Лекция 3. Логические рассуждения.

Рассуждением или умозаключением обычно называют ряд мыслей, изложенных в логически последовательной форме.

Агент должен уметь находить интересующие его состояния среды (**целевые состояния**), если он что-либо знает о других ее состояниях. **Определение целевых состояний осуществляется с помощью поиска или рассуждений в пространстве состояний.**

3.1.Рассуждения в пространстве состояний среды.

В коммунальной квартире две старушки занимают по комнате. Комнаты находятся в общем коридоре, который имеет выход на лестничную клетку. Одна из комнат расположена слева (левая комната) от выхода, а другая — справа (правая комната). В коридоре живет кот, которого обе старушки одинаково любят и балуют, оставляя ему кусочки сыра. Каждая старушка кладет кусочек сыра у двери своей комнаты. Кот отдыхает либо у левой комнаты (слева), либо у правой (справа).

Множество всех состояний этой среды (среды кота) можно представить табл. 3.1, в столбцах которой для каждого состояния среды указаны - местонахождение кота (слева или справа), наличие или отсутствие кусочка сыра (да или нет) у соответствующей комнаты.

Таблица 3.1

Состояние	Местонахождение кота	Наличие сыра	
		слева	справа
b_1	Слева	Да	Да
b_2	Справа	Да	Да
b_3	Слева	Да	Нет
b_4	Справа	Да	Нет
b_5	Слева	Нет	Да
b_6	Справа	Нет	Да
b_7	Слева	Нет	Нет
b_8	Справа	Нет	Нет

Состояние b_1 означает, что кот находится около левой комнаты и около обеих комнат лежит по кусочку сыра, состояние b_2 — кот находится около правой комнаты и около обеих комнат снова лежит по кусочку сыра и т.д.

Кот может совершать в один и тот же момент времени только одно из следующих действий: переходить к дверям левой комнаты, переходить к дверям правой комнаты и съедать кусочек сыра около той комнаты, где он находится.

Эти действия обозначим c_1 = *Идти налево*, c_2 = *Идти направо* и c_3 = *Съесть*, соответственно. Если среда находится в одном из состояний, перечисленных в табл. 3.1, и кот совершает какое-либо из действий, то нетрудно определить в какое состояние после выполнения действия перейдет среда.

Будем полагать, что нам известно состояние, называемое начальным, с которого могут начаться изменения среды при действиях кота.

Пусть, например это будет состояние b_1. Будем изображать состояния кружочками с обозначением состояния внутри кружочка.

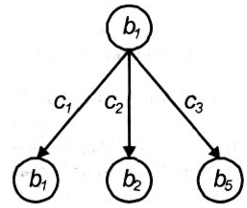


Рис. 3.1. Допустимые переходы из начального состояния b_1

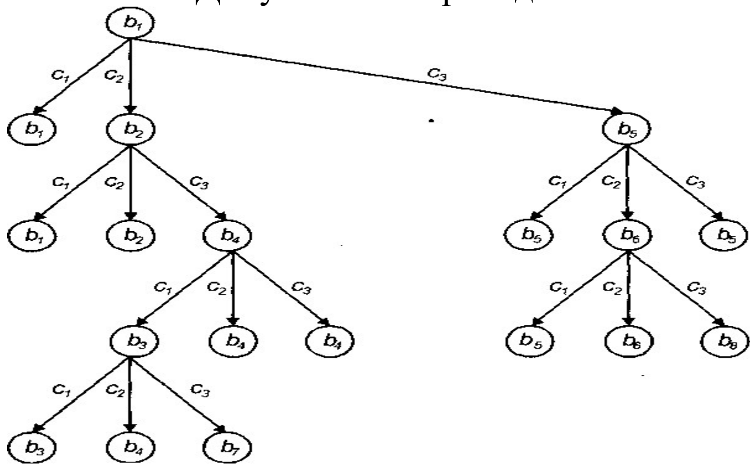


Рис. 3.2. Дерево переходов

Переход из одного состояния в другое, происходящий в результате действия, будем изображать стрелкой, ведущей в это другое состояние и помеченной соответствующим действием. Так, на рис.3.1 изображены все переходы из состояния b_1 в результате действий c_1,c_2 , c_3 .

На рис. 3.2 показано дерево всех дальнейших переходов, являющееся продолжением элементарного дерева на рис. 3.1. Построение каждой ветви дерева прекращено на том состоянии, которое встречается повторно на пути, ведущем в него из начального состояния.

3.1.1. Постановка задачи

Цель кота — не оставить ни одного кусочка сыра, где бы он изначально ни находился. В терминах состояний среды целью кота является перевод ее с помощью своих действий (реакций) в одно из состояний b_7 или b_8 . Состояния, в которые с помощью набора допустимых действий необходимо перевести среду, называются целевыми. Процесс определения этих состояний называют формулировкой цели. Будем полагать в рамках нашего примера, что каждое восприятие совпадает с одним из состояний. Задачей агента является

нахождение последовательности действий или пар восприятие—действие, ведущих на дереве переходов из начального состояния в целевые. Процесс нахождения этих последовательностей называют **поиском, выводом** или **рассуждением**. **Постановкой задачи** называют задание всех состояний и действий, которые можно использовать для решения задачи, начального состояния и целевых состояний, а также всех допустимых переходов между состояниями при выполнении действий. Для среды кота постановка задачи уже осуществлена. Все состояния, которые могут использоваться при решении задачи, перечислены в табл. 3.1. Целевыми состояниями являются состояния b_7, b_8. Все допустимые переходы между состояниями показаны на рис. 3.2. Из рисунка ясно, что решениями задачи является последовательность b_1/c_2, b_2/c_3,b_4/c_1,b_3/c_3, в результате выполнения которой агент (кот) переведет среду в состояние b_7, и последовательность b_1/c_3, b_5/c_2, b_6/c_3, в результате выполнения которой среда окажется в состоянии b_8.

3.1.2. Формализация вывода средствами логики высказываний

Для записи задачи на языке исчисления высказываний введем три логические переменные $x_к$, $x_л$, $x_п$.

Истинное значение первой из них означает, что кот находится у левой комнаты, а ложное, что он находится у правой комнаты;

истинное значение переменной $x_л$ означает, что кусочек сыра лежит около левой комнаты, а ложное, что его там нет;

истинное значение переменной $x_п$ означает, что кусочек сыра лежит около правой комнаты, а ложное, что его там нет.

В результате таких обозначений табл. 3.1 можно заменить на табл. 3.2. Каждое состояние среды можно рассматривать как комбинацию (отношение) простейших свойств объектов, задаваемых значениями отдельных логических переменных. Так, состояние b_1 соответствует комбинации свойств кота и кусочков сыра, состоящей в том, что кот находится в левой комнате, и в это же самое время около левой и правой комнат находится по кусочку сыра. На русском языке эту комбинацию можно выразить предложением: «Кот находится около левой комнаты, кусочек сыра лежит около левой комнаты и кусочек сыра лежит у правой комнаты». В соответствии с уже приведенной выше интерпретацией логических переменных $x_к$, $x_л$, $x_п$ это предложение можно представить формулой $x_k \wedge x_л \wedge x_n$, которая истинна в единственном случае - все логические переменные, входящие в нее, истинны, т.е. среда находится в состоянии b_1. Формулы такого типа, являющиеся конъюнкцией переменных с отрицанием или без него, называют элементарными конъюнкциями. Если среда находится в состоянии b_2, то истинна формула $\neg x_k \wedge x_л \wedge x_n$ и т.д.

Элементарную конъюнкцию, в которую входит по одному разу каждая переменная, определяющую состояние среды, с отрицанием или без отрицания, называют полной конъюнкцией, или конституентой.

Аналогично тому, как были введены логические переменные $x_к$, $x_л$, $x_п$, введем логические переменные z_1, z_2, z_3 для действий кота “Идти налево”, “Идти направо”, “Съесть “,соответственно. Переменная принимает истинное значение, если выполняется соответствующее ей действие. В противном случае она принимает ложное значение.

Таблица 3.2

Состояние	Переменные			Формула, описывающая состояние
	x_k	$x_л$	$x_п$	

b_1	И	И	И	$x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n$
b_2	Л	И	И	$\neg x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n$
b_3	И	И	Л	$x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge \neg x_n$
b_4	Л	И	Л	$\neg x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge \neg x_n$
b_5	И	Л	И	$x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge x_n$
b_6	Л	Л	И	$\neg x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge x_n$
b_7	И	Л	Л	$x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge \neg x_n$
b_8	Л	Л	Л	$\neg x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge \neg x_n$

Для простоты будем полагать, что кот не может одновременно выполнять сразу более одного действия.

Таблица 3.3

Переход			Импликация, соответствующая переходу
Исходное состояние	Действие	Результирующее состояние	
b_1	c_1	b_1	$x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n \wedge z_1 \supset x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n$
b_1	c_2	b_2	$x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n \wedge z_2 \supset \neg x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n$
b_1	c_3	b_5	$x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n \wedge z_3 \supset x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge x_n$
b_2	c_1	b_1	$\neg x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n \wedge z_1 \supset x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n$
b_2	c_2	b_2	$\neg x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n \wedge z_2 \supset \neg x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n$
b_2	c_3	b_4	$\neg x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n \wedge z_3 \supset \neg x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge \neg x_n$
b_3	c_1	b_3	$x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge \neg x_n \wedge z_1 \supset x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge \neg x_n$
b_3	c_2	b_4	$x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge \neg x_n \wedge z_2 \supset \neg x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge \neg x_n$
b_3	c_3	b_7	$x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge \neg x_n \wedge z_3 \supset x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge \neg x_n$
b_4	c_1	b_3	$\neg x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge \neg x_n \wedge z_1 \supset x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge \neg x_n$
b_4	c_2	b_4	$\neg x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge \neg x_n \wedge z_2 \supset \neg x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge \neg x_n$
b_4	c_3	b_4	$\neg x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge \neg x_n \wedge z_3 \supset \neg x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge \neg x_n$
b_5	c_1	b_5	$x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge x_n \wedge z_1 \supset x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge x_n$
b_5	c_2	b_6	$x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge x_n \wedge z_2 \supset x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge x_n$
b_5	c_3	b_5	$x_k \wedge x_{\text{л}}\neg \wedge x_n \wedge z_3 \supset x_k \wedge x_{\text{л}}\neg \wedge x_n$
b_6	c_1	b_5	$\neg x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge x_n \wedge z_1 \supset x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge x_n$
b_6	c_2	b_6	$\neg x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge x_n \wedge z_2 \supset \neg x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge x_n$
b_6	c_3	b_8	$\neg x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge x_n \wedge z_3 \supset \neg x_k \wedge \neg x_{\text{л}} \wedge \neg x_n$

Рассмотрим теперь, как могут быть выражены в виде формул переходы среды из одного состояния в другое при совершении котом того или иного действия. Так, если кот находился в состоянии b_1, и выполнил действие “Идти направо”, то среда перейдет в состояние b_2 . Факт нахождения кота в состоянии b_1, и выполнение им в это время действия “Идти направо” означает истинность формулы $x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n \wedge z_2$, а факт перехода состояния b_1 при выполнении действия «идти направо» в состояние b_2 будем интерпретировать как истинность формулы $x_{\text{к}} \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n \wedge z_2 \supset \neg x_{\text{к}} \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n$, что позволяет при истинности $x_k \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n \wedge z_2$ сделать заключение об истинности $\neg x_{\text{к}} \wedge x_{\text{л}} \wedge x_n$. Точно так же можно выразить в виде аналогичных формул все остальные переходы, показанные на рис. 3.2. Представим их в виде табл. 3.3. В первых трех столбцах этой таблицы указаны переходы, имеющиеся на рис. 3.2, а в последнем -формулы, соответствующие переходам.

3.1.3. Поиск решения

Решения задачи для среды кота практически очевидны, когда построено дерево переходов состояний среды, по которому легко проследить пути, ведущие в целевые состояния из начального. В реальных задачах это дерево может быть очень большим, вследствие чего нецелесообразно использовать стратегию поиска, согласно которой необходимо сначала получать дерево целиком. Вместо этого используются другие более эффективные стратегии поиска, речь о которых пойдет в главе 4. Однако, какая бы из этих стратегий не применялась, элементарным шагом поиска является переход из одного состояния среды в другое и анализ состояния, в которое переход был осуществлен, на принадлежность к числу целевых. Каждый допустимый переход из состояния b_i. после совершения действия c_j в состояние b_k можно задавать с помощью правила перехода: **« Если среда находится в состоянии b_i. и совершается действие c_j, то она должна перейти в состояние b_k».**

Совокупность правил подобного типа используется в процессе поиска. Одной из очевидных, но чрезвычайно неэкономных стратегий поиска, позволяющей найти все решения для среды кота, может быть следующая.

1. Образовать множество B = $\{b_1\}$, состоящее из одного начального состояния b_1.
2. Для каждого состояния множества B и каждого действия c найти, согласно соответствующим правилам перехода, все состояния b_k, в которые переходит среда. Совокупность всех таких состояний, за исключением тех, которые уже встречались в ранее образованных множествах B, принять за новое множество B.
3. Проверить, нет ли среди элементов этого множества целевых состояний. Если целевых состояний нет, то перейти к п. 2. Если целевые состояния есть, то выписать в порядке использования правил все последовательности действий, которые привели к целевым состояниям, удалить эти состояния из множества B и перейти к выполнению следующего пункта.
4. Проверить, все ли целевые состояния найдены. Если найдены все, то прекратить поиск. Если найдены не все, то перейти к п. 2.

Проиллюстрируем на примере среды кота применение этой стратегии. Правила перехода выписывать не будем, поскольку в нашем распоряжении уже есть дерево переходов (см. рис. 2.2).

Итак, вначале B = $\{b_1\}$. После выполнения п. 2 имеем совокупность состояний b_1 ,b_2, b_5 . В этой совокупности нет ни одного целевого состояния, а состояние b_1 уже встречалось. Поэтому, согласно п. 3, принимаем B = $\{b_2,b_5\}$ и переходим к выполнению п. 2. В результате получаем совокупность состояний b_1,b_2, b_4, b_5, b_6 , среди которых опять нет целевых, а b_1, b_2 , b_6 уже встречались. Поэтому B = $\{b_4, b_6\}$ и снова возвращаемся к п. 2. После очередного выполнения этого пункта имеем совокупность состояний b_3, b_4, b_5, b_6, b_8 . Среди этих состояний b_4, b_5, b_6 уже встречались, а состояние b_8, является целевым. В это состояние ведет единственная последовательность действий c_3, c_2 , c_3. Однако еще не все целевые состояния найдены, а именно не найдено состояние b_7 . Поэтому в соответствии с п. 4 продолжим поиск, вновь переходя к п. 2 с множеством B = $\{b_3\}$. В результате получим совокупность состояний b_3, b_4, b_7, среди которых b_3, b_4 уже встречались, а b_7 - целевое. Последовательностью действий, ведущих в состояние b_7, является c_2 c_3 c_1 c_3. И так, все целевые состояния найдены, решение задачи в виде последовательности действий, ведущих в эти состояния, получено. Поиск на этом прекращается.

3.2.Нечеткий логический вывод.

Выше было определено, что правила СИИ формулируются экспертом. Но эксперт не всегда может точно определить, произойдет какое – либо событие , или нет. Например, врач ставит на основании своих наблюдений над пациентом определенный диагноз. Опыт врача во многих случаях с большой точностью позволяет определить заболевание пациента. Но он может и ошибиться, поэтому часто рассматриваются и другие диагнозы.

Люди не всегда могут ответить на вопросы точно. Можно ли узнать, какая у человека температура, если он говорит, что слегка заболел? Скорее всего, нет. Такие слова, как высокий, горячий и легкий, представляют собой **лингвистические переменные**, которые нельзя определить одним значением.

Лингвистическая переменная состоит из **названия переменной**, например, ПРОЦЕНТНАЯ СТАВКА и ее значений, например, РАСТЕТ, ПАДАЕТ.

Использование этих понятий при формулировании правил называется нечеткой логикой.

Нечеткий логический вывод может рассматриваться как расширение обычного логического вывода. В обычном логическом выводе производится применение некоторых правил логического вывода (которые считаются истинными) к некоторым посылкам (которые также считаются истинными), что в результате дает выводы, считающиеся достоверными. В нечетком же логическом выводе и исходные посылки, и правила вывода могут иметь произвольный уровень истинности в промежутке от 0 до 1, соответственно и получаемые результаты также могут быть более или менее достоверны.

В качестве примера рассмотрим влияние квартирной платы и цен на продукты питания на уровень жизни семьи. Это влияние описывается следующими утверждениями.

1. ЕСЛИ К_П незначительно растет, ТО У_Ж_1 незначительно падает. ($\boldsymbol{\mu}$ = 0.9)
2. ЕСЛИ К_П незначительно растет, ТО У_Ж_1 не падает. ($\boldsymbol{\mu}$ = 0.1)(Если перестают платить)
3. ЕСЛИ К_П значительно растет, ТО У_Ж_1 значительно падает. ($\boldsymbol{\mu}$ = 0.5)
4. ЕСЛИ К_П значительно растет, ТО У_Ж_1 не падает. ($\boldsymbol{\mu}$ = 0.5)
5. ЕСЛИ Ц_П незначительно растут, ТО У_Ж_2 незначительно падает. ($\boldsymbol{\mu}$ = 1)
6. ЕСЛИ Ц_П значительно растут, ТО У_Ж_2 значительно падает. ($\boldsymbol{\mu}$ = 1)
7. ЕСЛИ У_Ж_1 незначительно падает И У_Ж_2 незначительно падает, ТО У_Ж незначительно падает. ($\boldsymbol{\mu}$ = 1)
8. ЕСЛИ У_Ж_1 незначительно падает И У_Ж_2 значительно падает ИЛИ У_Ж_1 значительно падает И У_Ж_2 значительно падает, ТО У_Ж значительно падает. ($\boldsymbol{\mu}$ = 1)
9. ЕСЛИ У_Ж_1 значительно падает И У_Ж_2 значительно падает, ТО У_Ж очень значительно падает. ($\boldsymbol{\mu}$ = 1)

Условия К_П НЕЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТЕТ и К_П ЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТЕТ являются размытыми и выражаются в зависимости от количества процентов роста ***p*** следущими формулами.

При $0 < \boldsymbol{p} < 2$ $\boldsymbol{\mu}$ (К_П НЕЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТЕТ) = $\boldsymbol{p}$ / 2.

При $2 < \boldsymbol{p} < 4$ $\boldsymbol{\mu}$ (К_П НЕЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТЕТ) = 1.

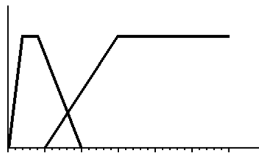
При $4 < \boldsymbol{p} < 10$ $\boldsymbol{\mu}$ (К_П НЕЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТЕТ) = (10 - $\boldsymbol{p}$) / 6.

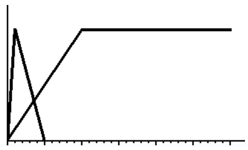
При $\boldsymbol{p} > 10$ $\boldsymbol{\mu}$ (К_П НЕЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТЕТ) = 1.

При $\boldsymbol{p} < 5$ $\boldsymbol{\mu}$ (К_П ЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТЕТ) = 0.

При $5 < \boldsymbol{p} < 15$ $\boldsymbol{\mu}$ (К_П ЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТЕТ) = ($\boldsymbol{p}$ - 5) / 10.

При $\boldsymbol{p} > 15$ $\boldsymbol{\mu}$ (К_П ЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТЕТ) = 1.





Условия Ц_П НЕЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТУТ и Ц_П ЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТУТ также являются размытыми и выражаются формулами

При $0 < \boldsymbol{p} < 1$ $\boldsymbol{\mu}$ (Ц_П НЕЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТУТ) = $\boldsymbol{p}$.

При $1 < \boldsymbol{p} < 5$ $\boldsymbol{\mu}$ (Ц_П НЕЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТУТ) = (5 - $\boldsymbol{p}$) / 4.

При $0 < \boldsymbol{p} < 10$ $\boldsymbol{\mu}$ (Ц_П ЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТУТ) = $\boldsymbol{p}$ / 10.

При $\boldsymbol{p} > 10$ $\boldsymbol{\mu}$ (Ц_П ЗНАЧИТЕЛЬНО РАСТУТ) = 1.

При использовании нечеткой логики для каждой формулы вводятся целый спектр возможных значений, лежащих между 0 (ЛОЖНО) и 1 (ИСТИННО), и правила вычисления этих значений. Вычисленные таким образом значения определяют степень истинности формул. Рассмотрим основополагающие понятия нечеткого множества и функции принадлежности.

Рассмотрим такие понятия, как « растет» и «падает». Отнесем эти понятия к переменным ПРОЦЕНТНАЯ СТАВКА и РУБЛЬ. Применительно к переменной ПРОЦЕНТНАЯ СТАВКА понятие роста может означать повышение уровня цен на бирже на 10 — 30 пунктов по индексу Доу- Джонса, а применительно к переменной РУБЛЬ означает повышение курса рубля по сравнению с какой – либо другой валютой в 20 —30 раз. В таком контексте слово «растет» называется значением **лингвистической переменной**. Лингвистическая переменная может принимать различные значения из некоторого интервала, границы которого могут меняться в зависимости от обстоятельств. Например, границы интервала для лингвистической переменной «холодный» могут меняться в зависимости от того, идет ли речь о зиме или весне.

Понятие «падает» — также лингвистическая переменная, использующаяся в правилах, описывающих фондовую биржу. Применяя лингвистические переменные, можно вычислить значения некоторых вероятностей, не обременяя пользователя лишними вопросами. Для этого необходимо несколько конкретизировать лингвистические переменные. Пользователю экспертной системы нужно позволить добавлять к этим переменным определения, например маленький или средний. Пользователь может задать маленькое повышение курса рубля, и экспертная система должна точно знать, что под этим подразумевается.

Рассмотрим правило:

ЕСЛИ ПРОЦЕНТНЫЕ СТАВКИ - ПАДАЮТ И НАЛОГИ УМЕНЬШАЮТСЯ,

ТО УРОВЕНЬ ЦЕН НА БИРЖЕ – РАСТЕТ.

Это правило верно не всегда, поэтому можно ему приписать значение некоторого числа m, изменяющегося от 0 до 1. Такое число называют **функцией принадлежности μ**.

Пусть функция принадлежности данного правила равна 0,9, т.е. вероятность того, что при падении процентных ставок и уменьшении налогов уровень цен на бирже будет падать равна 0.9.

Но выполнение правила зависит от выполнения условий ПРОЦЕНТНЫЕ СТАВКИ ПАДАЮТ и НАЛОГИ УМЕНЬШАЮТСЯ, что происходит не всегда.

Пусть функция принадлежности лингвистической переменной ПРОЦЕНТНЫЕ СТАВКИ ПАДАЮТ равна 0.6, а функция принадлежности лингвистической переменной НАЛОГИ УМЕНЬШАЮТСЯ равна 0.8.

Тогда правило можно записать так:

ЕСЛИ ПРОЦЕНТНЫЕ СТАВКИ - ПАДАЮТ (μ - 0.6) И

НАЛОГИ УМЕНЬШАЮТСЯ (μ - 0.8), ТО УРОВЕНЬ ЦЕН НА БИРЖЕ - РАСТЕТ (μ правила - 0.9)

Функция принадлежности того, что уровень цен на бирже будет действительно расти может быть подсчитан следующим образом: выбирается минимальная функция принадлежности для условий части ЕСЛИ правила, разделенных логическим оператором И , и умножается на функцию принадлежности для всего правила. Для приведенного примера:

(minimum (0.6, 0.8))*0.9 = 0.54

Следовательно, при μ - 0,54 можно сказать, что уровень цен на бирже будет падать.

Если в условной части правила имеется логический оператор ИЛИ, то μ для этого вывода нужно выбрать максимальной из μ для вывода первого правила и μ для вывода второго правила. На первый взгляд все это кажется очень сложным, поэтому разберем пример. Прежде всего сформулируем общие принципы.

1.Выбрать максимальное значение μ из μ для условий правила, разделенных логическим оператором И.

2.Если в правиле есть оператор ИЛИ, выбрать максимальное значение из μ для всех условий правила, разделенных оператором И для всех условий, связанных оператором ИЛИ.

3.Умножить выбранный μ на μ правила.

4.Если существует несколько правил с одинаковым логическим выводом, выбрать из всех полученных μ максимальный.

Рассмотрим два правила с одним и тем же логическим выводом С:

ЕСЛИ А (μ =0,3) И В (μ =0.6), ТО С (μ =0.5)

ЕСЛИ D (μ =0.4) И Е (μ =0,7), ТО С (μ =0.9)

В приведенных правилах μ для логического вывода С подсчитывается следующим образом:

maximum ((minimum(0.3,0.6)*0.5), (minimum (0.4,0.7) *0.9)) =

=maximum (03*0.5),(0.4*0.9)) = maximum (0.15,0.36) = 0.36

Возьмем пример с использованием логического оператора ИЛИ:

ЕСЛИ A (μ =0.3) И B (μ =0.6) ИЛИ D (μ =0.5), ТО C (μ =0.4)

В этом примере μ для логического вывода C считается так:

maximum (minimum (0.3,0.6), 0.5)*0.4) = maximum (0.3,0.5)*0.4 = 0.5*0.4=0.2.

Во многих случаях изначально заданы граничные значения функции принадлежности. Логический вывод считается верным только в том случае, если его μ превышает заранее заданные граничные значения. Работа с базой знаний продолжается до тех пор, пока значение функции принадлежности логического вывода больше граничного значения. В процессе работы выполняются определенные вычисления. Предположим, для частного логического вывода μ равно 0,4. Это значение запоминается. Затем оно сравнивается с граничным значением μ (допустим, что оно равно 0,8). Запомненное значение оказалось меньше граничного, и, значит, работа с базой знаний продолжается. Если при работе с базой знаний встретился тот же самый логический вывод, μ для новой μ и результат прибавляется к запомненному ранее μ . Значение μ , равное 1, свидетельствует об абсолютной уверенности в правильности вывода. Затем вновь запомненное значение μ сравнивается с граничным, и если оно больше, выполняется логический вывод, в противном случае, работа с базой знаний продолжается. Вышесказанное можно записать с помощью равенства:

Запомненный μ = Ранее запомненный μ + (1-Ранее запомненный μ) * μ нового правила.

Например:

Граничное значение μ = 0,8

Правило: ЕСЛИ A, ТО B (μ =0,6)

Запомненный μ : 0,6

Новое правило: ЕСЛИ C, ТО B (μ =0,7)

Запомненный μ =0.6+ (1 -0,6) *0,7= 0,88 (граничные значения превышены, и выполняется вывод).