

УДК 004.82

В. З. Абдуллина, Р.М. Хасенова
**АНАЛИЗ СИТУАЦИЙ ДЛЯ ПРЯМОГО ВЫВОДА В
 ПРОДУКЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ**
 (Казахский национальный технический университет имени
 К.И.Сатпаева, г.Алматы)

Современное развитие науки и техники характеризуется активной разработкой и внедрением технологий искусственного интеллекта [1,2]. Новое поколение информационных систем – интеллектуальные системы – потребовало создания и использования совершенно новых принципов организации их компонентов. В связи с этим особенно актуальным становится выбор модели представления знаний и выбор методов их обработки в интеллектуальных системах. При оценке модели представления знаний должен учитываться уровень абстрактности, универсальность и наглядность представления знаний, а также удобство разработки интеллектуальной системы на основе выбранной модели.

Одной из наиболее развитых является продукционная модель представления знаний, которая привлекает своей *наглядностью, высокой модульностью, легкостью внесения дополнений и изменений, простотой механизма логического вывода*. В связи с этим разработка программной среды на ее основе, предназначенной для создания реальных интеллектуальных систем, является актуальной проблемой.

Продукционная система включает следующие типовые компоненты [3]:

- базу правил (продукций), содержащую правила вида *ЕСЛИ – ТО*
 $ЕСЛИ <условная часть> ТО <заключительная часть>$;
- базу данных, содержащую фактографические знания из рассматриваемой предметной области;
- интерпретатор продукций (механизм логического вывода), который формирует искомое решение;
- рабочую память (РП), используемую в ходе логического вывода.

Пусть знания в продукционной модели представлены в виде правил *ЕСЛИ – ТО*. Тогда, используя теорию множеств, введем следующие обозначения:

$D = \{d_1, \dots, d_m\}$ – множество исходных данных для продукционной модели,

$A = \{a_1, \dots, a_n\}$ – множество условных частей правил для продукционной модели,

$B = \{b_1, \dots, b_k\}$ – заключительные части правил для продукционной модели.

Утверждение 1. Все условные части правил должны совпадать с исходными данными или с заключительными частями других правил для обеспечения получения результата в ходе логического вывода.

Доказательство. Все a_1, \dots, a_n должны содержаться либо в d_1, \dots, d_m , либо в b_1, \dots, b_k для достижения результата в ходе логического вывода. Пусть множество A' – это оставшиеся условия, представляющие собой разность множества условных частей правил и исходных данных:

$$A' = A - D \quad (1)$$

Все элементы множества A' должны принадлежать множеству заключительных частей правил, т.е. $A' \in B$ для получения результата в ходе логического вывода. Тогда результат логического вывода будет содержаться в разности множества заключительных частей правил и множества оставшихся условий A' :

$$B^r = B - A' \quad (2)$$

B^r может являться множеством, т.е. содержать несколько элементов, либо может представлять собой единственный элемент.

Утверждение 2. Если есть хотя бы одно условие, не совпадающее ни с исходными данными, ни с заключительными частями правил, то в ходе логического вывода результат не будет сформирован.

Проведем *доказательство*, используя теорию множеств и обозначения, введенные в начале статьи. По формуле (1) получим A' – оставшиеся условия. При этом все элементы множества A' должны принадлежать множеству заключительных частей правил, т.е. $A' \in B$. В противном случае, если $A' \notin B$, результат не будет сформирован. Наличие в A' хотя бы одного элемента (условия), которое не содержится ни в одном правиле, как его заключительная часть, означает, что какое-то из правил никогда не будет подтверждено, поскольку одно его условие никогда не появится в рабочей памяти.

Утверждение 3. Если в множестве B^r останется больше одного элемента (заключения), то прямой логический вывод не формирует результат.

Практически это означает, что если в множестве B^r останется ровно одно заключение, то прямой логический вывод дошел до конца, и оставшееся заключение является результатом. В противном случае результат не сформирован. Проведем *доказательство* на множествах, используя обозначения, введенные в начале статьи. Тогда результат логического вывода будет содержаться в разности множества заключительных частей правил и

множества оставшихся условий, которое рассчитывается как разность между множеством условных частей правил и исходных данных, т.е. результат логического вывода можно получить по следующей формуле:

$$B^r = B - (A - D) \quad (3)$$

Если множество B^r имеет вид $B^r = \{b_1^r, \dots, b_l^r\}$, то логический вывод не формирует результат. Если множество B^r имеет вид $B^r = \{b_1^r\}$, то результат в ходе логического вывода будет сформирован.

Исходя из сформулированных и доказанных утверждений 1– 3, сформулируем теорему.

Теорема. Используя продукционную модель представления знаний, при сравнении множества условий A с множеством исходных данных D и множеством заключений B может быть определен ряд ситуаций при проведении прямого логического вывода:

ситуация 1 – если в множестве A останется ряд условий, которых нет ни в множестве D , ни в множестве B , то решение в ходе логического вывода для продукционной модели не может быть получено; для его получения следует в базу знаний добавить ряд правил, заключительной частью которых должны быть эти недостающие условия;

ситуация 2 – если в множестве B останется несколько неиспользованных заключений, то решение в ходе логического вывода для продукционной модели не будет получено, так как останется несколько неистинных правил; необходимо изменить правила в базе знаний для получения результата в ходе логического вывода;

ситуация 3 – если в множестве A не останется ни одного условия, а в множестве B останется одно заключение, то решение в ходе логического вывода для продукционной модели будет получено; результатом логического вывода является единственное оставшееся условие из множества B .

Изобразим множества графически (рис. 1).

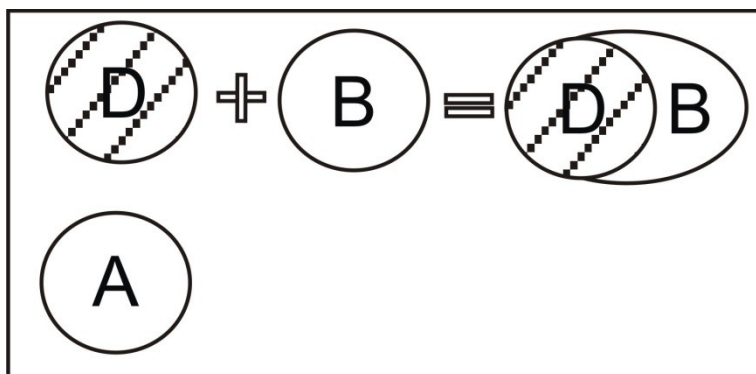


Рисунок 1 - Графическое изображение множеств

Сравнивая множества A и $D+B$, сформируем следующие варианты.

1. Множество A и множество $D+B$ пересекаются. Это ситуация 1, представленная в теореме, когда в множестве A останется ряд условий (рис.2 а).

2. Множество A принадлежит множеству $D+B$ – ситуация 2, представленная в теореме, когда в множестве B останется больше одного неиспользованного условия (рис.2 б).

3. Множество A принадлежит множеству $D+B$ – ситуация 3, представленная в теореме, когда в множестве B останется ровно одно условие, являющееся результатом логического вывода для продукционной модели (рис.2 с).

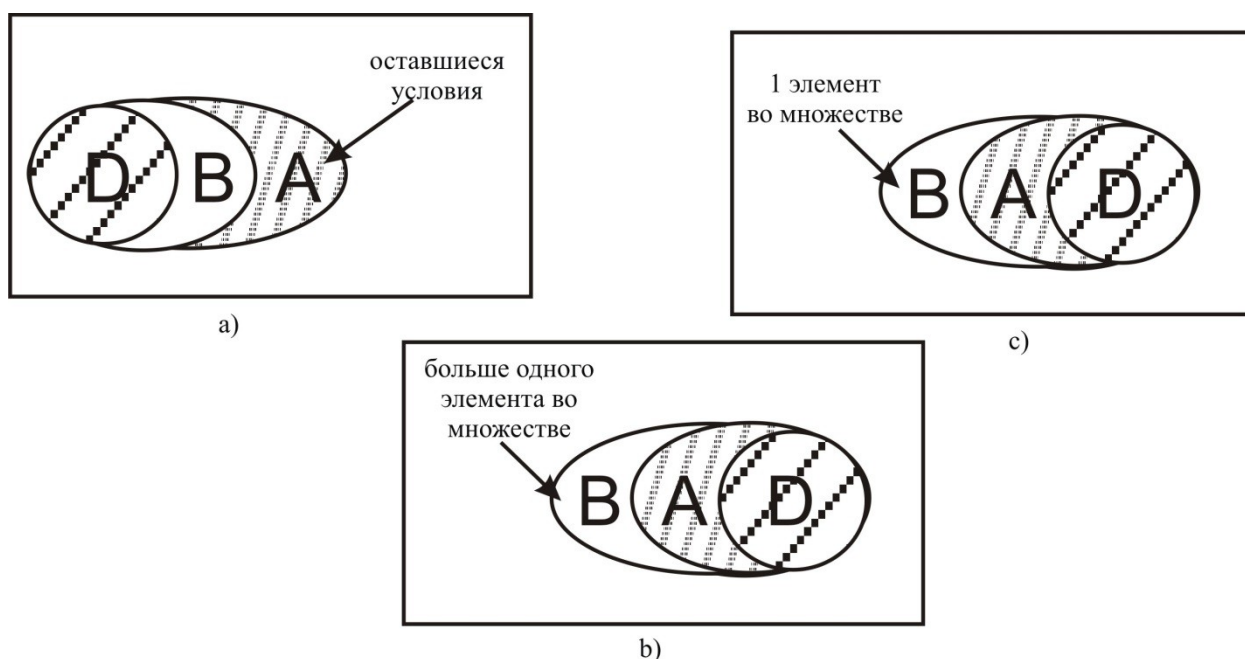


Рисунок 2 – Ситуации, представленные в теореме
 а) ситуация 1, б) ситуация 2, с) ситуация 3

Проведем доказательство на примере для *ситуации 1* сформулированной теоремы. Пусть существуют следующие исходные данные и правила.

Исходные данные: дана функция

Правила:

1. *ЕСЛИ* дана функция TO рассчитать производную
2. *ЕСЛИ* рассчитать производную TO найти значения переменной, при которых производная становится равна нулю
3. *ЕСЛИ* найти значения переменной, при которых производная становится равна нулю *И* рассчитать производную TO отметить значения на координатной прямой
4. *ЕСЛИ* отметить значения на координатной прямой TO определить знаки производной

5. ЕСЛИ определить знаки производной И знак производной меняется с "+" на "-" ТО найдена точка максимума

Проведем прямой логический вывод, используя представленные правила и исходные данные. Получим РП в следующем виде:

1) дана функция (исходные данные)

2) рассчитать производную (из правила 1)

3) найти значения переменной, при которых производная становится равна нулю (из правила 2)

4) отметить значения на координатной прямой (из правила 3)

5) определить знаки производной (из правила 4)

Осталось одно неистинное (неподтвержденное) правило – это правило 5, следовательно, результат логического вывода не сформирован.

Построим решение на множествах.

$A = \{$ дана функция;
рассчитать производную;
найти значения переменной, при которых производная становится равна нулю;
рассчитать производную;
отметить значения на координатной прямой;
определить знаки производной;
знак производной меняется с "+" на "-" $\}$

$B = \{$ рассчитать производную;
найти значения переменной, при которых производная становится равна нулю;
отметить значения на координатной прямой;
определить знаки производной;
найдена точка максимума $\}$

$D = \{$ дана функция $\}$

Удалим повторяющиеся условия во множестве A и сформируем множество $D+B$.

$A = \{$ дана функция;
рассчитать производную;
найти значения переменной, при которых производная становится равна нулю;
отметить значения на координатной прямой;
определить знаки производной;
знак производной меняется с "+" на "-" $\}$

$D+B = \{$ дана функция;
рассчитать производную;
найти значения переменной, при которых производная становится равна нулю;
отметить значения на координатной прямой;
определить знаки производной;
найдена точка максимума $\}$

Сравниваем множество A с множеством $D+B$. Удаляя найденные одинаковые значения одновременно во множестве A и множестве $D+B$, получим:

$A = \{$ знак производной меняется с "+" на "-" $\}$

Полученный результат соответствует ситуации 1 теоремы, т.е. в множестве A осталось одно условие. Следовательно, решение не может быть получено. В базу знаний следует добавить правило, заключительной частью которого и будет это недостающее условие.

Проведем доказательство на примере для *ситуации 2* сформулированной теоремы. Пусть существуют следующие исходные данные и правила.

Исходные данные: температура тела > 37 градусов
наблюдается кашель

Правила:

1. *ЕСЛИ* температура тела > 37 градусов *ТО* присутствует первый признак болезни
2. *ЕСЛИ* наблюдается кашель *И* присутствует первый признак болезни *ТО* заболевание ОРВИ
3. *ЕСЛИ* наблюдается кашель *И* присутствует второй признак болезни *ТО* заболевание ОРЗ

Проведем над данными правилами прямой логический вывод. РП в ходе логического вывода примет следующий вид:

- | | | |
|---|---|-------------------|
| 1) температура тела > 37 градус | } | (исходные данные) |
| 2) <u>наблюдается кашель</u> | | |
| 3) присутствует первый признак болезни (из правила 1) | | |
| 4) заболевание ОРВИ (из правила 2) | | |

Осталось одно неистинное (неподтвержденное) правило – это правило 3. Следовательно, результат логического вывода не сформирован, что соответствует ситуации 2 представленной теоремы.

Построим решение на множествах.

$A = \{$ температура тела > 37 градусов; присутствует первый признак болезни; наблюдается кашель; присутствует второй признак болезни; $\}$	$B = \{$ присутствует первый признак болезни; заболевание ОРВИ; заболевание ОРЗ; $\}$	$D = \{$ температура тела > 37 градусов; наблюдается кашель; $\}$
---	--	---

Сравниваем множество A с множеством $D+B$. Удаляя найденные одинаковые значения одновременно во множестве A и множестве $D+B$, получим:

$$A = \{ \text{присутствует второй признак болезни} \}$$

$$D+B = \{ \text{заболевание ОРВИ; заболевание ОРЗ} \}$$

Данный результат соответствует ситуации 2 теоремы, т.е. во множестве $D+B$ осталось несколько неиспользованных заключений. Решение в ходе логического вывода не может быть получено, так как осталось неистинное правило – правило 3.

Проведем доказательство на примере для *ситуации 3* сформулированной теоремы. Пусть существуют следующие исходные данные и правила.

Исходные данные: температура тела > 37 градусов
наблюдается кашель.

Правила:

1. *ЕСЛИ* температура тела > 37 градусов *ТО* присутствует первый признак болезни

2. *ЕСЛИ* наблюдается кашель *И* присутствует первый признак болезни *ТО* заболевание ОРВИ

Проведем над правилами прямой логический вывод. РП в ходе логического вывода примет следующий вид:

- | | |
|---|---------------------|
| 1) температура тела > 37 градус | } (исходные данные) |
| 2) <u>наблюдается кашель</u> | |
| 3) присутствует первый признак болезни (из правила 1) | |
- РЕЗУЛЬТАТ: заболевание ОРВИ (из правила 2)

Все правила подтверждены, результат сформирован.

Построим решение на множествах.

$A = \{$ температура тела > 37 градусов; наблюдается кашель; присутствует первый признак болезни $\}$	$D+B = \{$ температура тела > 37 градусов; наблюдается кашель; присутствует первый признак болезни; заболевание ОРВИ $\}$
---	--

Сравниваем множество A с множеством $D+B$. Удаляя найденные одинаковые значения одновременно во множестве A и во множестве $D+B$ получим:

$$D+B = \{\text{заболевание ОРВИ}\}.$$

Данный результат соответствует ситуации 3 теоремы, т.е мы получили единственное оставшееся заключение – это и есть результат логического вывода для продукционной модели.

Полученные теоретические результаты использованы при формировании алгоритма для демонстрационной версии интеллектуальной программы «Production System». Алгоритм включает следующие шаги.

Шаг 1. Задание исходных данных для проведения логического вывода.

Шаг 2. Преобразование таблицы базы данных, содержащей правила в двумерный массив.

Шаг 3. Формирование одномерного массива db и внесение в него исходных данных и заключительных частей правил.

Шаг 4. Создание массива a из множества условных частей правил.

Шаг 5. Организация цикла для перебора всех элементов массива a .

Шаг 6. Удаление повторяющихся элементов из массива a .

Шаг 7. Организация цикла для сравнения всех элементов массива a с массивом db .

Шаг 8. Проверка – если элемент массива a совпадает с элементом массива db , то удаляем данный элемент в обоих массивах, в противном случае пропускаем данный элемент, и переходим к сравнению следующего элемента массива a , переход на шаг 7.

Шаг 9. Подсчитываем количество элементов в массиве a и в массиве db .

Шаг 10. Если количество элементов в массиве a больше нуля, то выдаем сообщение пользователю о том, что решение в ходе логического вывода для представленной модели не может быть получено. Для его получения следует в базу знаний добавить ряд правил, заключительной частью которых должны быть эти недостающие элементы – условия. Переход на шаг 13.

Шаг 11. Если количество элементов в массиве db больше единицы, то выдаем сообщение пользователю о том, что решение в ходе логического вывода для представленной модели не может быть получено, так как останется несколько неистинных правил. необходимо изменить правила в базе знаний для получения результата в ходе логического вывода. Переход на шаг 13.

Шаг 12. Если количество элементов в массиве db равно единице, то выдаем сообщение пользователю о том, что решение в ходе логического вывода для представленной модели будет получено, результатом логического вывода является единственное оставшееся условие из множества B , которое выводится на экран.

Шаг 13. Конец.

Демонстрационная версия интеллектуальной программы «Production System» [4] реализована в среде Borland C++Builder 6. На рисунке 3 приведен пример логического вывода для ситуации 1 теоремы, реализованный в программе «Production System».

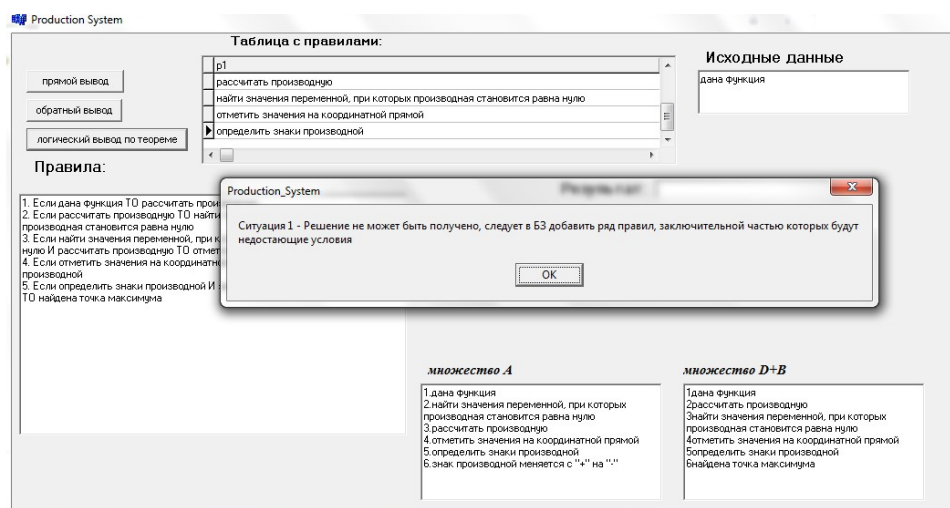


Рисунок 3 – Логический вывод для ситуации 1 теоремы

На рисунке 4 и рисунке 5 приведены примеры логического вывода для ситуации 2 и ситуации 3 теоремы соответственно, реализованные в программе «Production System».

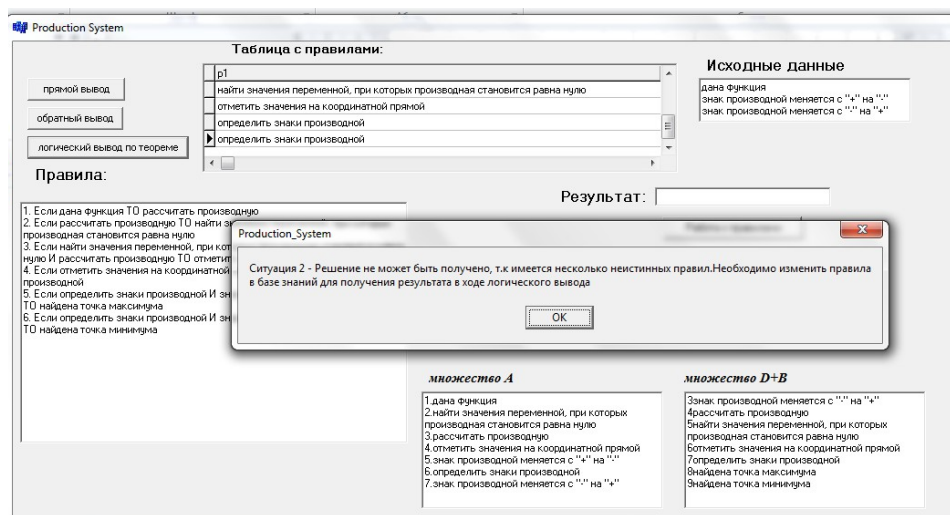


Рисунок 4 – Логический вывод для ситуации 2 теоремы

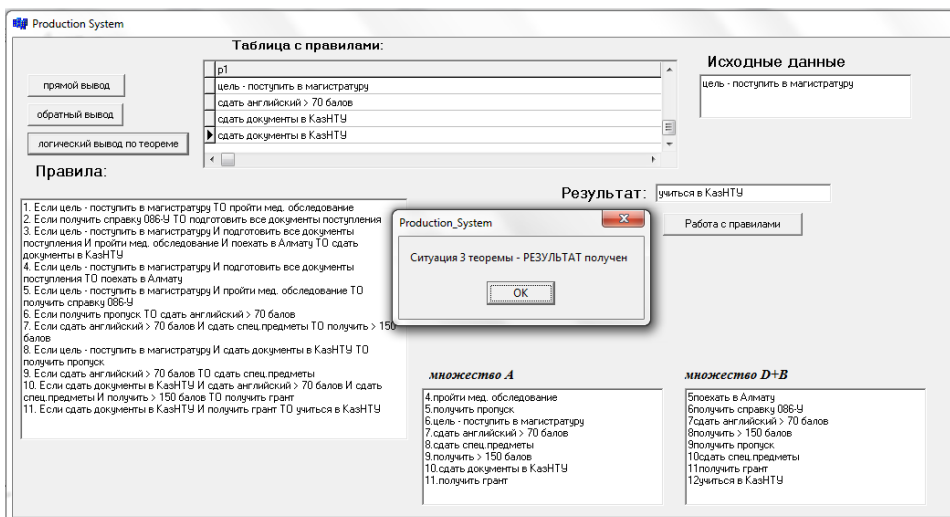


Рисунок 5 – Логический вывод для ситуации 3 теоремы

Представленная версия интеллектуальной программы «Production System» позволила проверить эффективность и работоспособность алгоритма прямого вывода, построенного с применением сформулированных утверждений 1– 3 и теоремы для производственной модели представления знаний.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гаврилова Т.А., Хорошевский. В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – Санкт-Петербург: Питер, 2000 – 384 с.
2. П. Частиков, Т. А. Гаврилова, Д. Л.Белов. Разработка экспертных систем. Среда clips. – Санкт-Петербург, «БХВ-Петербург», 2003 – 608 с.
3. Абдуллина В.З., Хасенова Р.М., Осипов В.Ю. Информационная технология создания интеллектуальных систем // Труды международной научно-практической конференции «Информационные и

телекоммуникационные технологии: образование, наука, практика», посвященная 50-летию Института информационных и телекоммуникационных технологий. – Алматы, 2012 – II том – с. 235 -238

4. Абдуллина В.З., Хасенова Р.М. Обработка знаний в продукционной модели // Труды Международной научно-практической конференции «Подготовка инженерных кадров в контексте глобальных вызовов XXI века». – Алматы, 2013 – III том – с. 253-254.

REFERENCES:

1. Gavrilova T.A., Horoshevskij. V.F. Bazy znaniy intellektual'nyh sistem. – Sankt-Peterburg: Piter, 2000 – 384 s.

2. P. Chastikov, T. A. Gavrilova, D. L. Belov. Razrabotka jekspertnyh sistem. Sreda clips. – Sankt-Peterburg, «BHV-Peterburg», 2003 – 608 s.

3. Abdullina V.Z., Hasenova R.M., Osipov V.Ju. Informacionnaja tehnologija sozdaniya intellektual'nyh sistem // Trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Informacionnye i telekommunikacionnye tehnologii: obrazovanie, nauka, praktika», posvjashhennaja 50-letiju Instituta informacionnyh i telekommunikacionnyh tehnologij. – Almaty, 2012 – II tom – s. 235 -238

4. Abdullina V.Z., Hasenova R.M. Obrabotka znaniy v produkcionnoj modeli // Trudy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Podgotovka inzhenernyh kadrov v kontekste global'nyh vyzovov XXI veka». – Almaty, 2013 – III tom – s. 253-254.

В. З. Абдуллина, Р.М .Хасенова
**АНАЛИЗ СИТУАЦИЙ ДЛЯ ПРЯМОГО ВЫВОДА В
ПРОДУКЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ**
(Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева,
г.Алматы)

Статья посвящена обработке знаний в продукционной модели. Сформулированы и доказаны ряд утверждений и теорема для проведения прямого логического вывода в продукционной модели представления знаний. Доказательство проводится как на представленных множествах, так и на примерах знаний. Полученные теоретические результаты использованы при разработке демонстрационной версии интеллектуальной программы «Production System».

Ключевые слова: продукционная модель, логический вывод, правила ЕСЛИ – ТО.

V.Z.Abdullina, R. M Hasenova
**ANALYSIS OF SITUATIONS FOR THE DIRECT CONCLUSION IN
PRODUCTION MODEL OF KNOWLEDGE REPRESENTATION**
(The Kazakh national technical university of a name of K.I.Satpaeva, of Almaty)

Article is devoted to the processing of knowledge in production model. A number of statements and the theorem for carrying out of the direct logic conclusion in production model of knowledge representation are formulated and proved. The proof is spent both on the presented sets, and on examples of knowledge. The received theoretical results are used by working out of the demonstration version of the intellectual program «Production System».

Keywords: production model, logic conclusion, rules IF - THAT.