""
    def __init__(self, initial=None, goal=None, **kwds):
        self.__dict__.update(initial=initial, goal=goal, **kwds)

    def actions(self, state):
        raise NotImplementedError

    def result(self, state, action):
        raise NotImplementedError

    def is_goal(self, state):
        return state == self.goal

    def action_cost(self, s, a, s1):
        return 1

    def h(self, node):
        return 0

    def __str__(self):
        return '{}({!r}, {!r})'.format(
            type(self).__name__, self.initial, self.goal)


class Node:
    """Узел в дереве поиска."""
    def __init__(self, state, parent=None, action=None, path_cost=0):
        self.__dict__.update(
            state=state, parent=parent, action=action, path_cost=path_cost)

    def __repr__(self):
        return '<{}>'.format(self.state)

    def __len__(self):
        return 0 if self.parent is None else (1 + len(self.parent))

    def __lt__(self, other):
        return self.path_cost < other.path_cost


failure = Node('failure', path_cost=math.inf)
cutoff = Node('cutoff', path_cost=math.inf)


def expand(problem, node):
    """Раскрываем узел, создав дочерние узлы."""
    s = node.state
    for action in problem.actions(s):
        s1 = problem.result(s, action)
        cost = node.path_cost + problem.action_cost(s, action, s1)
        yield Node(s1, node, action, cost)


def path_actions(node):
    """Последовательность действий, чтобы добраться до этого узла."""
    if node.parent is None:
        return []
    return path_actions(node.parent) + [node.action]


def path_states(node):
    """Последовательность состояний, чтобы добраться до этого узла."""
    if node in (cutoff, failure, None):
        return []
    return path_states(node.parent) + [node.state]


def is_valid_move(nx, ny, rows, cols, path):
    """Проверяет, находится ли (nx, ny) в матрице и посещена ли она."""
    return (
        0 <= nx < rows and
        0 <= ny < cols and
        (nx, ny) not in path
    )
```

```python
    def __init__(self, board, dictionary):
        super().__init__(initial=None)
        self.board = board
        self.dictionary = set(dictionary)
        self.rows = len(board)
        self.cols = len(board[0]) if self.rows > 0 else 0
        self.prefixes = self._build_prefix_set(dictionary)

    def _build_prefix_set(self, words):
        """Создает множество всех префиксов из списка слов."""
        prefixes = set()
        for word in words:
            for i in range(len(word)):
                prefixes.add(word[:i + 1])
        return prefixes

    def actions(self, state):
        """Возвращает список допустимых действий из текущего состояния."""
        (x, y, path) = state
        directions = [(-1, -1), (-1, 0), (-1, 1),
                      (0, -1),           (0, 1),
                      (1, -1), (1, 0), (1, 1)]
        for dx, dy in directions:
            nx, ny = x + dx, y + dy
            if is_valid_move(nx, ny, self.rows, self.cols, path):
                yield (nx, ny)

    def result(self, state, action):
        """Возвращает новое состояние после применения действия."""
        (x, y, path) = state
        (nx, ny) = action
        new_path = path + [(nx, ny)]
        return (nx, ny, new_path)

    def is_goal(self, state):
        """Проверяет, является ли текущее состояние целевым."""
        (x, y, path) = state
        word = ''.join(self.board[i][j] for i, j in path)
        return word in self.dictionary

    def find_words_from(self, x, y):
        """Ищет все слова, начинающиеся с позиции (x, y)."""
        found_words = set()
        stack = [(x, y, [(x, y)])]
        while stack:
            state = stack.pop()
            (cx, cy, path) = state
            word = ''.join(self.board[i][j] for i, j in path)
            if word in self.dictionary:
                found_words.add(word)
            if word in self.prefixes:
                for action in self.actions(state):
                    new_state = self.result(state, action)
                    stack.append(new_state)
        return found_words

    def find_all_words(self):
        """Ищет все слова в матрице."""
        found_words = set()
        for x, y in product(range(self.rows), range(self.cols)):
            found_words.update(self.find_words_from(x, y))
        return found_words


if __name__ == '__main__':
    board = [
        ['К', 'О', 'Т', 'И'],
        ['А', 'Р', 'Т', 'О'],
        ['Т', 'А', 'К', 'С'],
        ['И', 'Т', 'О', 'К']
    ]

    dictionary = ['КОТ', 'ТОК', 'КИТ', 'ТАК', 'АРТ', 'СОК']
    problem = MatrixWordSearchProblem(board, dictionary)
    found_words = problem.find_all_words()
    print(found_words)
```

Рисунок 4. Код программы

```
(venv) (base) elenamiheeva@MacBook-Pro-Elena AI_3 % python program/word_matrix.py
{'TOK', 'KOT', 'COK', 'TAK', 'APT'}
```

Рисунок 5. Результат работы программы

Нахождение минимального расстояния между начальными и конечными пунктами с использованием алгоритма поиска в глубину.

Был построен граф из 20 населенных пунктов Италии. Узлы данного графа представляют населённые пункты, а рёбра — дороги, соединяющие их. Вес каждого ребра соответствует расстоянию между этими пунктами. В качестве начального населенного пункта выбран Милан, а конечного – Алессандрия.

Поиск в глубину не гарантирует нахождения минимального пути, так как он углубляется в одно направление до конца, не оценивая стоимость путей. Поэтому полученный путь, представленный в результатах выполнения программы (рис. 8) не является оптимальным.

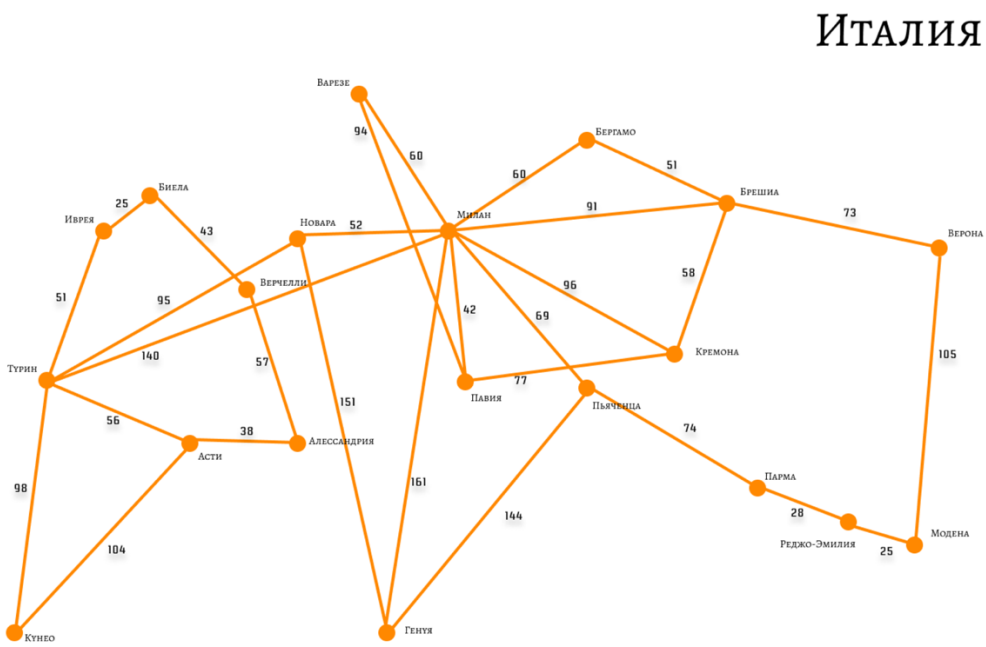


Рисунок 6. Граф из населенных пунктов

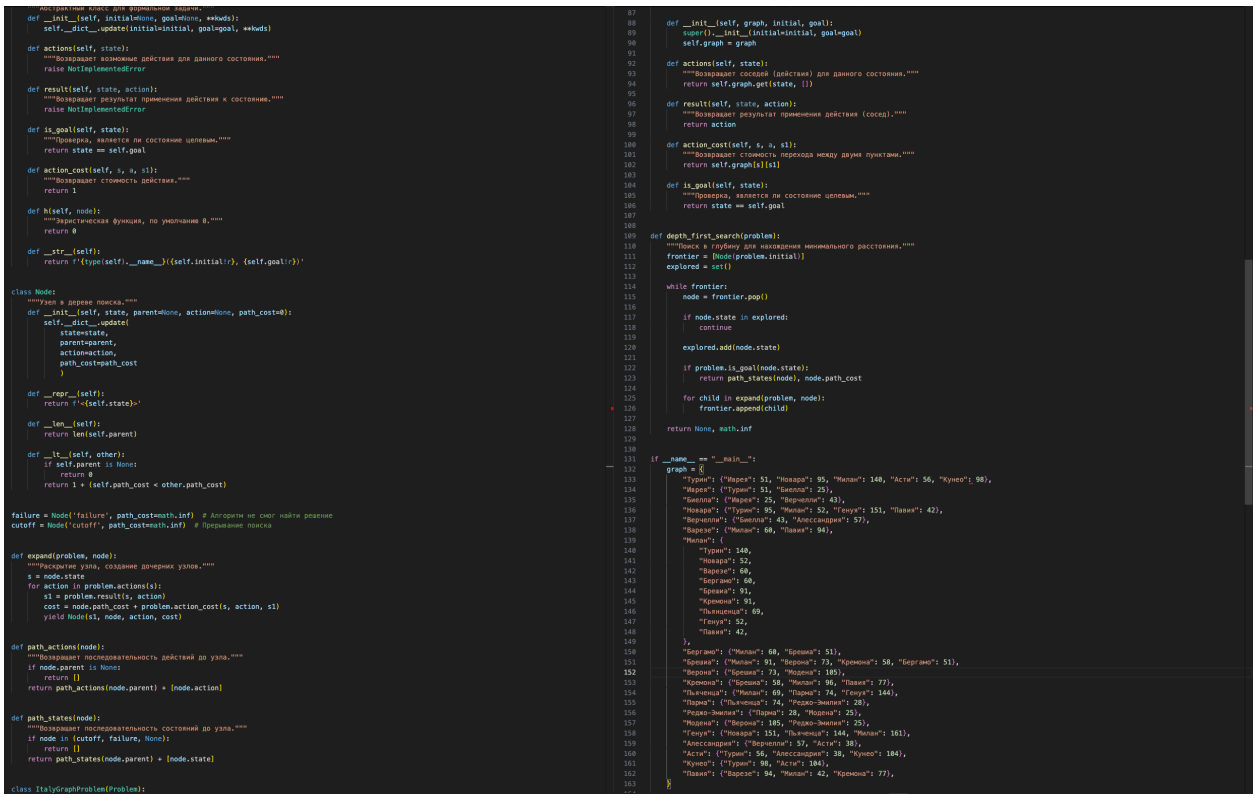


Рисунок 7. Код программы для задания

Рисунок 8. Результат работы программы

Ответы на контрольные вопросы:

1. В чем ключевое отличие поиска в глубину от поиска в ширину?

Поиск в глубину исследует дерево до максимальной глубины перед переходом к соседям, тогда как поиск в ширину изучает узлы на каждом уровне перед углублением.

2. Какие четыре критерия качества поиска обсуждаются в тексте для оценки алгоритмов?

– Полнота;

– оптимальность;

– временная сложность;

– пространственная сложность.

3. Что происходит при расширении узла в поиске в глубину?

При расширении создаются дочерние узлы текущего узла, соответствующие результатам возможных действий.

4. Почему поиск в глубину использует очередь типа "последним пришел — первым ушел" (LIFO)?

Очередь LIFO позволяет глубже исследовать одно направление, возвращаясь назад только после исчерпания вариантов.

5. Как поиск в глубину справляется с удалением узлов из памяти, и почему это преимущество перед поиском в ширину?

Поиск в глубину хранит только текущий путь и соседние узлы, что снижает использование памяти по сравнению с поиском в ширину.

6. Какие узлы остаются в памяти после того, как достигнута максимальная глубина дерева?

В памяти остаются узлы на текущем пути и дочерние узлы самой глубокой вершины.

7. В каких случаях поиск в глубину может "застрять" и не найти решение?

Если дерево бесконечное или если узлы посещаются циклически.

8. Как временная сложность поиска в глубину зависит от максимальной глубины дерева?

Зависит от максимальной глубины дерева: O(b^m), где b — фактор ветвления, m — максимальная глубина.

9. Почему поиск в глубину не гарантирует нахождение оптимального решения?

Поиск в глубину находит первое решение, а не самое короткое или дешевое.

10. В каких ситуациях предпочтительно использовать поиск в глубину, несмотря на его недостатки?

Когда глубина решения мала, а пространство памяти ограничено.

11. Что делает функция depth_first_recursive_search, и какие параметры она принимает?

Выполняет рекурсивный поиск в глубину; принимает узел, проблему и список посещенных состояний.

12. Какую задачу решает проверка if node is None?

Убедиться, что узел существует и может быть обработан.

13. В каком случае функция возвращает узел как решение задачи?

Когда узел соответствует целевому состоянию.

14. Почему важна проверка на циклы в алгоритме рекурсивного поиска в глубину?

Чтобы избежать бесконечных повторений.

15. Что возвращает функция при обнаружении цикла?

Если цикл обнаружен, функция завершает ветвь поиска.

16. Как функция обрабатывает дочерние узлы текущего узла?

Дочерние узлы создаются через expand и проверяются на наличие циклов.

17. Какой механизм используется для обхода дерева поиска в этой реализации?

Используется рекурсивный вызов для обхода дерева.

18. Что произойдет, если не будет найдено решение в ходе рекурсии?

Возвращается "failure" после проверки всех узлов.

19. Почему функция рекурсивно вызывает саму себя внутри цикла?

Для продолжения поиска в глубину в новом поддереве.

20. Как функция expand(problem, node) взаимодействует с текущим узлом?

Создает дочерние узлы текущего узла, используя действия и результаты.

21. Какова роль функции is_cycle(node) в этом алгоритме?

Проверяет, присутствует ли узел в текущем пути.

22. Почему проверка if result в рекурсивном вызове важна для корректной работы алгоритма?

Останавливает рекурсию, если найдено решение.

23. В каких ситуациях алгоритм может вернуть failure?

Если все варианты исследованы и решения нет.

24. Как рекурсивная реализация отличается от итеративного поиска в глубину?

Рекурсивный удобнее записывать, но может вызвать переполнение стека.

25. Какие потенциальные проблемы могут возникнуть при использовании этого алгоритма для поиска в бесконечных деревьях?

Возможность зацикливания или переполнения памяти.

Вывод: были приобретены навыки по работе с поиском в ширину с помощью языка программирования Python версии 3.x