

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет информационных технологий и управления
Кафедра интеллектуальных информационных технологий

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №2
по дисциплине

ЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
СИСТЕМ

Студент гр. 321703

Титов А. В

Проверил:

В. П. Иващенко

Минск 2025

ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Вариант 3

Тема: Программирование операций логического вывода прикладных и неклассических логик.

Цель: Приобрести навыки программирования прикладных систем логического вывода, включая системы неклассического логического вывода.

Задание: Запрограммировать обратный нечёткий логический вывод на основе операции нечеткой композиции ($\max(\{\max(\{0\} \cup \{x_i + y_i - 1 | i\})\})$).

Описание:

Задача заключается в реализации алгоритма обратного нечеткого логического вывода на основе операции нечеткой композиции ($\max(\{\max(\{0\} \cup \{x_i + y_i - 1 | i\})\})$). Входом программы является файл, содержащий нечеткое правило и следствие. Для реализации программы использовался язык программирования Python.

Были использованы следующие структуры данных:

- Список.

Теоретические сведения:

Правило – формула, которой соответствует вычислимая операция над конечными последовательностями формул формального языка, которая позволяет от некоторого утверждения, называемого посылкой, перейти к новому утверждению, называемому заключением.

Обратный нечеткий логический вывод – задача, обратная к задаче прямого логического вывода.

Прямой нечеткий логический вывод – композиция между двумя нечеткими предикатами, один из которых рассматривается как унарный (посылка), а второй бинарный (импликация фактов по заданному правилу).

Нечеткое высказывание – утверждение, в котором истинность оценивается с использованием степени принадлежности к нечеткому множеству.

Нечеткий предикат – это нечеткое множество, значения которого интерпретируются как значения истинности.

Нечеткая импликация нечетких высказываний – это операция, которая определяет отношение между двумя нечеткими высказываниями.

Формат базы знаний

```
<база знаний> ::= <список фактов> | <список правил> <новая строка> <список правил>
<список фактов> ::= <факт> | <факт> <новая строка> <список фактов>
<список правил> ::= <правило> | <правило> <новая строка> <список правил>
<факт> ::= <имя нечёtkого предиката> <равенство> <нечёткое множество>
<правило> ::= <имя нечёtkого предиката> <нечеткая импликация> <имя нечёtkого предиката>
<нечёткое множество> ::= <открывающаяся фигурная скобка> <список пар нечёtkой принадлежности> <закрывающаяся фигурная скобка>
<список пар нечёtkой принадлежности> ::= <пара нечёtkой принадлежности> | <пара нечёtkой принадлежности> <запятая> <список пар нечёtkой принадлежности>
<пара нечёtkой принадлежности> ::= <открывающаяся угловая скобка> <элемент> <запятая> <степень принадлежности> <закрывающаяся угловая скобка>
```

<имя нечеткого предиката> ::= <имя><открывающаяся скобка><имя><закрывающаяся полукруглая скобка>
<элемент> ::= <имя>
<имя> ::= <буква>|<буква><символы>
<символы> ::= <символ>|<символ><символы>
<степень принадлежности> ::= <действительное число с 0 по 1>
<символы> ::= <буква>|<цифра>
<множество> ::= <ориентированное множество> |
<неориентированное множество>
<неориентированное множество> ::= { <список элементов> }
<ориентированное множество> ::= (<элемент>, <список элементов>)
<список элементов> ::= <элемент>, <элемент>, <элемент>
<имя нечёткого множества> ::= <имя>
<действительное число с 0 по 1> ::= <единица>|<единица><точка><нули>|<действительное число с 0 до 1>
<действительное число с 0 до 1> ::= <ноль>|<ноль><точка><цифры>
<нули> ::= <ноль>|<ноль><нули>
<цифра> ::= <цифра>|<цифра><цифры>
<символ> ::= <буква>|<цифра>
<цифра> ::= 0|...|9
<буква> ::= A|...|z
<единица> ::= 1
<ноль> ::= 0
<точка> ::= .
<запятая> ::= ,
<равенство> ::= =
<нечеткая импликация> ::= ~>
<открывающаяся угловая скобка> ::= <
<закрывающаяся угловая скобка> ::= >
<открывающаяся фигурная скобка> ::= {
<закрывающаяся фигурная скобка> ::= }
<открывающаяся полукруглая скобка> ::= (
<закрывающаяся полукруглая скобка> ::=)

Схемы функций программы:

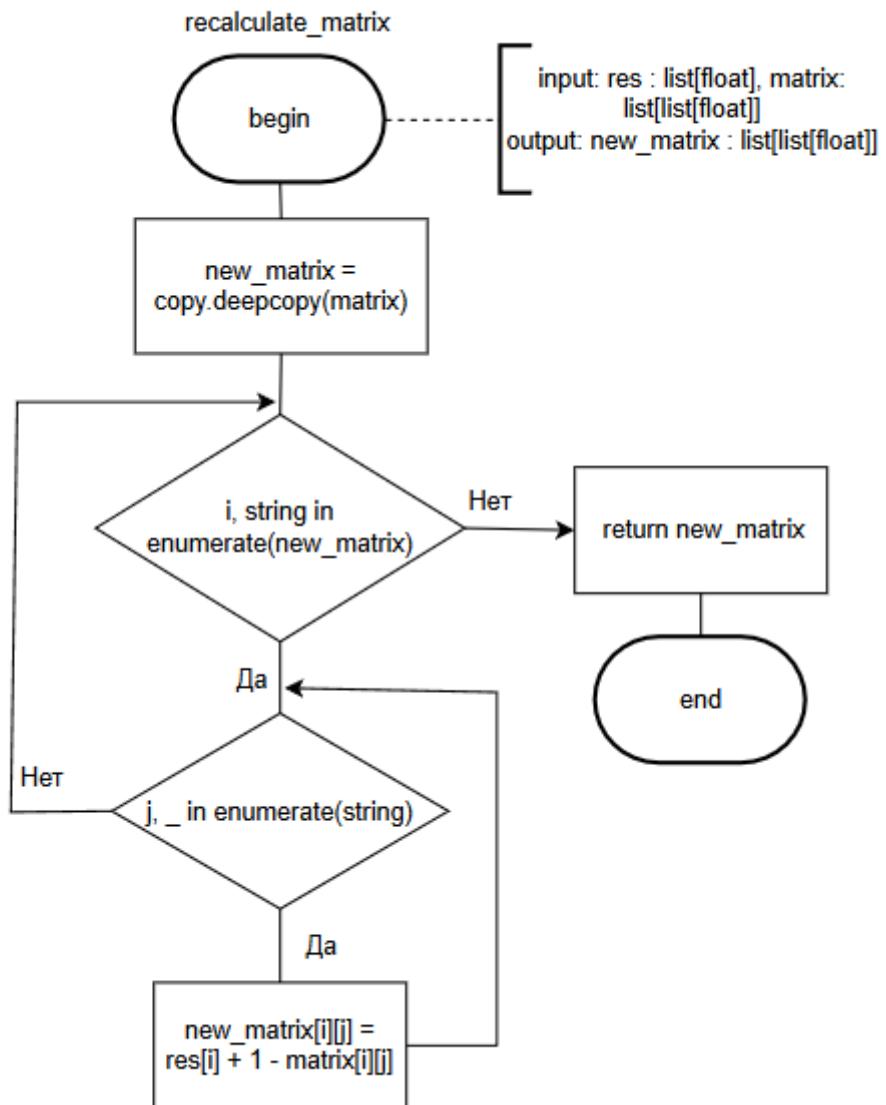


Рис. 1 Функция recalculate_matrix()

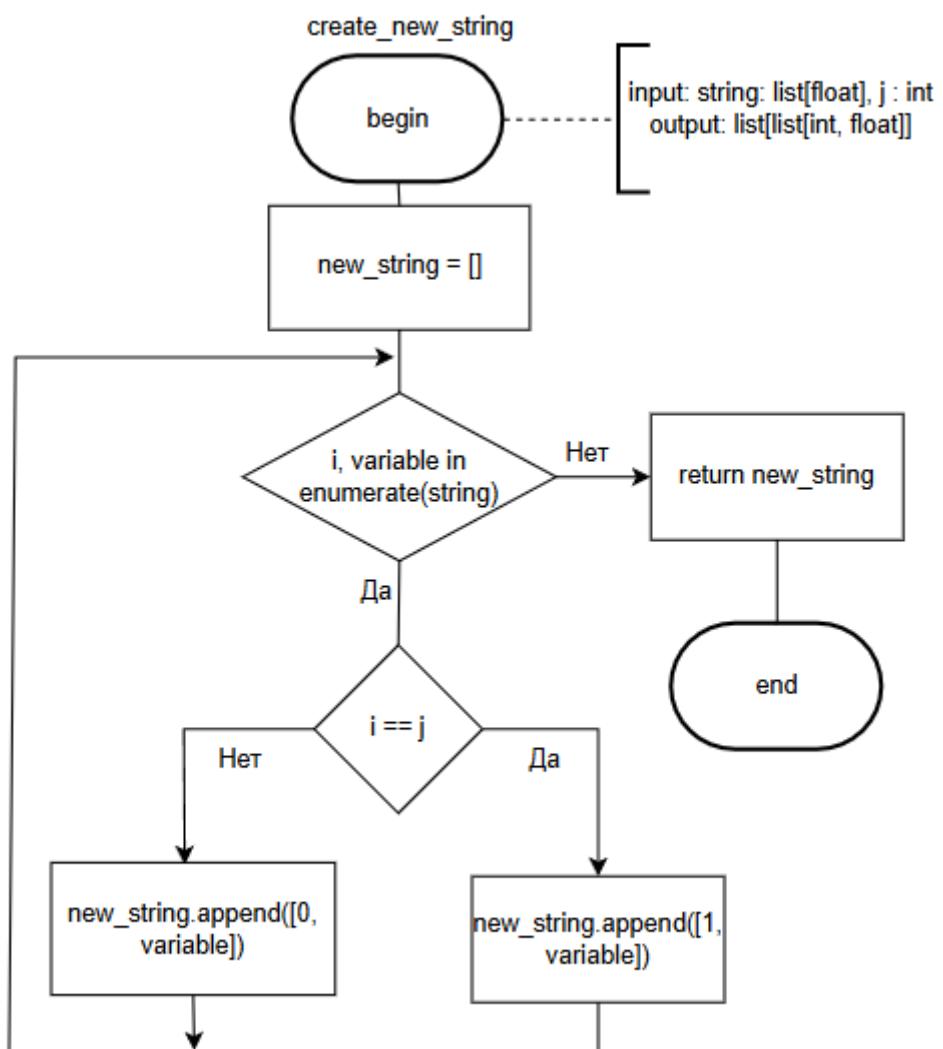


Рис. 2 Функция create_new_string()

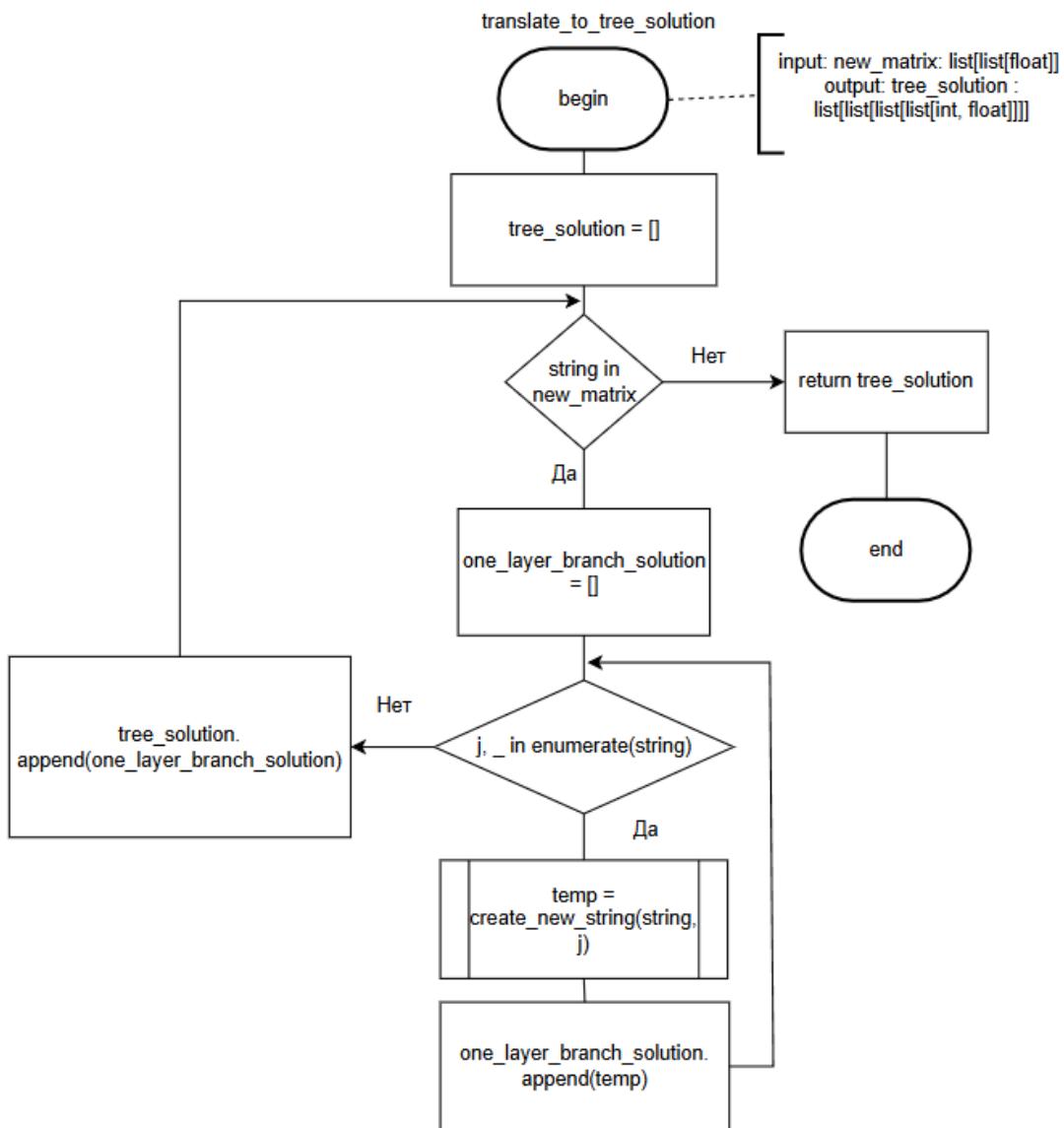


Рис. 3 Функция translate_to_tree_solution()

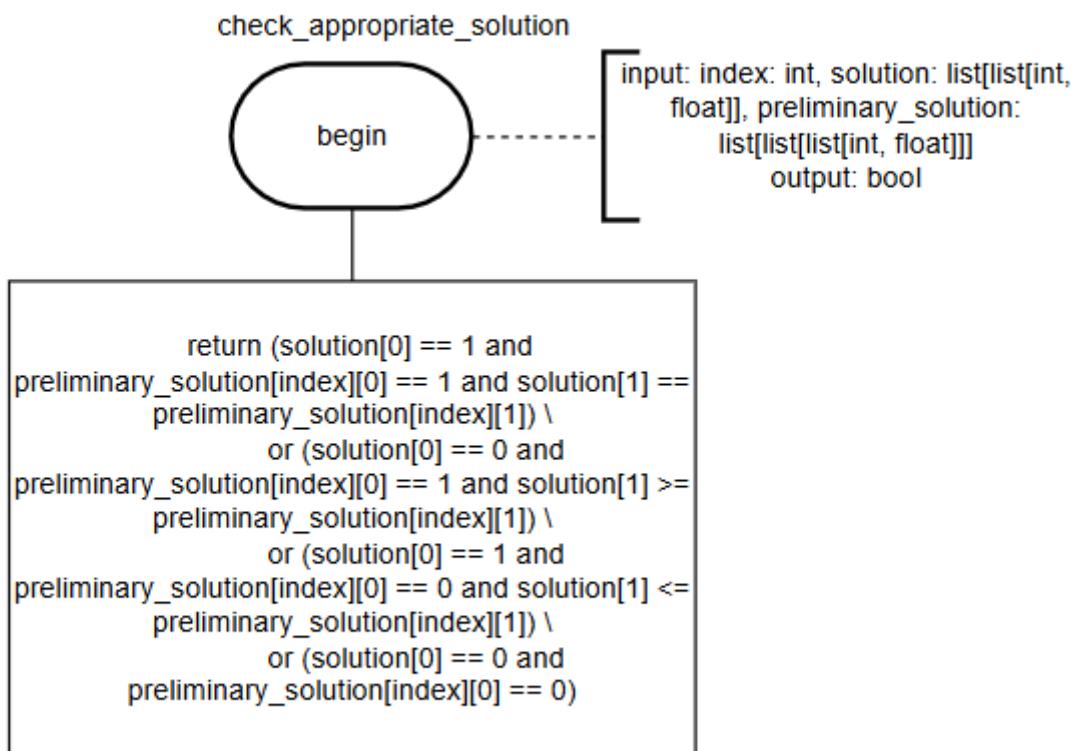


Рис. 4 Функция check_appropriate_solution()

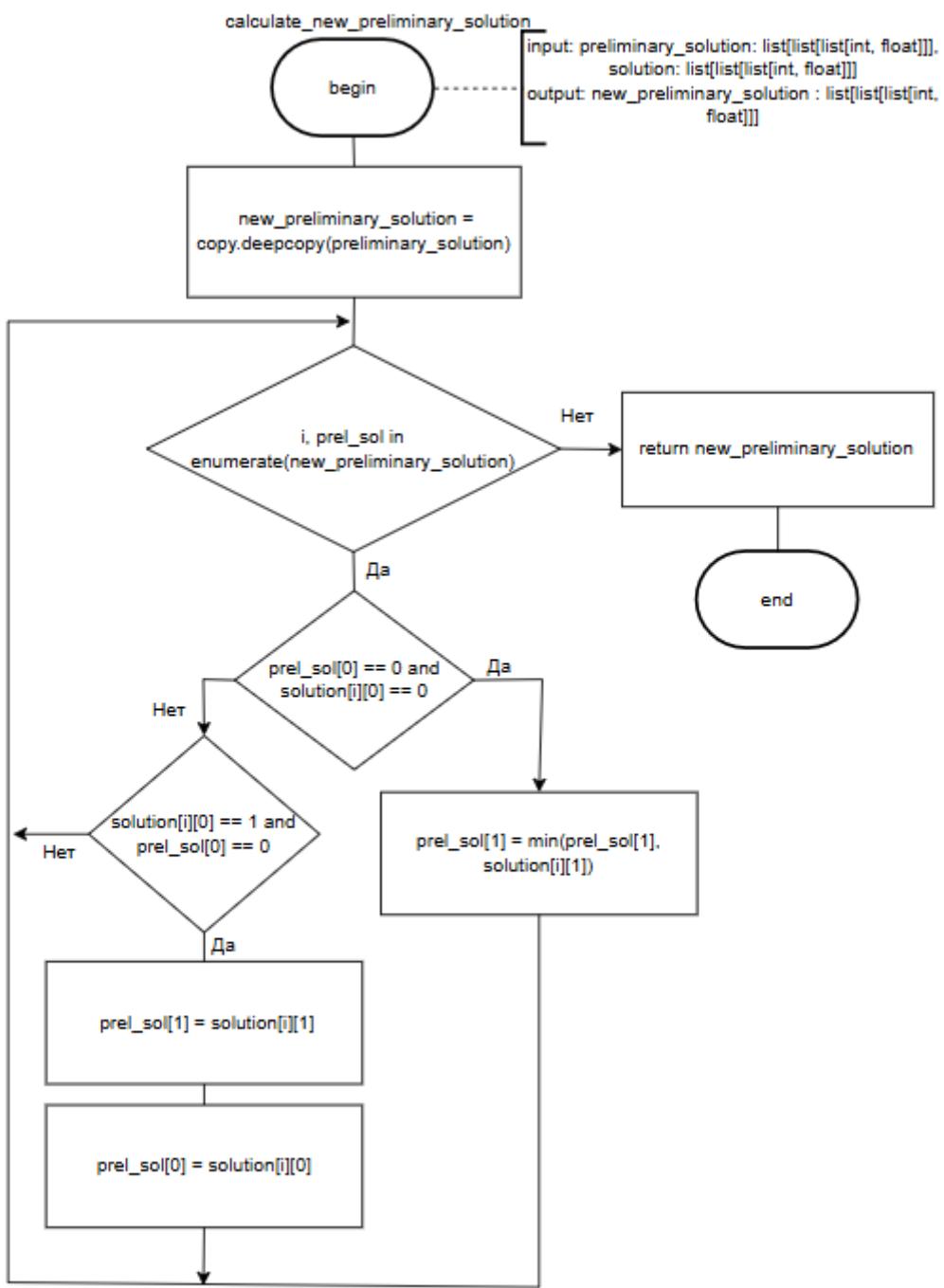


Рис. 5 Функция calculate_new_preliminary_solution()

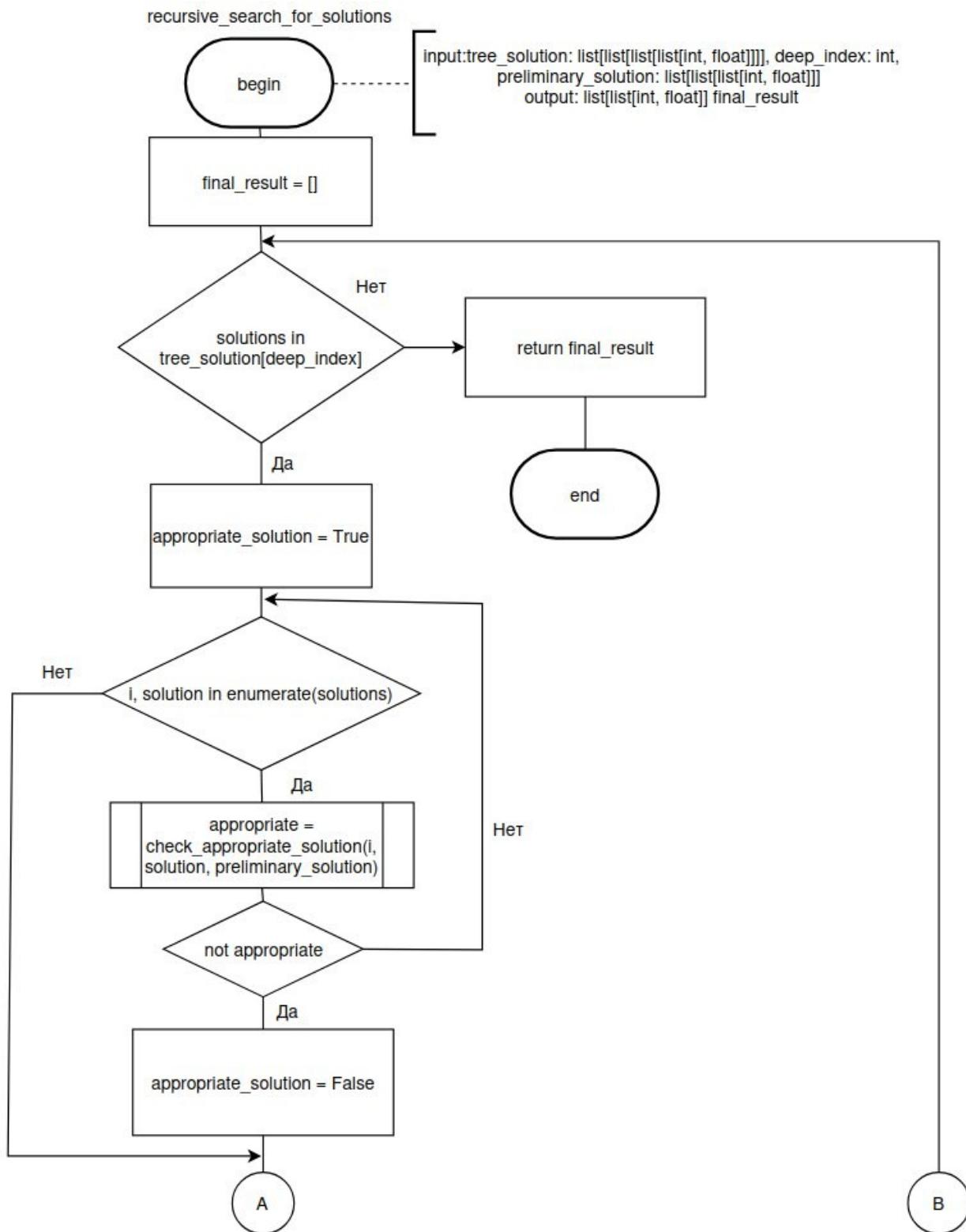


Рис. 6.1 Функция recursive_search_for_solutions()

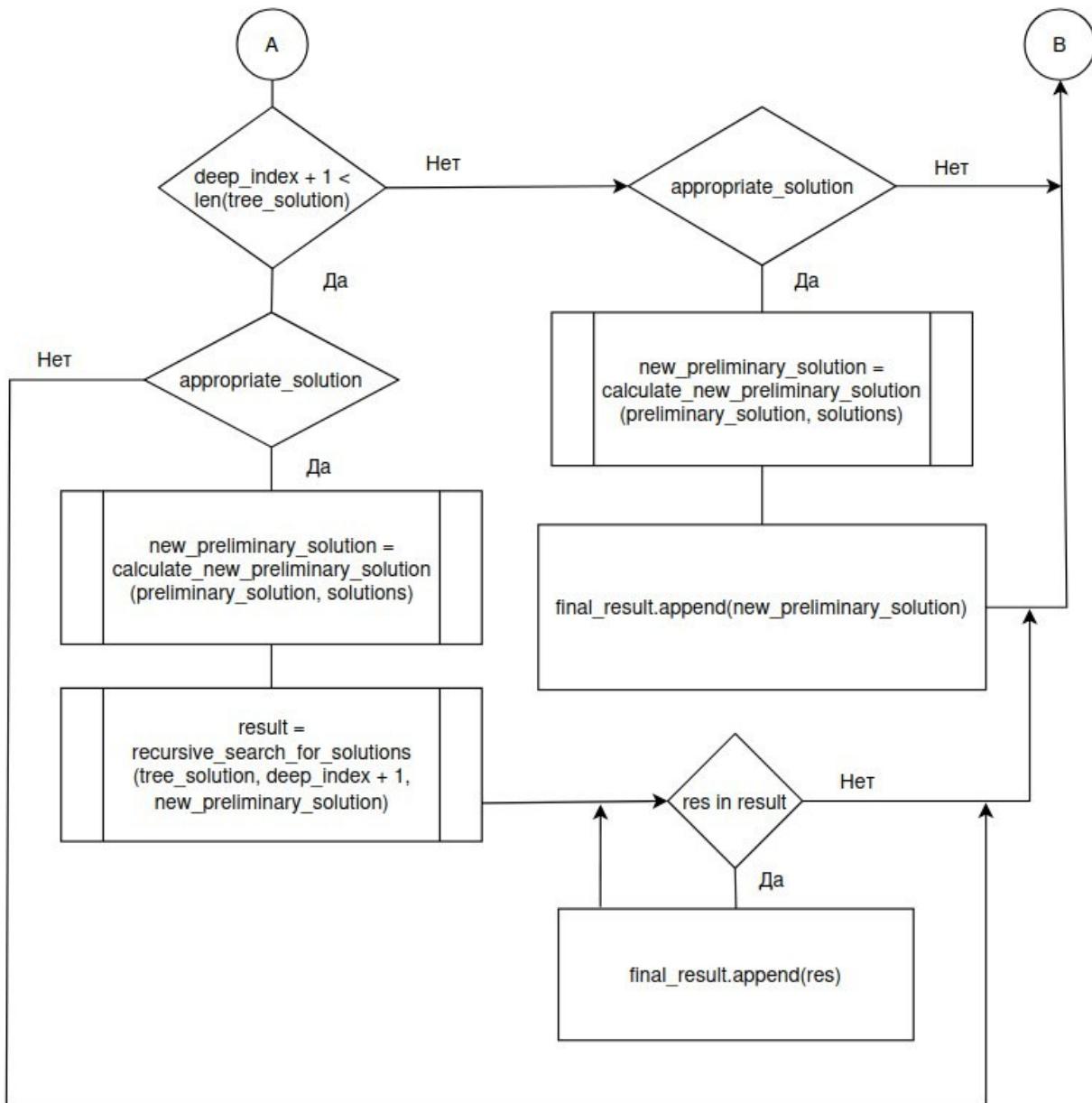


Рис. 6.2 Функция `recursive_search_for_solutions()`

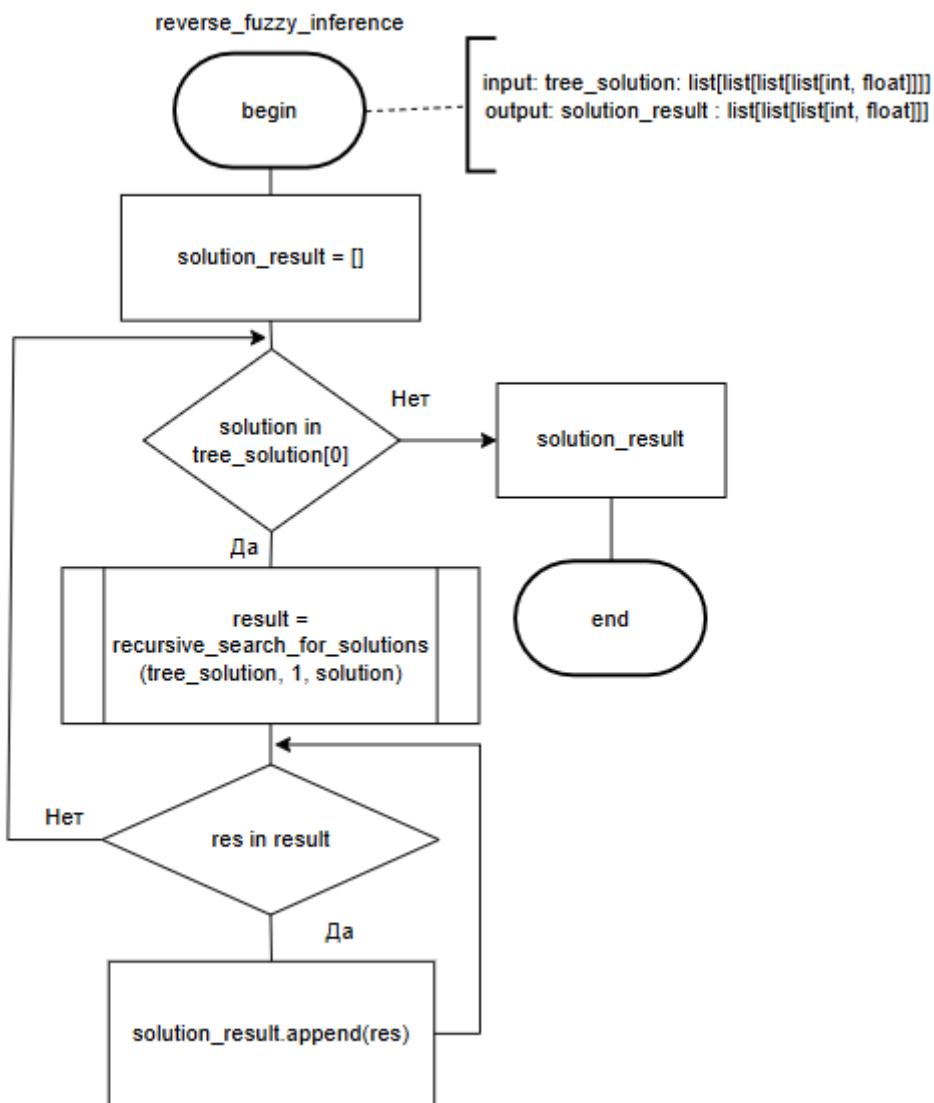


Рис. 7 Функция reverse_fuzzy_inference()

Демонстрация результатов работы программы:

1	y1 y2
2	0.4 0.5
3	
4	x1 x2
5	0.5 0.3
6	0.6 0.5

((A(x1) = 0.9) \ (A(x2) = 1.0))

Рис. 8 Пример 1

1	y1	y2
2	0.4	0.4
3		
4	x1	x2
5	0.6	0.6
6	0.6	0.6

$((A(x1) = 0.8) \wedge (0 \leq A(x2) \leq 0.8)) \vee ((0 \leq A(x1) \leq 0.8) \wedge (A(x2) = 0.8))$

Рис. 9 Пример 2

1	y1	y2
2	0.4	0.4
3		
4	x1	x2
5	1	1
6	0.6	0.6

Решений не найдено

Рис. 10 Пример 3

Ответы на вопросы:

Вопрос 1. Всегда ли существует решение системы уравнений заданной правилом и следствием?

Решение системы, заданной нечетким правилом и следствием, существует не всегда, так как ограничения, получаемые в процессе обратного нечеткого логического вывода, могут оказаться несовместимыми (Рис. 11).

1	y1	y2
2	0.4	0.4
3		
4	x1	x2
5	1	1
6	0.6	0.6

Решений не найдено

Рис. 11 Ответ на вопрос 1

Вопрос 2. При каких правилах и следствии множество наборов значений посыпочного предиката для набора всех аргументов посылки не будет прямым (декартовым) произведением всех множеств значений предиката для каждого аргумента посылки

Для того чтобы множество допустимых значений посыпочного предиката, получаемое при

обратном нечётком логическом выводе, не являлось декартовым произведением, должны одновременно выполняться следующие условия:

1. Значение следствия должно быть положительным.
2. Одно и то же следствие должно быть достижимо по правилу более чем одним аргументом посылки (Рис.12).

1	y1	y2
2	0.3	0.3
3		
4	x1	x2
5	0.8	0.8
6	0.8	0.8

((A(x1) = 0.5) \ (0 <= A(x2) <= 0.5)) \ ((0 <= A(x1) <= 0.5) \ (A(x2) = 0.5)))

Рис. 12 Ответ на вопрос 2

Вопрос 3. Какое минимальное количество переменных необходимо при выполнении условий предыдущего вопроса?

При выполнения условий предыдущего вопроса необходимом минимум две переменные (Рис.12).

СОСТАВ БРИГАДЫ:

Головач Владислав Дмитриевич

Остров Михаил Андреевич

Титов Артём Вадимович

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД

В ходе выполнения данной лабораторной работы разработал и протестировал программную реализацию алгоритма обратного нечеткого логического вывода.

ВЫВОД

В ходе выполнения лабораторной работы были получены практические навыки реализации методов нечёткой логики, а именно обратного нечёткого логического вывода на основе операции нечёткой композиции ($\max(\{\max\{0\} \cup \{x_i + y_i - 1 | i\})$). Был разработан алгоритм, реализованный на языке программирования Python, позволяющий по заданным значениям выходных нечетких переменных и матрице нечеткого отношения, определять допустимые значения входных нечетких переменных. При помощи разработанного программного продукта нам удалось построить корректные обратные выводы для нескольких случаев, а также дать ответы на контрольные вопросы, прилагающиеся к лабораторной работе.

Теоретические сведения были взяты из следующих источников:

1. Логические основы интеллектуальных систем. Практикум: учебно-методическое пособие / В. В. Голенков, В. П. Иващенко, Д. Г. Колб, К. А. Уваров. – Минск: БГУИР, 2011.
2. <https://github.com/rastsislaux>
3. <https://clck.ru/3QU9ss>