

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. Ивашенко

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 нечёткой композиции ( $\max(\{\max(\{0\} \cup \{x_i + y_i - 1 | i\})$ ). Входом программы является файл, содержащий нечёткое правило и следствие. Для реализации программы использовался язык программирования Python.

Были использованы следующие структуры данных:

– Список.

### Теоретические сведения:

Правило – формула, которой соответствует вычисляемая 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 нечёткого предиката><равенство><нечёткое множество>

<правило>::= <имя нечёткого предиката><нечеткая импликация><имя нечёткого предиката>.

<нечёткое множество>::=<открывающаяся фигурная скобка><список пар нечёткой принадлежности><закрывающаяся фигурная скобка>

<список пар нечёткой принадлежности>::=<пара нечёткой принадлежности>|<пара нечёткой принадлежности><запятая><список пар нечёткой принадлежности>

<пара нечёткой принадлежности>::=<открывающаяся угловая скобка><элемент><запятая><степень принадлежности><закрывающаяся угловая скобка>

<имя нечеткого предиката>::= <имя><открывающаяся полукруглая  
 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:

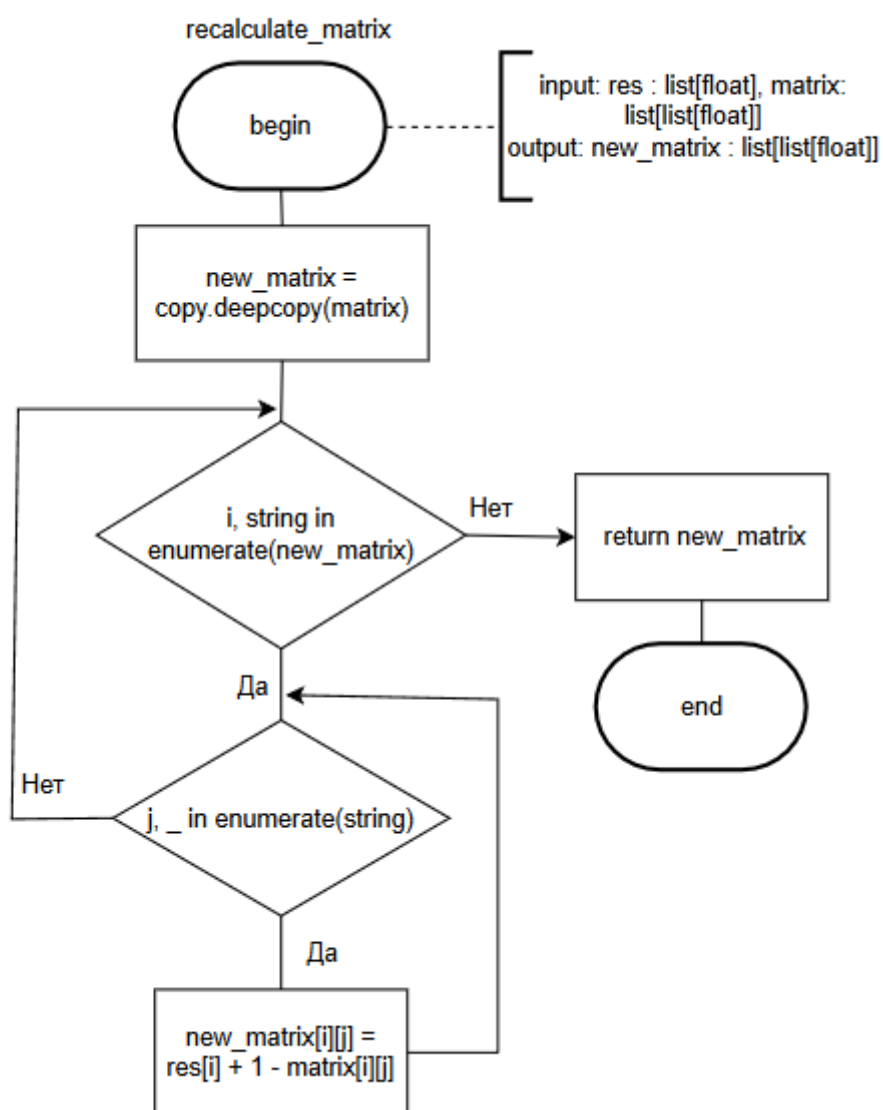


Рис. 1 Функция recalculate\_matrix()

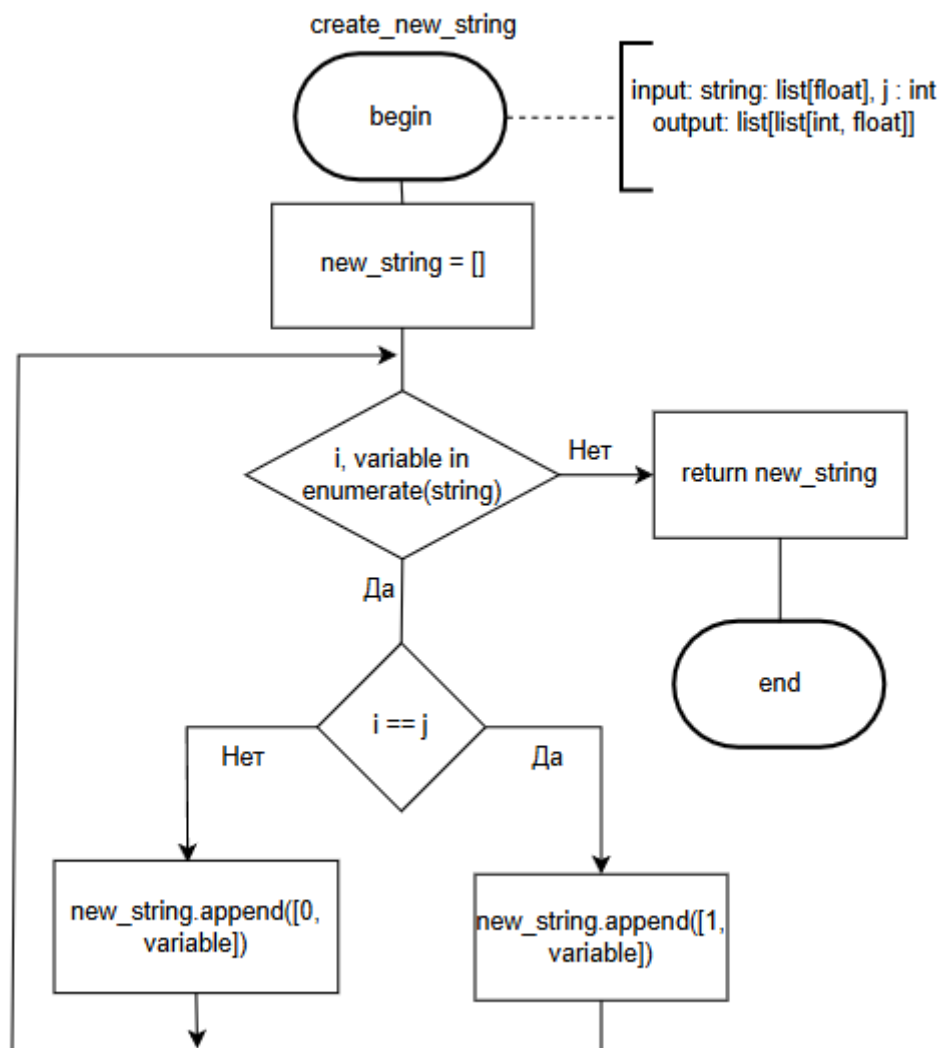


Рис. 2 Функция create\_new\_string()

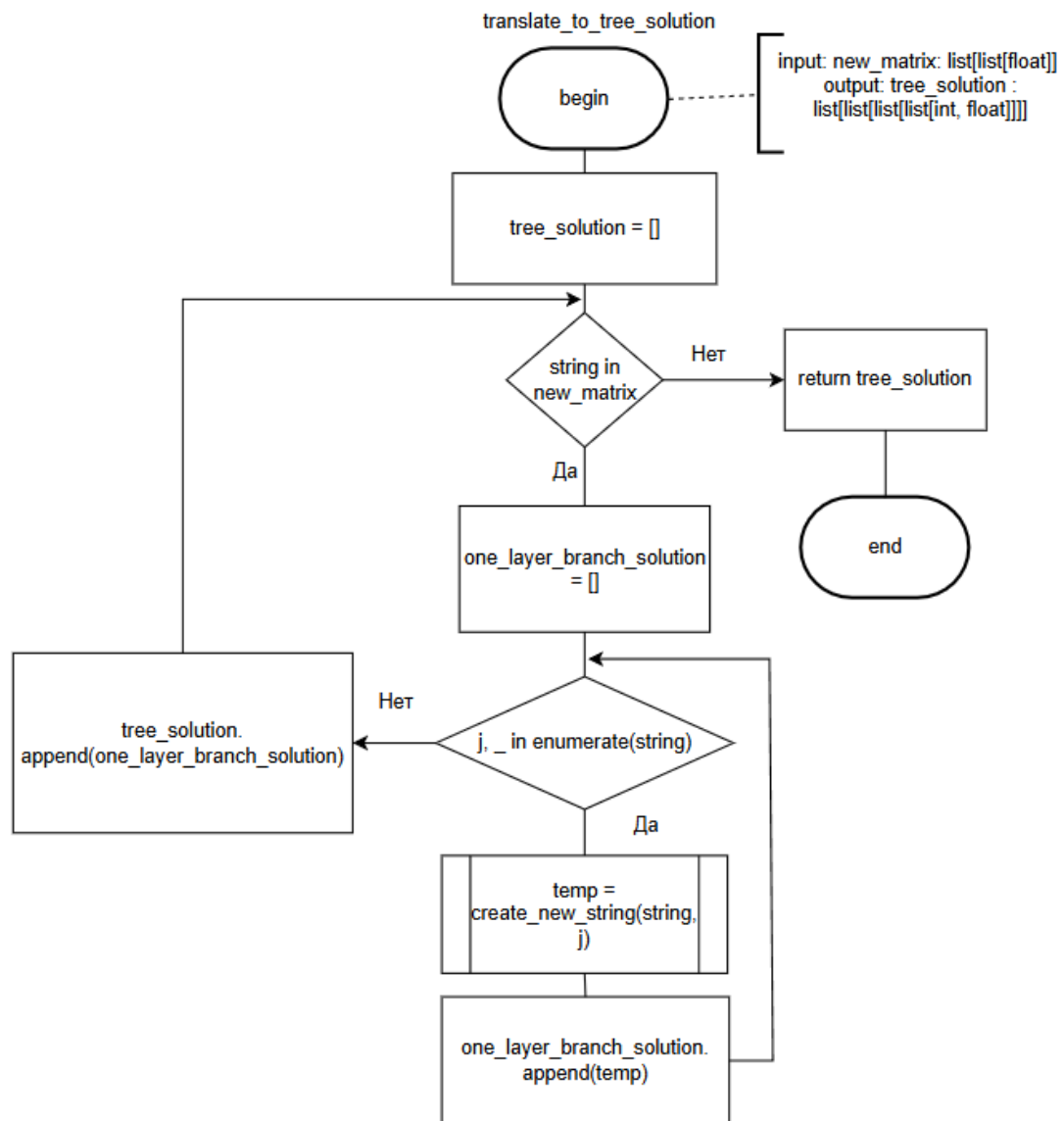


Рис. 3 Функция translate\_to\_tree\_solution()

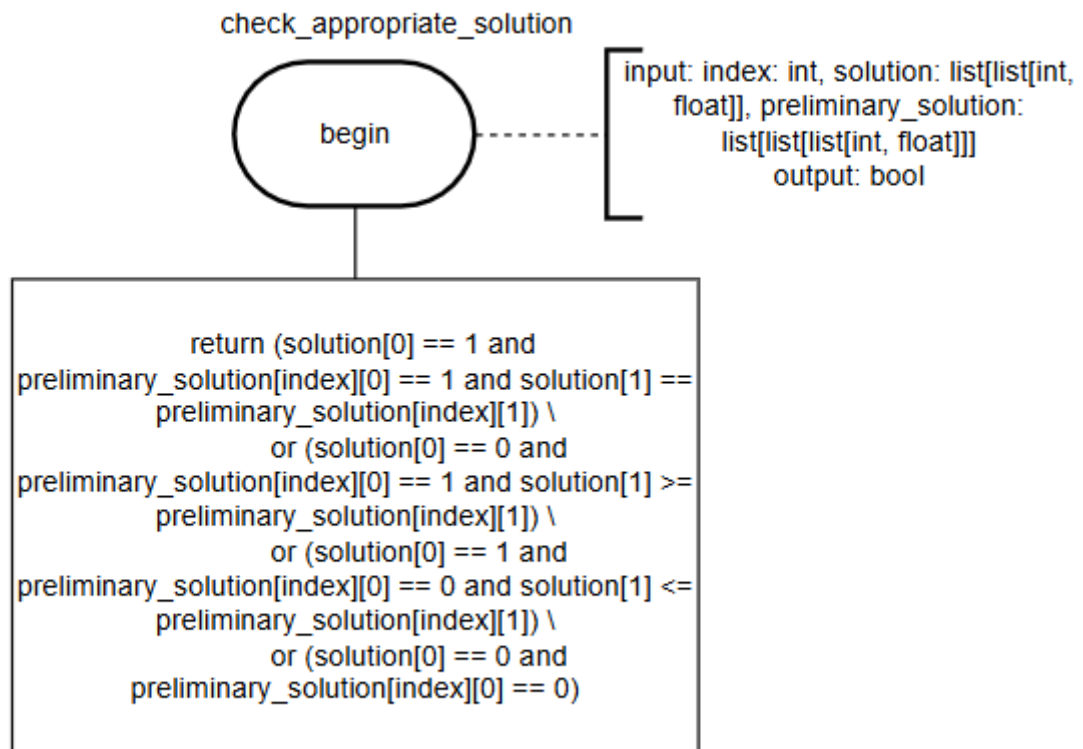


Рис. 4 Функция check\_appropriate\_solution()

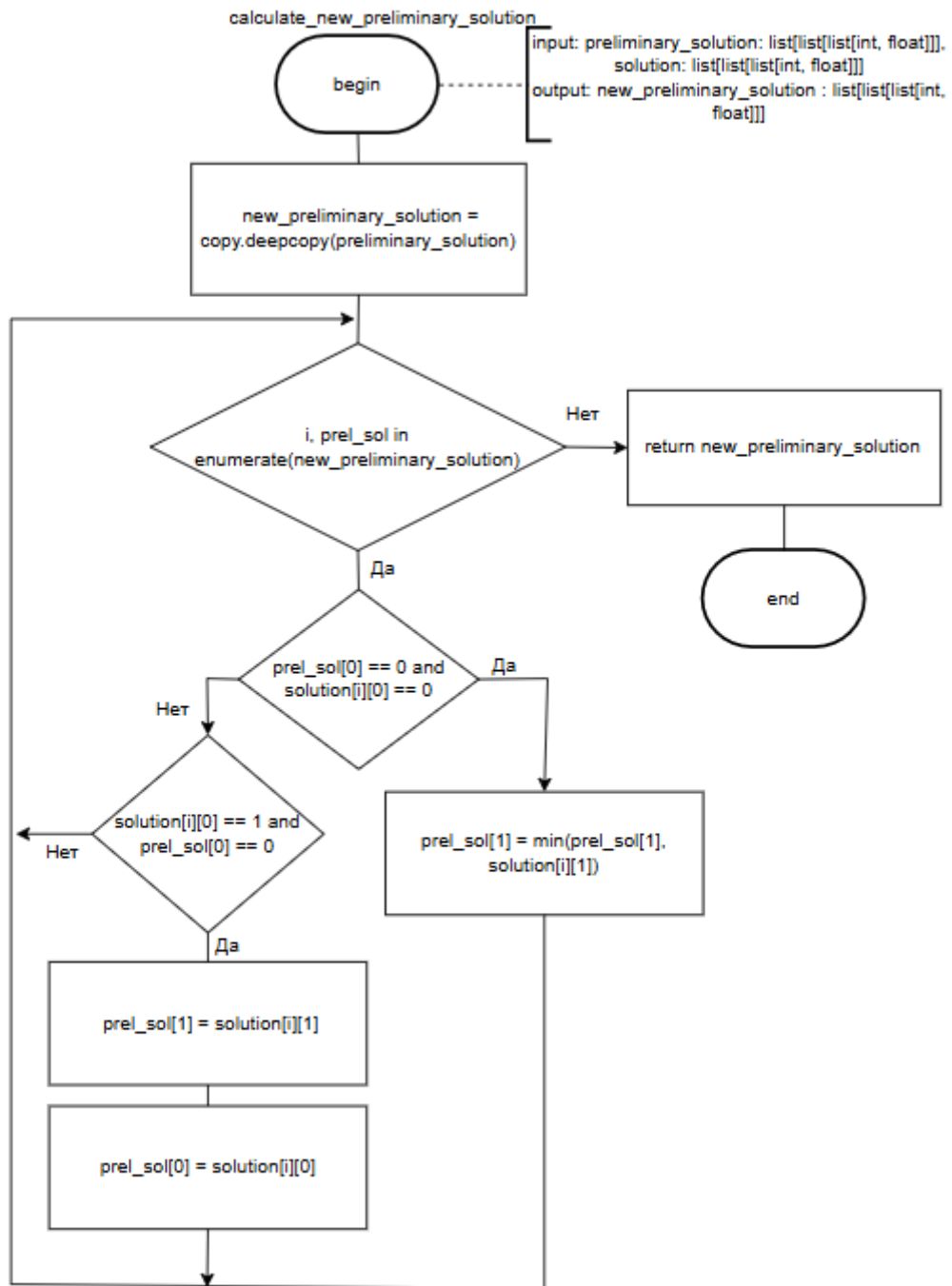


Рис. 5 Функция calculate\_new\_preliminary\_solution()



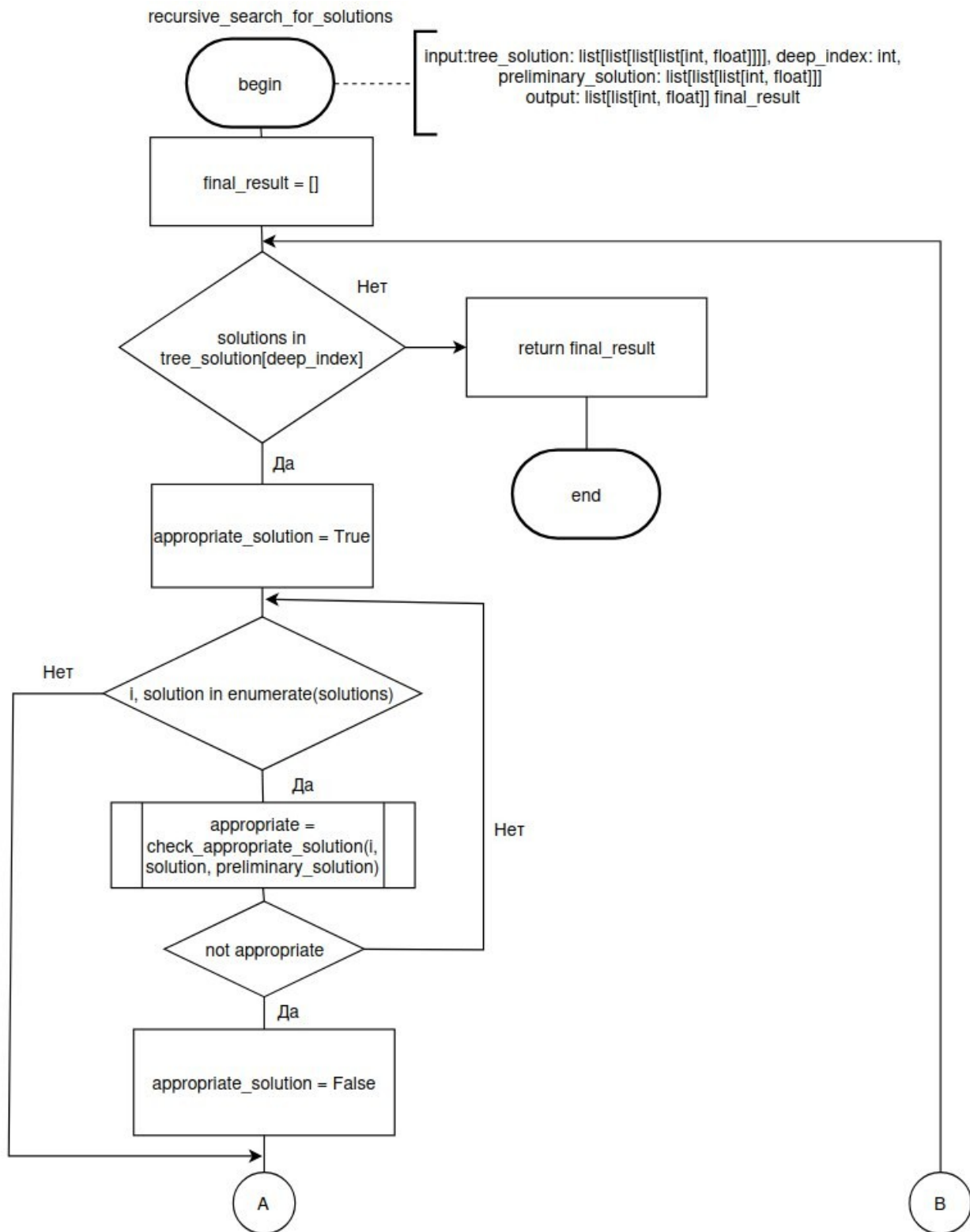


Рис. 6.1 Функция recursive\_search\_for\_solutions()

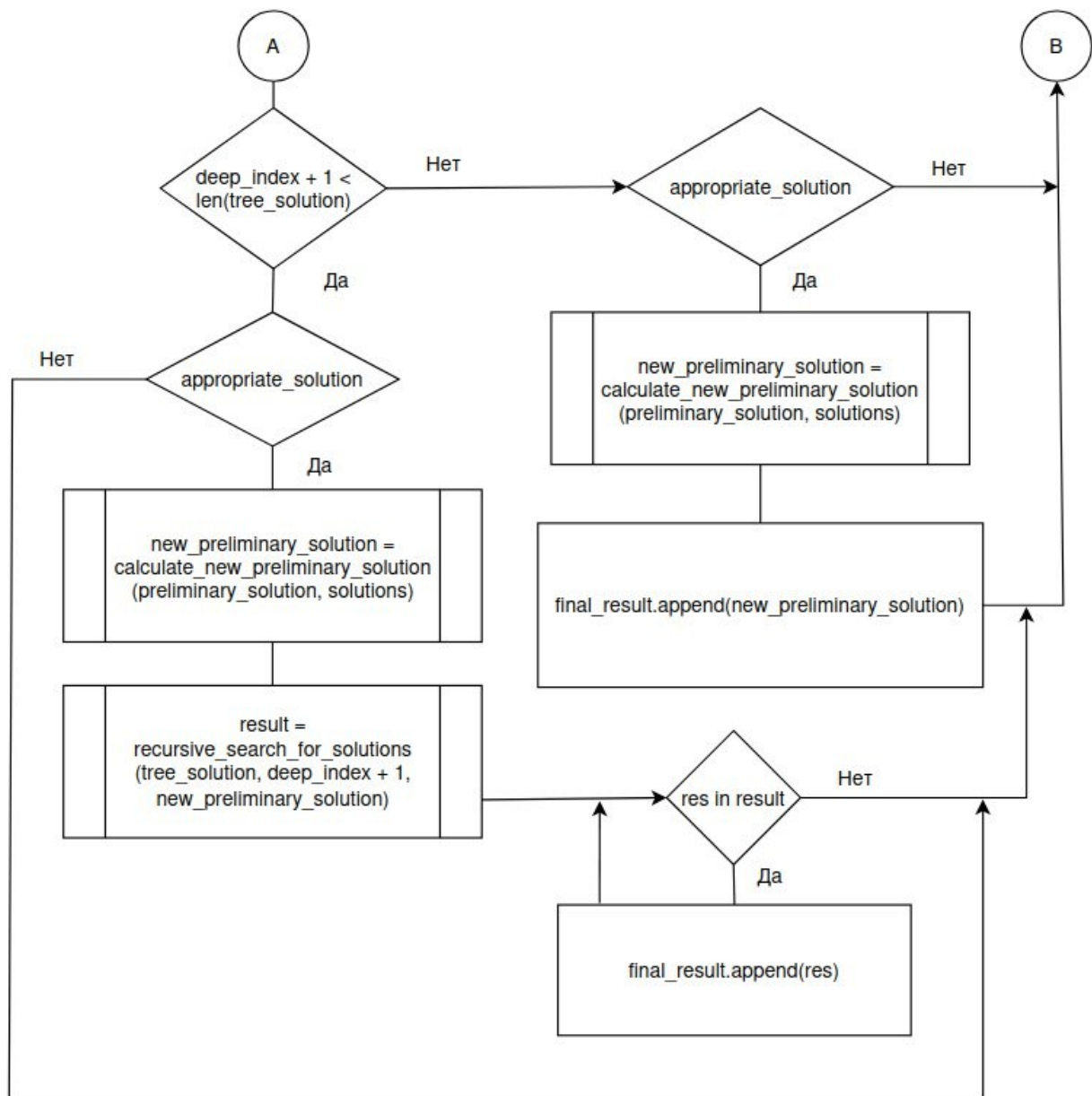


Рис. 6.2 Функция recursive\_search\_for\_solutions()

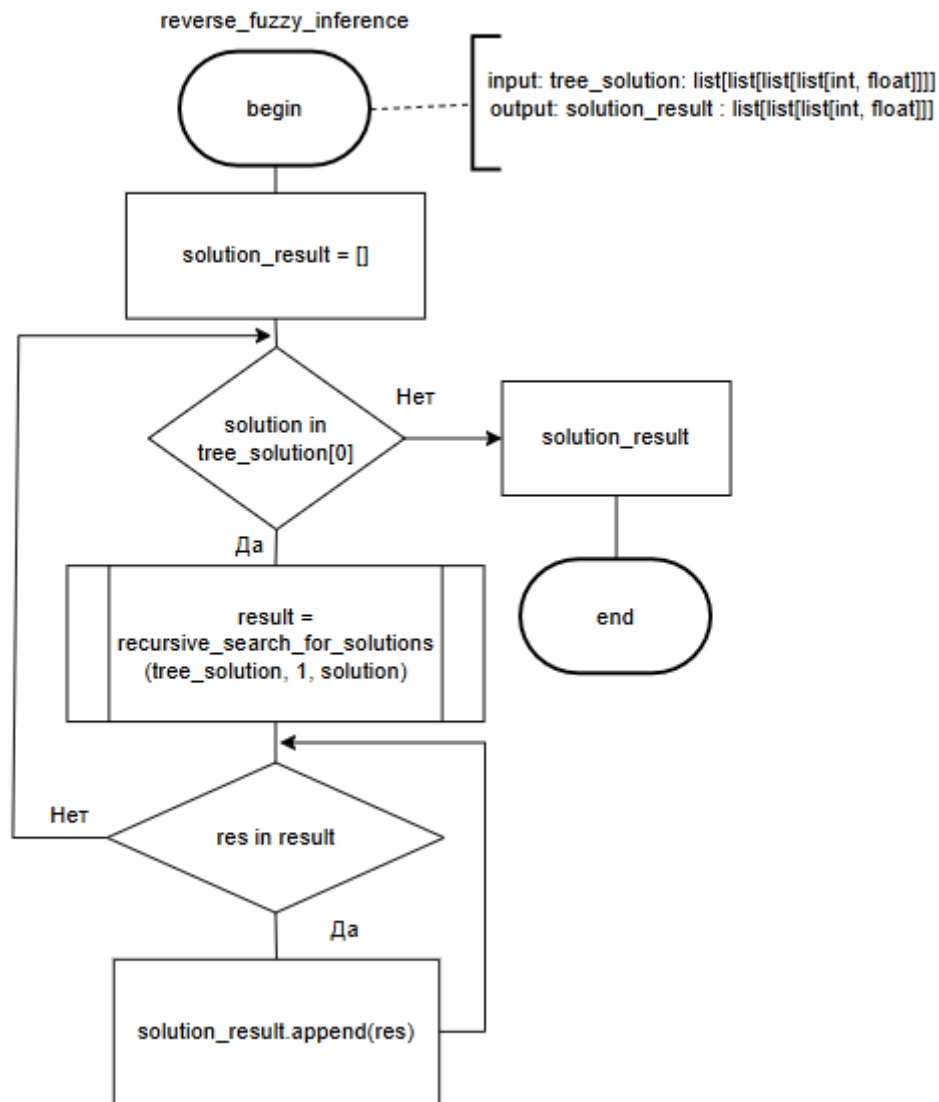


Рис. 7 Функция reverse\_fuzzy\_inference()

**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

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

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 посылочного 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 посылочного 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

$((A(x1) = 0.5) / ((0 \leq A(x2) \leq 0.5)) / ((0 \leq A(x1) \leq 0.5) / (A(x2) = 0.5)))$

Рис. 12 Ответ на вопрос 2

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

При выполнении 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. Ивашенко, Д. Г. Колб, К. А. Уваров. – Минск: БГУИР, 2011.
2. <https://github.com/rastsislaux>
3. <https://clck.ru/3QU9ss>