

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 01.09.2025

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabb75e945d14a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

« 30 » 10

2025 г.



Стратегии параллельных выводов (модель «перевёрнутого образования»): методические указания к практическим занятиям для магистров направления 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Курск 2025

УДК 004

Составитель: Е.А. Титенко

Рецензент

Кандидат технических наук *И.Н. Ефремова*

Стратегии параллельных выводов (модель «перевернутого образования»): методические указания к практическим занятиям для магистров направления 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.А. Титенко. - Курск, 2025. 13 с. Библиогр.: с. 13.

Приводится описание стратегий параллельных выводов для продукционной системы. Приведены теоретические положения, основные правила построения конфликтных слов, практические примеры и практические задания.

Методические рекомендации предназначены для магистров направления 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника».

Текст печатается в авторской редакции.

Подписано в печать *30.10.25*. Формат 60x84 1/16.
Усл.печ. л. 0,75 п.л. Уч.-изд. л. 0,68. Тираж 100 экз. Заказ. *1241*
Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель практического занятия:

Изучение цикла работы машины вывода; разработка и реализация стратегий параллельных продукционных выводов; приобретение практических навыков распараллеливания вычислений с использованием стратегий выводов.

1 Основные понятия

Как известно из теории алгоритмов, существует два типа генераторов вариантов решений: алгоритмы и исчисления. Проблемная ситуация в выборе адекватного генератора для задач поддержки принятия решений в экспертной системе (ЭС) заключается в том, что алгоритмическая реализация процессов генерации приводит к непродуктивным затратам времени, вследствие последовательного (полного или неполного) перебора путей в дереве возможных решений с возвратами в вершины альтернативных направлений.

Цель лабораторной работы – моделирование параллельных стратегий вывода И-ИЛИ- деревьев на основе продукционных исчислительных систем.

1.1 Цикл работы машины вывода

ЭС с точки зрения теоретического проектирования описывается множеством вида :

$$\{R, B, I\},$$

где R – область данных в рабочем алфавите \mathcal{R} ;

B – база знаний (БЗ) в виде исчислительной системы продукций;

I – интерпретатор продукций (машина вывода).

Машина вывода – это модель технического устройства или алгоритм, конкретизирующая состав и взаимодействие модулей обработки области данных системой продукций. Теоретически I описывается множеством вида:

$$I = \{R, C, V, S, K, W\},$$

где R – модуль проверки корректности распараллеливания;

C – модуль синтеза конфликтных слов;

V – модуль выборки из R и B множества активных данных и множества активных продукций;

S – модуль сопоставления, определяющий множество вхождений образцов продукций и конфликтных слов во входные символьные строки;

К – модуль разрешение конфликтов при сопоставлении;

W – модуль выполнение выбранных продукций.

Цикл работы машины вывода (рис.1) состоит в последовательном выполнении четырех модулей: модуля выборки, модуля сопоставления, модуля разрешения конфликтов и модуля выполнения. Разнообразие конкретных реализаций модулей выборки, сопоставления, разрешения конфликтов и выполнения определяет общую стратегию вывода решений в ЭС. При этом модуль разрешения конфликтов является определяющим в скорости генерации текущего яруса дерева вывода.

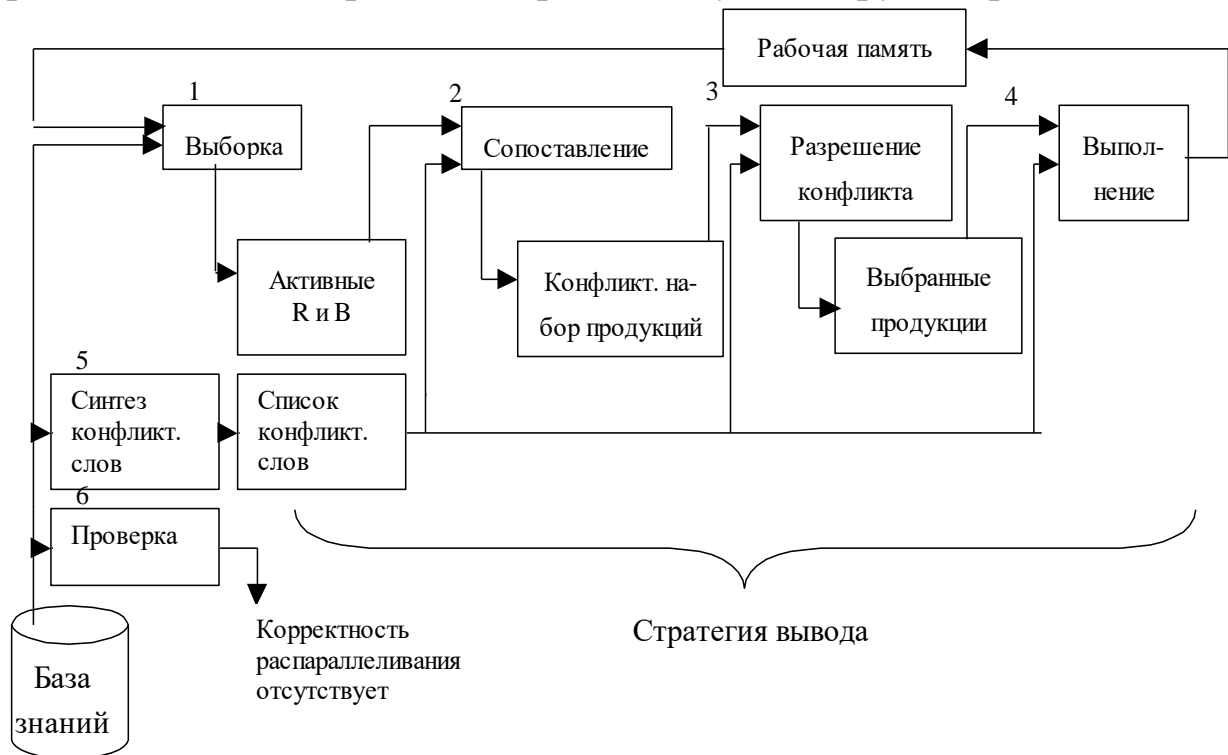


Рис.1 Цикл работы машины вывода

1.2 Модуль формирования списка конфликтных слов

Результатом работы модуля синтеза конфликтных слов является список L конфликтных слов, упорядоченный по убыванию их длин. Каждый элемент списка имеет следующую структуру:

K_i	N_p
-------	-------

где K_i – конфликтное слово;

N_p – множество номеров конфликтующих продукций.

Список L служит основой для составления расширенного списка L' вхождений. Расширенный список L' состоит из упорядоченных по убыванию конфликтных слов, взятых без повторов, и образцов продукций, причем при равенстве длин i -ого конфликтного слова и j -ого образца порядок следования элементов в L' $\{.. K_i, O_j, ..\}$.

Структура элемента-образца L'

O_j	j
-------	-----

где j – номер продукции.

Под конфликтным словом условимся понимать слово, получаемое как объединение i -ого и j -ого образцов с общей частью ($i \neq j$). Ниже приведен полный перечень вариантов пересечений образцов и вариантов синтеза конфликтных слов на их основе

$$\begin{array}{cccc}
 \begin{array}{c} a \ b \ | \ s \ d \\ s \ | \ a \ b \\ \hline absd \cup^k sab = \\ \hline sabsd \end{array} &
 \begin{array}{c} a \ b \ | \ s \ d \\ \ | \ s \ d \ | \\ \hline absd \cup^k sdl = \\ \hline absdl \end{array} &
 \begin{array}{c} a \ b \ | \ s \ d \\ \ | \ b \ s \\ \hline absd \cup^k bs = \\ \hline absd \end{array} &
 \begin{array}{c} \ | \ b \ s \\ a \ b \ | \ s \ d \\ \hline bs \cup^k absd = \\ \hline absd \end{array} ,
 \end{array}$$

где \cup^k – операция объединения

Таким образом, в основе первого конструктивного процесса синтеза конфликтных слов используется логическое условие пересечения двух слов в виде конструктивной дизъюнкции /5/

$$(O_i^H = O_j^K) \vee (O_i^K = O_j^H) \vee (O_i \subset O_j) \vee (O_j \subset O_i) = 1 \quad (1).$$

Вместе с тем для выявления всех ситуаций конфликтов образцов необходимо применять данный конструктивный процесс объединения слов к уже полученным конфликтным словам, что найдет свое отражение в модификации конструктивной дизъюнкции (2):

$$(K_i^H = K_j^K) \vee (K_i^K = K_j^H) \vee (K_i \subset K_j) \vee (K_j \subset K_i) = 1 \quad (1^a).$$

Истинное значение (2) предписывает синтезировать новое конфликтное слово и добавить его в список конфликтных слов к уже существующим.

Таким образом, процесс синтеза конфликтных слов носит рекурсивный характер, поэтому необходимо дополнительно проверять условие заикливания.

Теорема о заикливании. Пусть задано продукционное исчисление и пусть для него существуют пара продукций (i, j) , для которых истинна конструктивная конъюнкция

$$(O_i^H = O_j^K) \& (O_i^K = O_j^H) = 1 \quad (2)$$

или пара конфликтных слов, для которых истинна конструктивная конъюнкция

$$(K_i^H = K_j^K) \& (K_i^K = K_j^H) = 1. \quad (2^a).$$

Тогда синтез конфликтных слов не завершается за конечное число шагов, т.е. список L является бесконечным.

1.3 Стратегии параллельных выводов

В лабораторной работе рассматриваются следующие параллельные стратегии выводов: ИЛИ-параллельный продукционный вывод: И - параллельный продукционный вывод, И-ИЛИ-параллельный продукционный вывод, равноправный вывод.

Стратегия ИЛИ-параллельного вывода

Под стратегией ИЛИ-параллельного продукционного вывода условимся понимать следующие способы инициализации продукций:

1. неконфликтующая продукция однократно применима к обрабатываемому слову с позиции минимального вхождения его образца;
2. конфликтующие продукции равноправно применимы к обрабатываемому слову по его копиям;

отсутствие вхождений всех образцов в обрабатываемое слово является признаком прекращения процесса вывода.

Стратегия И- параллельного вывода

Под стратегией И- параллельного продукционного вывода условимся понимать следующие способы инициализации продукций:

1. неконфликтующие продукции независимо применимы к обрабатываемому слову с минимальных позиций независимых вхождений их образцов;
2. конфликтующие продукции последовательно по одной применимы к обрабатываемому слову по его копиям;
3. отсутствие вхождений всех образцов в обрабатываемое слово является признаком прекращения процесса вывода.

Независимое срабатывание не конфликтующих продукций достигается за счет модификации структуры обрабатываемого слова S . Под модификацией условимся понимать возможность разбиения обрабатываемого слова S на независимые фрагменты в позициях вхождения образцов. Фрагментация данных позволит реализовывать процессы подстановки независимо по каждому выделенному фрагменту.

2 Примеры реализации параллельных продукционных стратегий выводов

Пусть задано продукционное исчисление B , в котором все продукции являются активными:

$$B = \begin{cases} 1. abs \rightarrow mpk \\ 2. bsd \rightarrow pka \\ 3. ab \rightarrow dlb \\ 4. def \rightarrow bs \\ 5. ad \rightarrow lmp \end{cases}$$

Определим список конфликтных слов и на его основе синтезируем расширенный список вхождений L'

$$K = \begin{cases} \{ab,abs\} = ab \\ \{abs,bsd\} = bs \\ \{def,ad\} = d \\ \{bsd,ab\} = b \\ \{bsd,def\} = d \end{cases} \quad K = \begin{cases} K_1^1 = abs \quad (1,3) \\ K_2^1 = absd \quad (1,2) \\ K_3^1 = adef \quad (4,5) \\ K_4^1 = absd \quad (2,3) \\ K_5^1 = bsdef \quad (2,4) \end{cases} \quad K = \begin{cases} K_1^1 = abs \quad (1,3) \\ K_2^1 = absd \quad (1,2,3) \\ K_3^1 = adef \quad (4,5) \\ K_4^1 = bsdef \quad (2,4) \end{cases}$$

Анализ конфликтных слов 1-ого уровня в соответствии с (1^a) выявляет ситуации их попарного пересечения, что обуславливает добавление конфликтных слов второго уровня.

$$K = \begin{cases} \{abs,absd\} = abs \\ \{abs,bsdef\} = bs \\ \{absd,bsdef\} = bsd \end{cases} \quad K = \begin{cases} K_1^1 = abs \quad (1,3) \\ K_2^1 = absd \quad (1,2,3) \\ K_3^1 = adef \quad (4,5) \\ K_4^1 = bsdef \quad (2,4) \\ K_1^2 = absd \quad (1,2,3) \\ K_2^2 = absdef \quad (1,2,3,4) \\ K_3^2 = absdef \quad (1,2,3,4) \end{cases} \quad K = \begin{cases} K_1^1 = abs \quad (1,3) \\ K_2^1 = absd \quad (1,2,3) \\ K_3^1 = adef \quad (4,5) \\ K_4^1 = bsdef \quad (2,4) \\ K_1^2 = absdef \quad (1,2,3,4) \end{cases}$$

Расширенный список L' будет иметь следующий вид, при этом конфликтное слово $abs(1,3)$ в нем предшествует равному по длине слову $bsd(2)$

$$L' = \left\{ \begin{array}{c} \boxed{absdef} \quad \boxed{1,2,3,4} \\ \boxed{bsdef} \quad \boxed{2,4} \quad , \quad \boxed{absd} \quad \boxed{1,2,3} \quad , \quad \boxed{adef} \quad \boxed{4,5} \quad , \quad \boxed{abs} \quad \boxed{1,3} \\ \boxed{bsd} \quad \boxed{2} \quad \quad \boxed{ab} \quad \boxed{3} \quad \quad \boxed{def} \quad \boxed{4} \quad \quad \boxed{ad} \quad \boxed{5} \end{array} \right\}$$

Пусть обрабатываемое слово имеет вид $S=absdbs\#adefdefabs$, где $\#$ - метасимвол, не принадлежащий рабочему алфавиту \mathfrak{R} и трактуемый как разделитель. Следовательно, $S=S_1\#S_2$, где $S_1=absdbs$, $S_2=adefdefabs$.

Рассматривается ИЛИ- параллельный продукционный вывод над S_1
(рис.2)

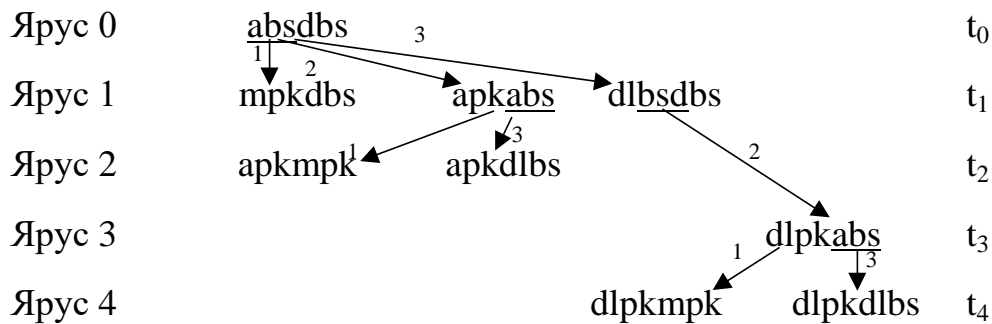


Рис.2 Дерево ИЛИ-вывода над S_1

Далее рассматривается ИЛИ- параллельный вывод над вторым словом S_2 (рис.3)

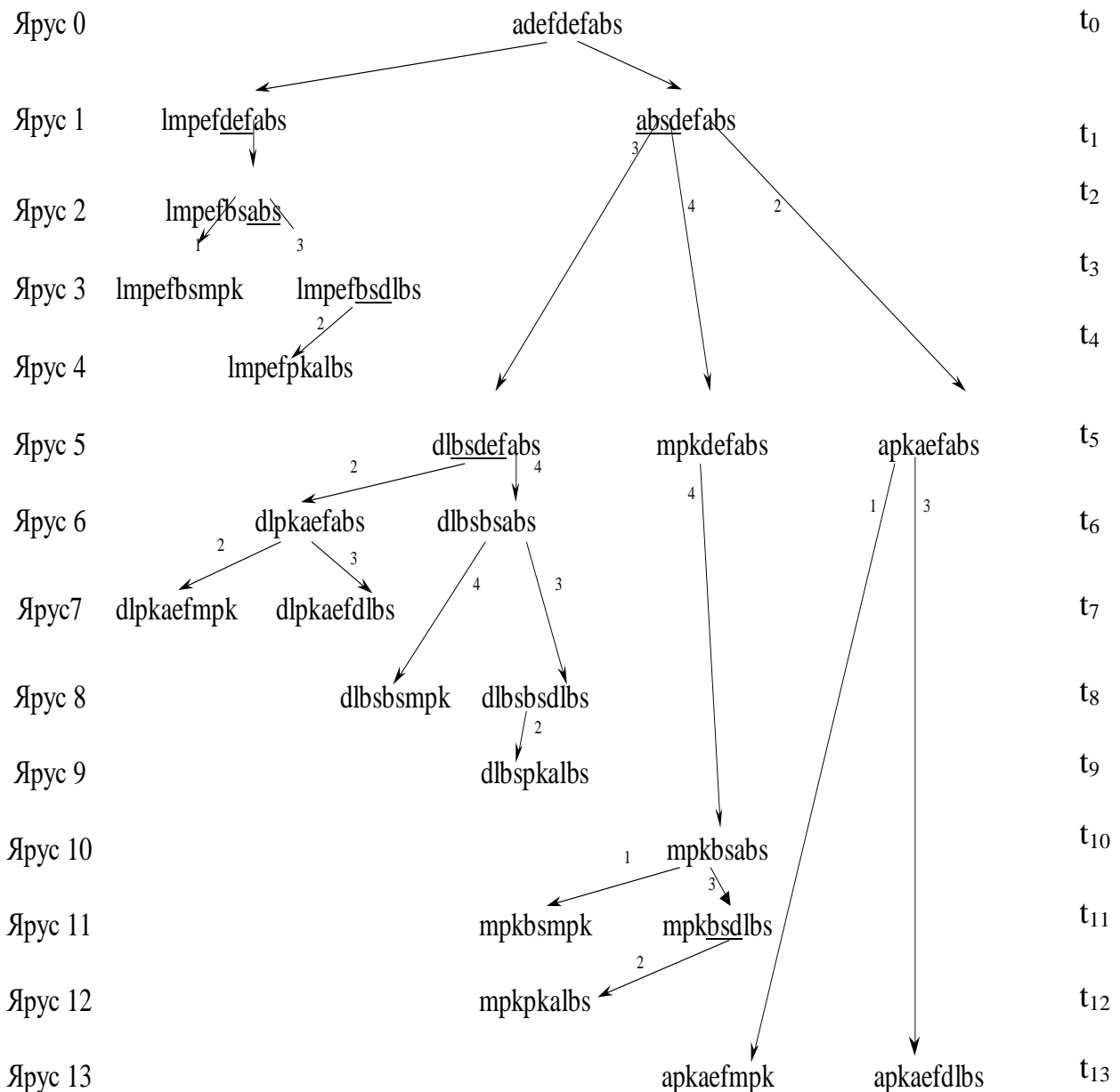


Рис.3 Дерево ИЛИ-вывода над S_2

Пусть для стратегии И- параллельного продукционного вывода обрабатываемое слово имеет вид $S=absdbs\#adefdefab$, где # - метасимвол.

Тогда дерево вывода для данной стратегии имеет вид, представленный на рис.4 и рис.5, а общее количество ярусов вычисляется как сумма ярусов по каждому слову S_1 и S_2

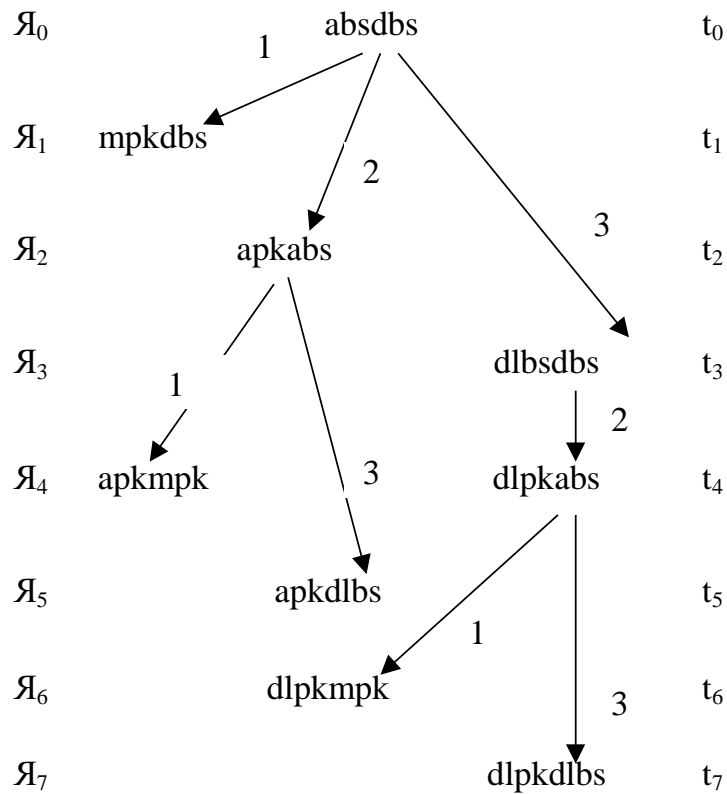


Рис.4 Дерево И-вывода над S_1

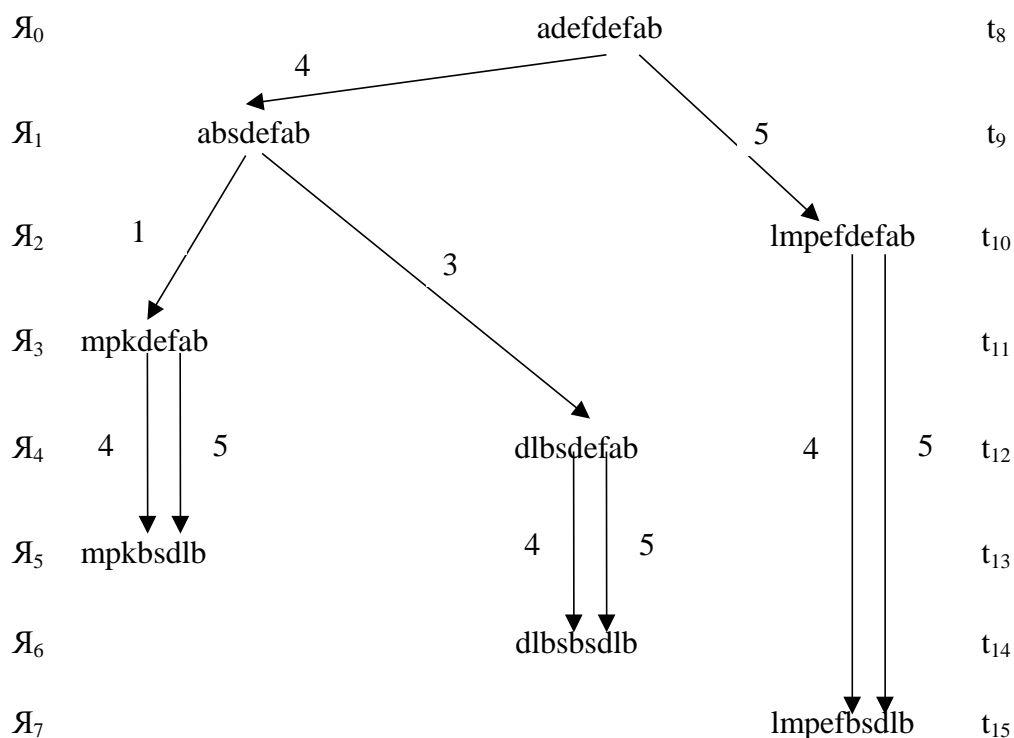


Рис.5 Дерево И-вывода над S_2

Равноправное срабатывание конфликтующих продукций и независимое срабатывание неконфликтующих продукций достигается за счет создания необходимого числа копий для альтернативных и независимых путей в дереве вывода.

3 Индивидуальное задание студента

1. Для заданной системы продукций и входного мультислова реализовать ИЛИ-, И- параллельные стратегии:

1. $fsk \rightarrow tir$
2. $sk \rightarrow mol$ $S = bsdlsk\#fskbsd$
3. $bsd \rightarrow pm$
4. $sdl \rightarrow pf$

2. Для заданной системы продукций и входного мультислова реализовать ИЛИ-, И- параллельные стратегии:

1. $som \rightarrow fish$
2. $af \rightarrow mok$ $S = asomaf\#treesom$
3. $tree \rightarrow us$
4. $re \rightarrow god$

3. Для заданной системы продукций и входного мультислова реализовать ИЛИ-, И- параллельные стратегии:

1. knut→um
2. tok→ad S=knutokxlp#xlpdtok
3. xlp→mir
4. pd→ir

4. Для заданной системы продукций и входного мультислова реализовать ИЛИ-, И- параллельные стратегии:

1. mal→lim
2. los→mil S=losalmal#dals
3. als→dom
4. da→net

5. Для заданной системы продукций и входного мультислова реализовать ИЛИ- И- параллельные стратегии:

1. ira→tm
2. ad→lpt S=iradad#goodol
3. good→som
4. dol→mor

6. Для заданной системы продукций и входного мультислова реализовать ИЛИ-, И- параллельные стратегии:

1. som→more
2. best→mel S=bestol#msoms
3. stol→tn
4. ms→tok

7. Для заданной системы продукций и входного мультислова реализовать ИЛИ-, И- параллельные стратегии и:

1. sokrat→um
2. ats→tol S=sokraats#sokratstad
3. sok→tree
4. ad→lm

8. Для заданной системы продукций и входного мультислова реализовать ИЛИ-, И- параллельные стратегии:

1. abq→tmp
2. qa→sor S=medqabq#bedabqa
3. beda→ura
4. med→spor

9. Для заданной системы productions и входного мультислова реализовать ИЛИ-, И- параллельные стратегии:

1. $klp \rightarrow ab$
2. $pol \rightarrow fsa$ $S = apolabs \# klpsabs$
3. $sa \rightarrow bp$
4. $bs \rightarrow sak$

10. Для заданной системы productions и входного мультислова реализовать ИЛИ-, И- параллельные стратегии:

1. $plk \rightarrow ba$
2. $lop \rightarrow asp$ $S = splksasb \# floplks$
3. $as \rightarrow pbr$
4. $sb \rightarrow as$

4 Контрольные вопросы

1. Дайте определение экспертной системы. Какие существуют виды экспертных систем.
2. Опишите структуру статической экспертной системы и назначение ее блоков.
3. Что такое машина вывода экспертной системы продукционного типа.
4. Опишите цикл вывода машины вывода. Назначение блока конфликтных слов и блока проверки на динамическое распараллеливание.
5. Дайте определение конфликтного слова и укажите способы его построения.
6. Опишите алгоритм построения расширенного списка конфликтных слов.
7. Что представляют собой логические условия построения списка конфликтных слов.
8. Опишите стратегию ИЛИ-параллельных продукционных выводов. Каковы ее недостатки.
9. Опишите стратегию И-параллельных продукционных выводов. Каковы ее недостатки.
10. Предложите стратегию И-ИЛИ- параллельных продукционных выводов.

Библиографический список

1. Сидоркина, И. Г. Системы искусственного интеллекта [Текст] : учебное пособие / И. Г. Сидоркина. - Москва : КНОРУС, 2016. - 246 с.
2. Автоматизированные информационные системы и интеллектуальные технологии [Текст] : учебное пособие / Е. А. Титенко [и др.] ; Минобрнауки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Юго-Западный государственный университет". - Курск : ЮЗГУ, 2013. - 133 с.
3. Рыбина, Г. В. Интеллектуальные обучающие системы на основе интегрированных экспертных систем : учебное пособие / Г. В. Рыбина. - Москва: Директ-Медиа, 2023. - 132 с.