Лекция 6

НЕЧЕТКИЕ ЗНАНИЯ И СПОСОБЫ ИХ ОБРАБОТКИ

Лекция 6

Абсолютная ясность - одна из форм полного тумана.

Из фильма «Семнадцать мгновений весны»

Лекция 6

При разработке интеллектуальных систем знания о конкретной предметной области, для которой создается система, редко бывают полными и абсолютно достоверными.

Лекция 6

Даже количественные данные, полученные путем достаточно точных экспериментов, имеют статистические оценки достоверности, надежности, значимости и т.д. Информация, которой заполняются экспертные системы, получается в результате опроса экспертов, мнения которых субъективны и могут расходиться.

Лекция 6

Наряду с количественными характеристиками в базах знаний ИИС должны храниться качественные показатели, эвристические правила, текстовые знания и т.д. При обработке знаний с применением жестких механизмов формальной логики возникает противоречие между нечеткими знаниями и четкими методами логического вывода.

Лекция 6

Разрешить это противоречие можно или путем преодоления нечеткости знаний (когда это возможно), или с использованием специальных методов представления и обработки нечетких знаний.

Лекция 6

Смысл термина *нечеткость* многозначен, основные его компоненты следующие:

- недетерминированность выводов;
- многозначность;
- ненадежность;
- неполнота;
- неточность.

Лекция 6

Недетерминированность выводов означает, что заранее путь решения конкретной задачи в пространстве ее состояний определить невозможно. Поэтому в большинстве случаев методом проб и ошибок выбирается некоторая цепочка логических заключений, согласующихся с имеющимися знаниями, а в случае если она не приводит к успеху, организуется перебор с возвратом для поиска другой цепочки и т.д. Такой подход предполагает определение некоторого первоначального пути.

Лекция 6

Ненадежность знаний и выводов.

Ненадежность знаний означает, что для оценки их достоверности нельзя применить двухбалльную шкалу (1 — абсолютно достоверные; 0 — недостоверные знания). Для более тонкой оценки достоверности знаний применяется вероятностный подход, основанный на теореме Байеса и другие методы.

Лекция 6

В данном подходе связи между элементами знаний не разделяются на типы; вместо этого каждому элементарному фрагменту знаний (факту, представленному парой *атрибут — значение* или утверждением) ставится в соответствие минимальное или максимальное значение байесовской вероятности, после чего степени надежности выводимых заключений рассчитываются как апостериорные (условные) вероятности по формулам, полученным на базе формулы Байеса.

Лекция 6

Пусть *P(H)* — вероятность некоторой гипотезы (заключения) при отсутствии каких-либо свидетельств (т.е. априорная вероятность, назначаемая экспертом) и пусть *P(H* : *E)* — апостериорная вероятность гипотезы *H* при наличии свидетельства (факта) *E,* вычисляемая по формуле:

$$P(H:E) = \frac{P(E:H)P(H)}{P(E)}$$

Лекция 6

где P(E) - вероятность свидетельства *E,* которая вычисляется по формуле

$$P(E) = P(E:H)P(H) + P(E:\neg H)P(\neg H)$$

P(E:H) - вероятность наличия свидетельства *E* при условии истинности гипотезы *H* (например, вероятность наличия высокой температуры при заболевании гриппом); *P(E :¬H)* — вероятность свидетельства *E* при условии ложности заключения *H* (вероятность высокой температуры у пациента, не болеющего гриппом)

Лекция 6

Например, в экспертной системе *MYSIN,* предназначенной для диагностики и выбора метода лечения инфекционных заболеваний, разработан метод вывода с использованием коэффициентов уверенности

Лекция 6

В идеальном мире можно вычислить вероятность $P(d_i|\ E)$, где d_i — i-я диагностическая категория, а E представляет все необходимые дополнительные свидетельства или фундаментальные знания, используя только вероятности $P(d_i|S_j)$, где S_j является j-м клиническим наблюдением (симптомом).

Лекция 6

Правило Байеса позволяет выполнить такие вычисления только в том случае, если, во-первых, доступны все значения $P(d_j|S_i)$, и, во-вторых, правдоподобно предположение о взаимной независимости симптомов.

Лекция 6

В системе MYCIN применен альтернативный подход на основе правил влияния, которые следующим образом связывают имеющиеся данные (свидетельства) с гипотезой решения:

Лекция 6

ЕСЛИ пациент имеет показания и симптомы $s_1,\ldots, s_k$ и имеют место определенные фоновые условия $t_1\ldots t_m$,

ТО можно с уверенностью ρ заключить, что пациент страдает заболеванием d_i.

Лекция 6

Коэффициент уверенности *ρ* принимает значения в диапазоне [-1,+ 1]. Если *ρ* = +1, то это означает, что при соблюдении всех оговоренных условий составитель правила абсолютно уверен в *правильности* заключения d_i, а если *ρ* = -1, то значит, что при соблюдении всех оговоренных условий существует абсолютная уверенность в *ошибочности* этого заключения.

Лекция 6

Отличные от +1 положительные значения коэффициента указывают на степень уверенности в *правильности* заключения d_i, а отрицательные значения — на степень уверенности в его *ошибочности.*

Лекция 6

Основная идея состоит в том, чтобы с помощью порождающих правил такого вида попытаться заменить вычисление $P(d_i \mid s_1 \ldots s_k)$ приближенной оценкой и таким образом сымитировать процесс принятия решения экспертом-человеком.

Лекция 6

Роль фоновых знаний состоит в том, чтобы разрешить или запретить применение правила в данном конкретном случае. Пусть, например, имеется диагностическое правило, связывающее появление болей в брюшной полости с возможной беременностью. Применение этого правила блокируется фоновым знанием, что оно справедливо только по отношению к пациентам-женщинам.

Лекция 6

Неполнота знаний и немонотонная логика. Абсолютно полных знаний не бывает, поскольку процесс познания бесконечен. В связи с этим состояние базы знаний должно изменяться с течением времени. В отличие от простого добавления информации, как в базах данных, при добавлении новых знаний возникает опасность получения противоречивых выводов, т.е. выводы, полученные с использованием новых знаний, могут опровергать те, что были получены ранее.

Лекция 6

Многие экспертные системы основаны на модели закрытого мира, обусловленной применением аппарата формальной логики для обработки знаний. *Модель закрытого мира* предполагает жесткий отбор знаний, включаемых в базу, а именно: БЗ заполняется исключительно верными понятиями, а все, что ненадежно или неопределенно, заведомо считается ложным. Другими словами, все, что известно базе знаний, является истиной, а остальное — ложью.

Лекция 6

Недостатки модели закрытого мира связаны с тем, что формальная логика исходит из предпосылки, согласно которой набор определенных в системе аксиом (знаний) является *полным* (теория является полной, если каждый ее факт можно доказать, исходя из аксиом этой теории). Для полного набора знаний справедливость ранее полученных выводов не нарушается с добавлением новых фактов. Это свойство логических выводов называется *монотонностью. Р*еальные знания, закладываемые в экспертные системы, крайне редко бывают полными.

Лекция 6

Для организации логических выводов в интеллектуальных системах с неполными знаниями вместо традиционных дедукции и индукции применяется абдукция .

Лекция 6

- Индукция (от лат. inductio выведение) процесс логического вывода на основании перехода от частных положений к общим. Среди наиболее важных законов индуктивной логики выступают правила доказательства, связывающие причину и следствие: всегда, когда возникает причина, возникает и феномен (следствие); всегда, когда есть феномен (следствие).

Лекция 6

- Рассуждения, ведущие от знания о части предметов (частного знания) к знанию обо всех предметах определенного класса (общему знанию), — это типичные индукции. Всегда остается вероятность того, что обобщение окажется поспешным и необоснованным.

Лекция 6

Пример: Валеев – человек, Иткис – человек, Антонов – человек, Немцов – человек.

- Валеев – студент АС – 663, Иткис - студент АС – 663, Антонов - студент АС – 663, Немцов - студент АС – 663.
- Значит все люди студенты. Все студенты АС –663 –люди.

Лекция 6

Дедукция

- Дедукция (от лат. deductio выведение) процесс логического вывода на основании перехода от общих положений к частным.Дедукция - в широком смысле слова - такая форма мышления, когда новая мысль выводится чисто логическим путем (т. е. по законам логики) из предшествующих мыслей.

Лекция 6

- Такая последовательность мыслей называется выводом, а каждый компонент этого вывода является либо ранее доказанной мыслью, либо аксиомой, либо гипотезой. Последняя мысль данного вывода называется заключением.
- Процессы дедукции на строгом уровне описываются в исчислениях математической логики.

Лекция 6

- В узком смысле слова, принятом в традиционной логике, под термином “дедукция” понимают дедуктивное умозаключение, т. е. такое умозаключение, в результате которого получается новое знание о предмете или группе предметов на основании уже имеющегося некоторого знания об исследуемых предметах и применения к ним некоторого правила логики.

Лекция 6

- Дедуктивное умозаключение, являющееся предметом традиционной логики, применяется нами всякий раз, когда требуется рассмотреть какое - либо явление на основании уже известного нам общего положения и вывести в отношении этого явления необходимое заключение.
- Пример: Если Кабалдин отличник, то он получит красный диплом. Кабалдин не получил красный диплом. Значит он не отличник.

Лекция 6

Рассмотрим простейший пример абдуктивного вывода. Предположим, теория содержит правило: «ЕСЛИ студент отлично знает математику, ТО он может стать хорошим инженером» и факт: «Студент Иванов отлично знает математику». Кроме того, имеется наблюдение: «Студент Иванов стал хорошим экономистом», которое не выводится из заданной теории.

Лекция 6

Для того чтобы его вывести, необходимо сформировать абдуктивную (объясняющую) гипотезу, которая не будет противоречить вышеприведенной теории. Такой гипотезой может быть, например, следующая: «Хороший математик может стать хорошим экономистом».

Лекция 6

Целью абдуктивного вывода является формирование одного (или более) объяснения Δ наблюдаемого факта *G* на основе информации, хранящейся в БЗ интеллектуальной системы (теория *T*). Объяснение А должно быть таким, чтобы

$T \cup \Delta \vdash G$ и чтобы $T \cup \Delta$ было непротиворечиво.

Наблюдение *G* можно вывести из теории Т лишь при ее расширении некоторым множеством гипотез А.

Лекция 6

В большинстве случаев абдуктивные гипотезы выбираются из заранее определенного множества предложений, обращающих определенный аспект знаний конкретной предметной области.

Лекция 6

Абдуктивные выводы используются в задачах диагностики для обнаружения причин наблюдаемого неправильного поведения систем, в задачах, связанных с пониманием естественного языка, для решения проблем накопления и усвоения знаний и т.д.

Лекция 6

Характеризуя три указанных основных вида логического выведения умозаключений, Ч. Пирс писал: "Дедукция доказывает, что нечто должно быть, индукция показывает, что нечто действительно в настоящий момент, абдукция всего лишь предполагает, что нечто может быть".

Лекция 6

Неточность знаний.

Известно, что количественные данные (знания) могут быть неточными, при этом существуют количественные оценки такой неточности Доверительный интервал, уровень значимости, степень адекватности и т.д.). Лингвистические знания также могут быть неточными.

Для учета неточности лингвистических знаний используется теория нечетких множеств, предложенная Л. Заде в 1965 г. Этому ученому принадлежат слова: «Фактически нечеткость может быть ключом к пониманию способности человека справляться с задачами, которые слишком сложны для решения на ЭВМ».

- Отметим, что, **идея построения нечетких множеств** появилась в связи с исследованием известного античного «парадокса кучи» в трудах Е. Бореля еще в 1959 г., т. е. за 15 лет до Л. А. Заде. Однако, именно благодаря Л. А. Заде теория приобрела математически формализованный вид.
- До появления аппарата теории нечетких множеств любая неопределенность, появляющаяся при решении практических задач, отождествлялась со случайностью. В то же время в повседневной жизни мы часто используем такие понятия, как *большой, малый, хороший, простой, сложный, горячий и т. д., которые являются нечеткими, расплывчатыми,* однако эта неопределенность не носит вероятностного характера.

Теория нечетких множеств разработана для оперирования с такого рода объектами. Случайность всегда связана с неопределенностью, касающейся принадлежности некоторого объекта к вполне четкому множеству. Понятие же нечеткости относится к классам, в которых имеются различные градации степени принадлежности, промежуточные между полной принадлежностью и не принадлежностью объектов к данному классу. Иными словами, нечеткое множество есть класс объектов, в котором нет резкой границы между теми объектами, которые входят в этот класс, и теми, которые в него не входят.

Рассмотрим следующий пример.

В соответствии с официальными нормативами количество гемоглобина Hb в крови здоровых детей может изменяться в пределах от 100 до 160 г/л (диапазон нормы). Такой норматив можно представить в виде четкого множества (рис. 1.1), описываемого характеристической функцией

$$\eta(Hb) = \begin{cases} 0, Hb \le 100, Hb \ge 160 \\ 1, 100 < Hb < 160 \end{cases}$$

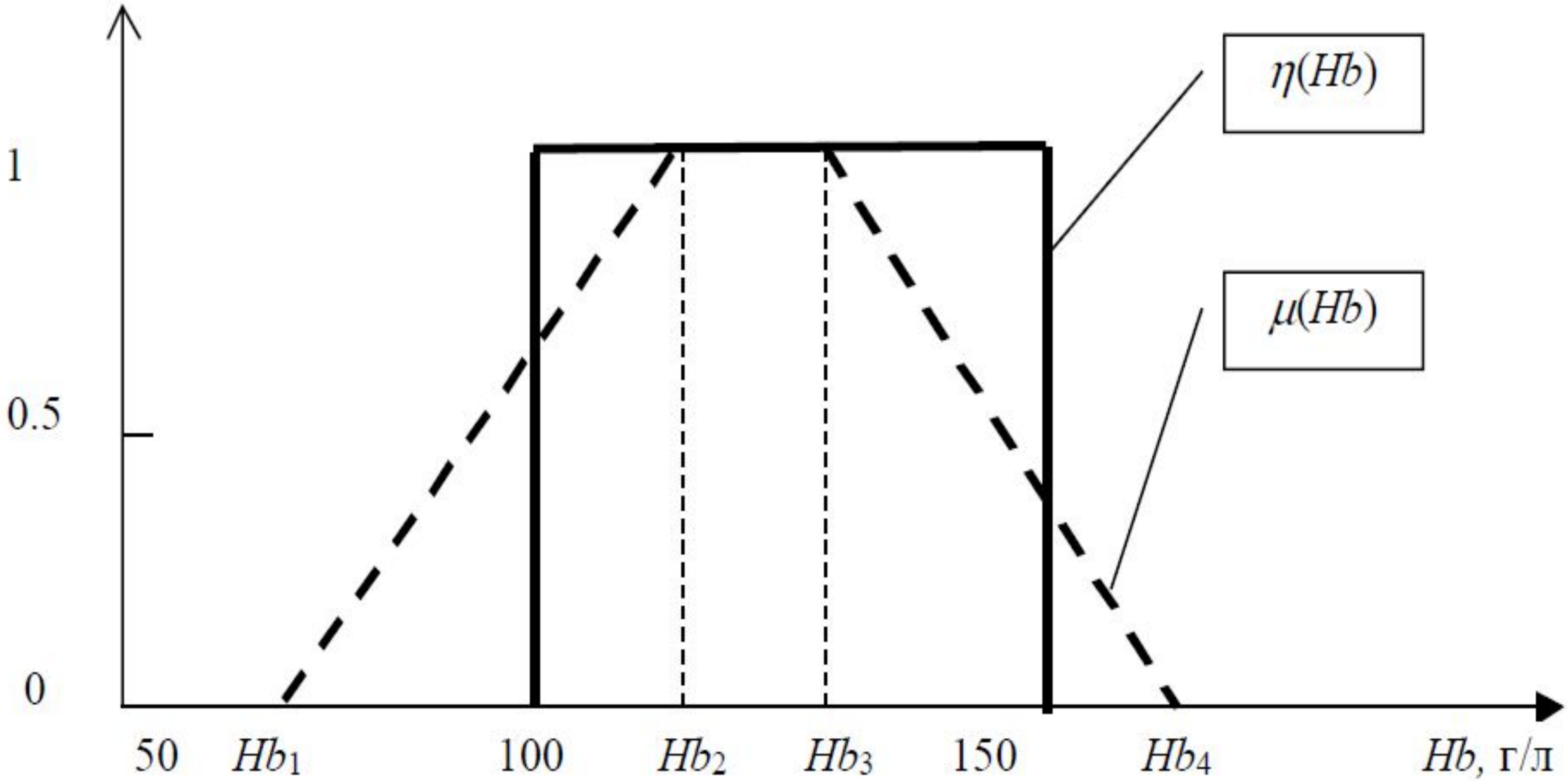


Рис. 1.1. Характеристическая функция норматива *Hb* и функция принадлежности нечеткому множеству «Здоровых детей»

В то же время на практике использование такого жесткого норматива затруднительно. Действительно, как должен поступать практикующий врач, если в результате анализа получит Hb = 102 или Hb = 98? В соответствие с нормативом, в первом случае ребенка следует признать здоровым, а во втором лечить его от анемии. Ясно, что это противоречит реальной практике. Общение со специалистами-гематологами показало, что на самом деле они имеют представления о некоторой области гарантированной нормы (интервал $[Hb_2, Hb_3]$ на рис.1.1) и областях гарантированной патологии $Hb < Hb_1$ и $Hb > Hb_4$. Промежуточные, или на рис.1.1) и областях гарантированной патологии $Hb < Hb_1$ и $Hb > Hb_4$. Промежуточные, или как их называют медики «серые зоны», характеризуют состояния, промежуточные между здоровьем и нездоровьем. Описанную ситуацию можно представить (рис. 1.1) в виде функции принадлежности $\mu(Hb)$ нечеткому множеству здоровых (с точки зрения содержания Hb) детей. Полученная функция принадлежности $\mu(Hb)$ нечеткому множеству изменяется в интервале от 0 до 1 и естественным образом обобщает характеристическую функцию $\mu(Hb)$ - $\eta(Hb)$. Ясно, что подобный подход к построению нечетких множеств не требует теоретико-вероятностной интерпретации.

- Следует отметить, что первоначально теория нечетких множеств была откровенно негативно оценена научной общественностью. Наиболее критически воспринималась явная направленность теории на оперирование с субъективными неопределенностями. В конце 60- х годов работы Л. Заде даже были рассмотрены в Конгрессе США как яркий пример бессмысленной траты государственных средств, выделяемых на развитие науки .

- В настоящее время теория нечетких множеств является развитым научным направлением, имеющим большое прикладное значение. Она широко применяется в решении технических проблем. На ее основе получены решения большого числа задач анализа и управления энергетическими системами , технологическими процессами и установками: химическими реакторами, электрическими двигателями , процессами сварки , установками для очищения воды , холодильными агрегатами, вентиляторами и кондиционерами , нагревательными приборами и др.

Развитие исследований в области нечеткий математики привело к появлению нечеткой логики и нечетких выводов, которые выполняются с использованием знаний, представленных нечеткими множествами, нечеткими отношениями, нечеткими соответствиями и т. д.

Лекция 6

Нечетким множеством A во множестве U называется совокупность пар вида

$(u, \mu_A(u))$,

где , $u \in U$

- а $\mu_A(u))$ – это функция принадлежности нечеткого множества A, $\mu_A(u)): U \to [0,1]$. Здесь U- некоторое обычное множество, называемое универсальным множеством.

$u \in U$

Лекция 6

Нечеткое множество можно записать следующим образом:

$$A = \int\limits_{u \in U} \mu_A(u) / u$$

$u \in U$

Лекция 6

Примеры записи нечетких множеств

- Если U = (a, b, c, d, e, f); M = (0, 0.5, 1), тогда A можно представить в виде: A = (0/a, 1/b, 0.5/c, 0/d, 0.5/e, 0/f).
- Если A = (0.8/a_1, 1/a_2, 0.4/a_3, 0.2/a_4, 0.5/a_5, 0/a_6), то U = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5,a_6); M=(0, 0.2, 0.4, 0.5, 0.8, 1).

$u \in U$

Лекция 6

Обычные множества составляют подкласс класса нечетких множеств. Функцией принадлежности обычного множества $B \subset U$ является функция:

$$\mu_B(u) = \begin{cases} 1, u \in B \\ 0, u \notin B \end{cases}$$

Носителем нечеткого множества *A* называется

Носитель обозначается *S(A) или SuppA:*

Лекция 6

$$S(A) = \left\{ u \middle| u \in U, \mu_A(u) > 0 \right\}$$

Высотой *h(A)* нечеткого множества *A* называется величина

$$h(A) = \max_{u \in U}(\mu_A(u))$$

Нечеткое множество *A* называется нормальным, если его высота равна единице. В противном случае нечеткое множество *A* субнормально.

Субнормальное нечеткое множество всегда можно нормализовать, поделив функцию принадлежности $\mu_A(u)$на величину *h(A).*

Элементы множества *U*, для которых степень принадлежности $\mu_A(u) = 0.5$ называются точками перехода нечеткого множества.

Лекция 6

Примеры нечетких множеств

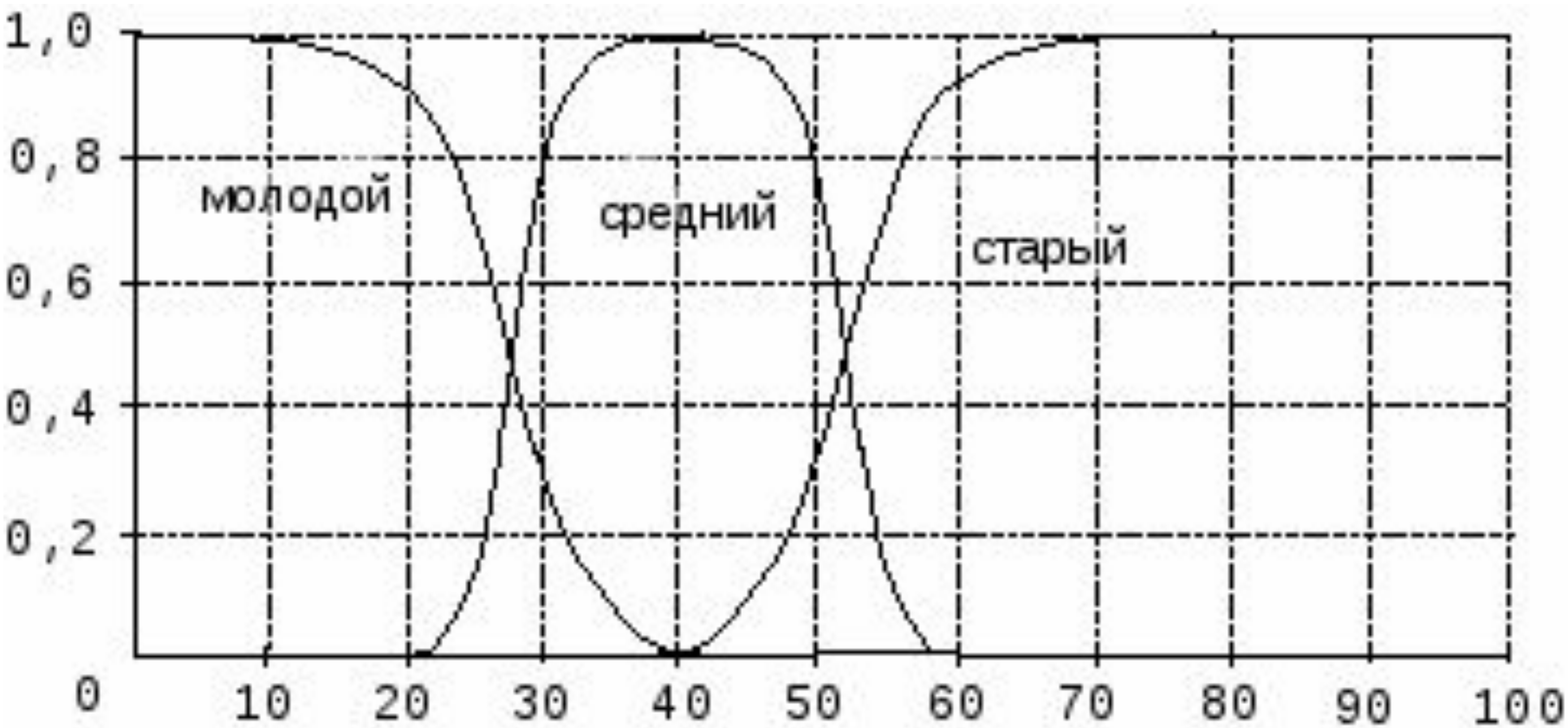
Пусть универсальное множество *U* представлено в виде *(a, Ь, c, d, e)* и нечеткое подмножество *A*, заданное на *U*, имеет вид *A = (0/a, 0.5/b, 0.6/c, 0.7/d, 0.85/e).*

Тогда носителем нечеткого множества *A* является *S(A) = (b, c, d, e).* Высота нечеткого множества А - *h(A)=0.85.* Точка перехода *u=b*. Множество А - субнормально. Нормализованное множество будет иметь вид:

A = (0/a, 0.6/b, 0.7/c, 0.8/d, 1/e).

Лекция 6

Пусть *U* — множество людей в возрасте от 0 до 100 лет и пусть понятия «молодой», «среднего возраста» и «старый» представлены нечеткими множествами *F1, F2* и *F3* соответственно. Эти нечеткие множества являются подмножествами множества *U.* Функции принадлежности элементов множества *U к* понятиям, представленным нечеткими множествами *F1,F2,F3* имеют следующий вид:


1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
молодой
средний
старый
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

Пусть *U = (-8, -5, -3, 0, 1,2, 4, 6, 9)* - множество целых чисел. Тогда нечеткое подмножество чисел, по абсолютной величине близких к нулю, можно определить, например, так:

A = (0/-8, 0.5/-5, 0.7/-3, 1/0, 0.9/1, 0.8/2, 0.6/4, 0.4/6, 0/9)

Лекция 6

Нечеткое подмножество универсального множества *U* может быть подмножеством другого нечеткого или обычного подмножества (то есть с функцией принадлежности, принимающей значения 0 или 1) множества А.

A есть *подмножество B* или *содержится в B* тогда и только тогда, когда $\mu_a(u)$ < $\mu_b(u)$ для любого *u множества U.*

Пример

Если универсальное множество *U* = (a, Ь, c, d), определенные на нем нечеткие подмножества *A* и *B* равны соответственно *A = (0.5/a, 0.8/b, 0.3/d)*, *B* = (0.7/a, 1/b, 0.3/c, 1/d), то $A \subset B$

Лекция 6

Множеством α-уровня нечеткого множества *A* является обычное множество A_α всех таких элементов универсального множества *U*, степень принадлежности которых нечеткому множеству *A* больше или равна *α* :

$$A_\alpha = \left\{ u \middle| \forall u \in U, \mu_A(u) \geq \alpha \right\}$$

- Множество *α*-уровня называют иногда *сечением α* нечеткого множества *A.* Причем, если $\mu_A(u) > \alpha$, то говорят о *сильном сечении,* если $\mu_A(u) \geq \alpha$, то о *слабом сечении.*

Пример

- *Если нечеткое множество A = {0.3/a, 0.4/d, 0.7/c, 0.8/f, 0.6/b}, то множеством α -уровня при α =0.7 будет множество* $A_{0.7} = \{c, f\}$.

Лекция 6

Рассмотрим более подробно физический смысл функции принадлежности. Спектр мнений по этому вопросу чрезвычайно широк. Так, например, очень часто на функцию принадлежности накладывается условие нормировки, тем самым, выбирая в качестве функции принадлежности плотность распределения вероятности.

Лекция 6

В работе Лотфи А. Заде «Fuzzy sets» предполагается, что функция принадлежности - это некоторое "невероятностное субъективное измерение неточности", и что она отлична от плотности вероятности и от функции распределения вероятности. Иногда под функцией принадлежности понимают возможность или полезность того или иного события.

Лекция 6

В случае, когда *A* - некоторое понятие естественного языка, а *U* -множество объектов, обозначаемых этим понятием *A*, $\mu_a(u)$ - есть вероятность того, что лицо, принимающее решение, использует А в качестве имени объекта. Такая интерпретация функции принадлежности называется вероятностной и не исключает существование других интерпретаций.

Лекция 6

Методы построения функции принадлежности:

Пусть имеется коллективный ЛПР, состоящий из *n* экспертов. О том, что *u* е *U* принадлежит нечеткому множеству *A*, $n_1 (n_1 \le n)$ экспертов отвечают положительно. В этом случае

$$\mu_a(u)=n_1/n$$

Данный метод называется *частотным,* а сама схема вычисления соответствует вероятностной интерпретации функции принадлежности.

Лекция 6

При применении метода построения функции принадлежности *на основе стандартного набора графиков* ЛПР выбирает наиболее подходящий, по его мнению, график из стандартного набора, а затем в диалоговом режиме с ЭВМ выясняет и корректирует (при необходимости) параметры выбранного графика.

Лекция 6

- В методе *парных соотношений* пусть имеется *n* экспертов и необходимо найти степени принадлежности *k* точек. Каждый *i*-ый эксперт должен определить парные соотношения (по своему усмотрению) типа:

$$m_{lj} = \begin{cases} 1, \mu_l > \mu_j \\ 0, \mu_l \le \mu_j \end{cases}$$

$$l, j = \overline{1, k};$$

Лекция 6

Экспертная оценка для *i*-го эксперта находится по формуле

$$\alpha_{il} = \frac{\sum_{j=1}^{k} m_{lj}}{\sum_{l=1}^{k} \sum_{j=1}^{k} m_{lj}}$$

Окончательно, функция принадлежности для *i-го* параметра имеет вид

$$\mu_l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \alpha_{il}, l = \overline{1,k}$$

Пример построения функции принадлежности

Два эксперта должны определить насколько три дома соответствуют оценке *Пригоден для жилья.* Мнение каждого из них основывается на собственных предпочтениях. Матрица парных соотношений первого эксперта пусть имеет вид M_1, а второго – M_2. В матрице предпочтения M_1: $m_{11}=0$, т.к. оценка одного и того же дома дает равные значения, $m_{12}=1$, т.к. по мнению первого эксперта первый дом более пригоден для жилья, нежели второй и т.д.

$$M_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \qquad M_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Оценка 1-го эксперта для 1-го параметра равна:

$$\alpha_{11} = \frac{m_{11} + m_{12} + m_{13}}{(m_{11} + m_{12} + m_{13}) + (m_{21} + m_{22} + m_{23}) + (m_{31} + m_{32} + m_{33})} = \frac{1}{3}$$

По аналогии $\alpha_{12} = \frac{1}{3}$, $\alpha_{13} = \frac{1}{3}$.

Заметим, что в числителе стоит сумма единиц в строке l, а в знаменателе – сумма всех единиц матрицы парных соотношений.

Оценки 2-го эксперта равны соответственно: $\alpha_{21} = \frac{0}{3} = 0, \alpha_{22} = \frac{1}{3}, \alpha_{23} = \frac{2}{3}$.

Таким образом, функция принадлежности нечеткому множеству *Пригоден для жилья* 1-го дома равна $\mu_1 = \frac{1}{2}(\alpha_{11} + \alpha_{21}) = \frac{1}{6}$, 2-го дома - $\mu_2 = \frac{1}{2}(\alpha_{12} + \alpha_{22}) = \frac{1}{3}$ и, наконец, 3-го дома - $\mu_3 = \frac{1}{2}(\alpha_{13} + \alpha_{23}) = \frac{1}{2}$.

Лекция 6

Оценки 2-го эксперта равны соответственно: $\alpha_{21} = \frac{0}{3} = 0, \alpha_{22} = \frac{1}{3}, \alpha_{23} = \frac{2}{3}$.

Таким образом, функция принадлежности нечеткому множеству *Пригоден для жилья* 1-го дома равна $\mu_1 = \frac{1}{2}(\alpha_{11} + \alpha_{21}) = \frac{1}{6}$, 2-го дома - $\mu_2 = \frac{1}{2}(\alpha_{12} + \alpha_{22}) = \frac{1}{3}$ и, наконец, 3-го дома - $\mu_3 = \frac{1}{2}(\alpha_{13} + \alpha_{23}) = \frac{1}{2}$.