



УДК 519.859

МОДЕЛИ ОЦЕНКИ УБЕЖДЕННОСТИ ОБ АДЕКВАТНОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ В ЗАДАЧАХ ВЫБОРА

Виноградов Г.П. *, Филатова Н.Н. **

**Тверской государственной технической университет,
г. Тверь, Россия
wgp272ng@mail.ru*

***Тверской государственной технической университет,
г. Тверь, Россия
nfilatova99@mail.ru*

Рассматривается проблема принятия решений, когда представления лица принимающего решения о ситуации выбора формируются в процессе построения ее модели. Для этого организуется сбор информации для «снятия» различного рода неопределенностей и формирования гипотетической модели ситуации выбора. Сбор информации прекращается после достижения у лица принимающего решения состояния убежденности в правильном понимании связей и отношений между объектами в предметной области. Предложены нечеткие меры для включения оценок этого состояния в модель выбора.

Ключевые слова: нечеткое множество; принятия решений; нечеткие предпочтения; убежденность; модели нечеткого выбора.

Введение

При решении прикладных задач выбора лицо, принимающее решения (ЛПР), использует модель ситуации выбора, отражающую его представления. В ситуации неполной информации, знания или дефицита времени ЛПР строит модель исходя из правдоподобных предпосылок. Комплекс таких предпосылок, идей, взглядов, объясняющих явления и процессы или связи между ними и образующих гипотетическую концепцию ЛПР о конкретной ситуации выбора, может рассматриваться как предположительное, субъективное знание. Таким образом, имея перед собой предмет познания, ЛПР задает целью изучить его, понять, что он собой представляет. Для этого он необходимо определяет, путь к цели, а также способ и средства ее достижения. Формирование представления о ситуации выбора – это процесс описания и объяснения, т.е. воспроизведение в мышлении познаваемого предмета.

Предпосылка выступает в форме убеждения, которое в свою очередь является мерой степени уверенности в не полностью определенном предположении.

Выводы, которые делаются на основе гипотетической концепции, определяют у ЛПР состояние убежденности, которое является субъективной мерой истинности предпосылок, гипотез, правил построения вывода (то есть гипотетической концепции). Необходимо отметить, что процесс принятия решений основывается на оценках фактов, которые получают с помощью субъективных шкал, формируемых ЛПР. Степень близости субъективных оценок реальным фактам зависит от параметров шкал, которые могут изменяться в зависимости от эмоционального и физиологического состояния ЛПР [Симонов, 1981].

Если результат, полученный от реализации решения, сформированного на основе субъективных представлений ЛПР, не соответствует его ожиданиям, то он реализует немонотонный процесс пересмотра убеждений, который предполагает изъятие ошибочной предпосылки и/или введения новой. Новые убеждения появляются в связи с поступлением новой информации, полученной как от системы вывода, так и от системы мониторинга решений, или в связи с переоценкой по новой шкале имевшихся фактов.

Для повышения степени убежденности в истинности предпосылок и уверенности в предполагаемых результатах ЛПР использует

различные процедуры повышения своей информированности. В этой связи представляет интерес разработка математических моделей, учитывающих такое поведение ЛПР на основе теории нечетких систем и теории отношений [Zadeh, 1965].

1. Модель нечеткого выбора

Пусть имеется шкала X , которая может быть конечной или бесконечной. Предполагается, что на множестве X задано бинарное отношение \succ , обладающее свойствами асимметричности, транзитивности и слабой связности. Такое отношение называется отношением строгого предпочтения на множестве значений критерия. Известно, что слабая связность отношения \succeq означает, что для любых двух элементов x_1 и $x_2 \in X$, $x_1 \succeq x_2$ выполняется либо соотношение $x_1 \succ x_2$, либо соотношение $x_2 \succ x_1$.

Пусть A произвольное непустое нечеткое множество на множестве X .

Определение 1. Нечеткой функцией выбора называется отображение C , заданное на множестве всех непустых подмножеств $2^X \setminus \{\emptyset\}$, которое ставит в соответствие каждому $A \subset X$ определенное нечеткое множество $\Sigma(A)$ с функцией принадлежности $\mu_A(x)$, обладающей свойствами

$$\mu_A(x) \in [0, 1] \quad \forall x \in A \subset X,$$

$$\mu_A(x) = 0 \quad \forall x \in X \setminus A.$$

Будем считать, что возможна ситуация, когда для некоторых x

$$x \in A \subset X, \quad \mu_A(x) = 0 \quad \forall x \in X.$$

Это означает, что выбор из множества A является пустым, то есть $\Sigma(A) = \emptyset$. Другими словами, при предъявлении некоторых A имеет место отказ от выбора.

Согласно этому определению исход или выигрыш от выбора определяется нечетким подмножеством на множестве исходов O . Это позволяет использовать представления о ситуации выбора человека, на основе которых он устанавливает соответствия между альтернативами и исходом, используя нечеткие действительные числа.

Под нечетким числом понимается нечеткое подмножество универсального множества действительных чисел, имеющих нормальную и выпуклую функцию принадлежности такую, что [Рутковская и др., 2008]:

- существует значение носителя, в котором функция принадлежности равна единице.
- при отступлении от единицы вправо или влево функция принадлежности не возрастает.

При сравнении исходов, представленных в виде нечетких действительных чисел, в соответствии с принципом обобщения Заде необходимо определить меры для выявления предпочтений при сравнении нечетких действительных чисел.

2. Оценки предпочтений на множестве нечетких действительных чисел

Формирование нечеткого предпочтения на базе использования операций отношения между нечеткими действительными числами состоит в выявлении следующих ситуаций предпочтения: 1) строгое предпочтение; 2) безразличие; 3) большая предпочтительность; 4) не сравнимость. Графически эти ситуации можно представить следующим образом (рис. 1):

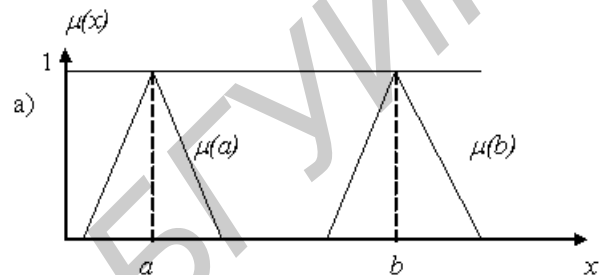


Рисунок 1а – Строгое предпочтение: ЛПР уверен, что b предпочтительнее a

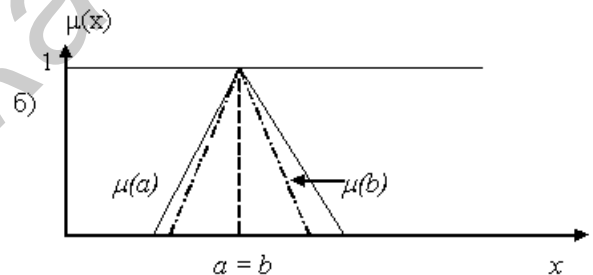


Рисунок 1б – Безразличие (равноценность a и b)

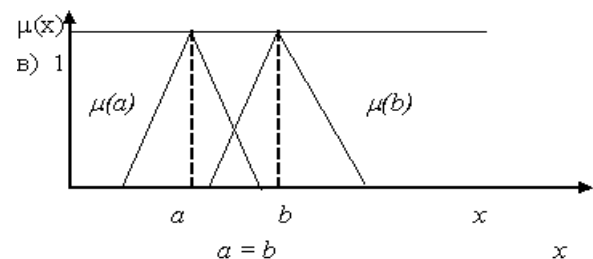


Рисунок 1в – Большая предпочтительность: ЛПР уверен, что a не предпочтительнее b

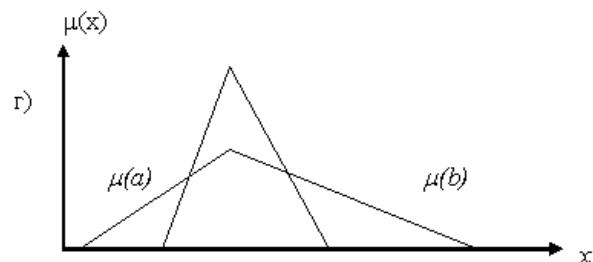


Рисунок 1г – Несравнимость: нельзя сказать ничего определенного о предпочтительности a перед b

Из теории нечетких множеств известно, что подмножество элементов множества X , для которых $\mu(x) > 0$, называется носителем (суппортом) нечеткого множества A :

$$A = \{(x, \mu_A(x)); x \in X\}$$

и обозначается $\text{supp } A$. Соответствующая формальная запись имеет вид

$$\text{supp } A = \{x \in X; \mu_A(x) > 0\}.$$

Тогда для случая а) $\text{supp } A \cap \text{supp } B = \emptyset$, то есть носители обоих нечетких множеств не имеют общих элементов.

Для случая б) нечеткое множество B содержится в нечетком множестве A или $\mu_B(x) \leq \mu_A(x)$, или $\text{supp } B \subset \text{supp } A$.

Случай б) предполагает две ситуации:

- нечеткое множество A равно нечеткому множеству B :

$$\mu_B(x) = \mu_A(x)$$

- нечеткое множество A почти равно нечеткому множеству B . Здесь можно ввести понятие степени равенства нечетких множеств A и B , например, в виде

$$E(A=B) = 1 - \max_{x \in T} |\mu_A(x) - \mu_B(x)|,$$

где $T = \{x \in X; \mu_A(x) \neq \mu_B(x)\}$.

Случай в) можно оценивать и с других позиций. Известно, что α -уровнем нечеткого множества $A \subseteq X$, обозначаемым, как A_α , называется четкое подмножество

$$A_\alpha = \{x \in X; \mu_A(x) \geq \alpha\}$$

то есть это подмножество определяется характеристической функцией

$$\psi_{A_\alpha}(x) = \begin{cases} 1 & \text{для } \mu_A(x) \geq \alpha \\ 0 & \text{для } \mu_A(x) < \alpha \end{cases}$$

Определение 2. Пусть нечеткие множества $A \subseteq X$ и $B \subseteq X$, где X – четкое множество. Пусть для каждого нечеткого множества определены множества α -уровня следующим образом

$$A_\alpha = \{x \in X; \mu_A(x) \geq \alpha\}$$

$$B_\alpha = \{x \in X; \mu_B(x) \geq \alpha\}$$

где $\mu_A(x)$ и $\mu_B(x)$ – функции принадлежности, значения которых выражают степень уверенности агента в принадлежности элемента x множествам A и B соответственно. Тогда альтернатива a будет предпочтительнее альтернативы b , тогда и только тогда, когда

$$x_a > x_b, \forall x_a \in A_\alpha(x), x_b \in B_\alpha(x),$$

то есть A больше B на уровне α .

Обозначим через $\underline{\alpha}$ минимальное значение α , при котором выполняется неравенство

$$x_a > x_b, \forall x_a \in A_\alpha(x), x_b \in B_\alpha(x).$$

Тогда $1-\underline{\alpha}$ будет степенью уверенности либо в предпочтительности a относительно b , либо в безразличии при выборе a или b .

По аналогии, если A_α содержится в B_α , то есть $A_\alpha \subseteq B_\alpha$, то говорят, что A содержится в B на уровне α . Так же, как и в предыдущем случае, можно ввести оценку степени уверенности $1-\underline{\alpha}$, где $\underline{\alpha}$ – это минимальное значение α , при котором будет справедливым $A_\alpha \subseteq B_\alpha$, то можно говорить, что $A_\alpha \subseteq B_\alpha$ со степенью уверенности равной $1-\underline{\alpha}$.

Величину $1-\underline{\alpha}$ можно считать мерой убежденности ЛПР в предпочтительности одной альтернативы над другой. Если величина $\rho=1-\underline{\alpha}$ возрастает (или $\underline{\alpha}$ уменьшается) утверждение A больше B (или A содержится в B) становится более ясным. При $\underline{\alpha}=0$ любой элемент, принадлежащий нечеткому множеству, будет для ЛПР достоверно принадлежать только этому множеству.

3. Убежденность и информация

Понятие степени убежденности при выборе альтернативы можно использовать как в классической, так и в поведенческой моделях выбора. Легко видеть, что величина $\rho=1-\underline{\alpha}$ зависит от вида функций принадлежности $\mu_A(x)$ и $\mu_B(x)$. Чем меньше размах $\text{supp } A$ и $\text{supp } B$ (интервал от минимального до максимального значения), тем более четко выражены представления ЛПР о ситуации выбора.

Введение меры степени убежденности при сравнении альтернатив позволяет:

- определить степень достаточности информации для принятия решения. При значении степени уверенности ниже некоторого порога принятие решения откладывается для сбора дополнительной информации или для коррекции;

- определить ценность для ЛПР собранной дополнительной информации. Она может быть равной нулю, если степень уверенности не изменится после ее получения. Если величина $\rho=1-\alpha$ выросла, то информация способствовала росту степени представления ЛПР о ситуации выбора. Если $\rho_i(\alpha_i) < \rho_{i-1}(\alpha_{i-1})$, то либо имеет место дезинформация, либо полученные данные разрушают представление ЛПР о ситуации выбора и требуются новые данные.

- интерпретировать влияние эмоционального фона на результат оценки ситуации. Эмоциональное состояние ЛПР, изменяющееся под влиянием

интенсивной рабочей нагрузки и связанное с переживаниями, вызванными дефицитом времени или большой ответственностью, ведет к увеличению нечеткости оценок и к снижению величины ρ .

Значение пороговой величины степени уверенности зависит от индивидуальных характеристик ЛПР: более осторожный человек потребует, чтобы степень уверенности была бы высокой; решительный, привыкший рисковать – менее высокой. Это позволяет сформулировать меру для количественной оценки типа ЛПР.

Величина $\Delta\rho_i = \rho_i - \rho_{i-1} > 0$ (< 0) позволяет определить направление поиска информации. Пусть имеются два высказывания $p \approx X$ есть G и $q \approx X$ есть F , где F и G – предикаты, представленные в виде нечетких множеств. Тогда, если $G \subset F$, ($p \Rightarrow q$ (p влечет q)). Это означает, что первое высказывание более информативно, чем второе.

Таким образом, степень убежденности при сравнении объектов для ЛПР описывает оценку степени разделения множеств, характеризующих каждый объект. Степень убежденности при поступлении более ценной информации не должна уменьшиться по сравнению со степенью убежденности, сформированной на основе данных прошлого опыта.

Таким образом, более информативное высказывание – это высказывание с меньшей нечеткостью, мешающей разделению объектов. Следовательно, изменение информированности ЛПР приводит к изменению его представлений и как следствие к изменению $\mu_i(x)$ и $\text{supp}A$, и они могут быть использованы в качестве мер информированности ЛПР.

Значит, в теории принятия решений для более четкого различения альтернатив между собой, нужно уменьшить нечеткость в оценке каждого исхода и выигрыша при применении альтернативы путем уменьшения нечеткости функции исхода и функции выигрыша (модели объекта и оценок результатов).

Достижение эффекта $G \subset F$ требует увеличения числа учитываемых при описании свойств. При этом каждый добавляемый признак должен увеличивать степень убежденности в различении объектов.

Увеличение числа признаков может привести к двум ситуациям:

- Новая информация увеличивает степень убежденности в $G \subset F$, то есть утверждение с новым признаком является более информативным, чем такое же утверждение, но без него.
- Если сравниваются два объекта с одним и тем же количеством оцениваемых свойств, к которым добавляется еще одно свойство, но его значение у обоих объектов имеет трудно различимую величину, то добавочная информация

не повышает степень убежденности в различимости объектов, но и не уменьшает ее.

Третий момент связан с использованием либо редуцированной информации, либо косвенной информации при принятии решения. В этом случае уменьшение информации не оказывает положительного влияния на степень уверенности в правильном разделении объектов.

4. Представления о предметной области

Понятие представления ЛПР о предметной области в описанном выше смысле связано с такими понятиями как предмет и метод в процессе познания [Новиков и др., 2007]. Это означает, что для ЛПР ситуация выбора должна быть чувственно отражаемой, ощущаемой объективной реальностью.

Все свои ощущения ЛПР анализирует, обобщает и выделяет в них основное, повторяющееся. В результате этого, у ЛПР создается некое представление об изучаемой ситуации выбора. Он старается создать у себя состояние убежденности в адекватности своих представлений, организуя для этого процесс сбора и обработки информации. Этот процесс опирается на уже имеющиеся знания. ЛПР пытается выразить в терминах естественного языка то, что он ощутил, понял, узнал. В результате, у него формируется вербальное описание представления о ситуации выбора, и он вкладывает в него вполне определенное содержание, соотносящееся со всеми его знаниями.

Поскольку это выражение зависит от прошлых представлений субъекта, его знаний и от его способности ощущать, воспринимать, отражать реальность, постольку это представление содержит его субъективное влияние.

Следует отметить, что ЛПР изучает ситуацию выбора с какой-то целью. Следовательно, представление о ситуации выбора – это чувственно отражаемые стороны, части, свойства и отношения объектов, изучаемые с определенной целью, обобщенно выделенные в знаковом представлении, которое постоянно наполняется содержанием, соответствующим развивающемуся знанию как о непосредственно изучаемом, так и обо всей объективной реальности в целом.

Таким образом, представление о ситуации выбора в его символическом выражении – это форма описания представления ЛПР ситуации выбора для моделирования возможных исходов, которая и является основой процесса выбора.

5. Представления как субъективная модель, связывающая способы действия и результат

Принимаемое ЛПР решение имеет внутреннюю структуру, которая определяется его представлениями о принципах, законах, ограничениях, целях. Представление следует

рассматривать как связующее звено между внешней средой (окружением) и принимаемым решением по управлению процессами в предметной области. Представления, на основе которых в схожих состояниях окружения принимаются решения, позволяющие достигать желаемых целей, будем называть *знаниями*. Формирование знаний основывается на принципе рациональности, согласно которому ЛПР так организует свои представления, чтобы на их основе было возможно достижение желаемых состояний (целей) при определенном диапазоне изменения свойств внешней среды.

Структура представлений. Пусть Ξ – ситуация целеустремленного выбора. Она содержит в себе Γ – ситуацию целеустремленного состояния, которая, если ее рассматривать непосредственно в связи с действием, может включать в себя: Lim – ограничения, C – способы действия, i – нормативные или идеальные элементы, ie – символические выражения нормативных или идеальных элементов, Ω – внешнюю среду, o – результаты, которые ЛПР принимает во внимание в ситуации Γ .

Ситуация целеустремленного состояния в сознании ЛПР существует в форме представлений, элементами которых является T – научно обоснованное знание, которым обладает агент. Оно, в свою очередь, содержит: F – множество верифицируемых фактов, L – логически правильные дедукции из F , tr – элементы, которые в терминах знания, имеющегося у ЛПР, могут считаться им правильно научно определенными, но на самом деле являются отклонениями от научного стандарта, их можно назвать ненаучными элементами. К последним относятся: f – утверждения, ошибочно принимаемые за факты (ложные предположения), l – логически ошибочные выводы, g – невежественность (незнание), то есть элементы, существующие объективно, но субъективно не обнаруживаемые, r – элементы, варьирующиеся произвольно относительно элементов, сформулированных как T и t . Кроме T в субъективном представлении о целеустремленной ситуации существуют: G – цель и P – правило выбора, связывающее G и Γ .

Виды представлений. ЛПР формирует представления по следующим компонентам целеустремленной ситуации: множеству доступных для него способов действия; возможных результатов от реализации этих способов действия; возможных состояний окружения выбора; вероятностей того, что каждое возможное состояние окружения выбора окажется истинным; эффективности каждого доступного способа действия по каждому возможному результату в каждом возможном состоянии окружения выбора; удельной ценности каждого возможного результата.

Представления как способ адаптации агента к окружению. Возможность самостоятельного выбора

ЛПР способа действия на основе собственных (субъективных) представлений о ситуации целеустремленного выбора для достижения цели (целей) интерпретируется как адаптивное, целенаправленное поведение. В этом смысле адаптация рассматривается как вид взаимодействия ЛПР со средой, в ходе которого он реализует свои требования и ожидания на основе воспринимаемой и осознаваемой им информации об изменяющихся свойствах и процессах ситуации целеустремленного выбора.

В процессе адаптации ЛПР: 1) изменяет свои представления о свойствах и закономерностях внешней среды и объекта управления; 2) изменяет свое поведение (способы действия на основе сформированных представлений), расширяет множество способов действия путем освоения новых; 3) организует целенаправленное изменение внешней среды для получения более выгодных ее состояний.

Будем считать, что ЛПР рационален: 1) его интересы выражаются в оценках ценности $\varphi_{ij}(O_i(C_j))$ ожидаемых им результатов $O_i, i=1, n$ от применения способов действия $C_j, j=1, m$ на основе представлений о ситуации выбора Γ ; 2) рациональность поведения ЛПР состоит в стремлении максимизировать удельную ценность ожидаемых результатов. Выбор способа действия ЛПР выполняется в условиях неполной информации и неопределенности.

С ростом сложности и динамичности процессов в среде Ω ЛПР строит первоначально представление о ситуации выбора в форме гипотезы, придавая наблюдаемым параметрам разную степень значимости и классифицируя их как свидетельства по признаку «за» или «против». Затем его усилия направлены как на поиск данных, подтверждающих выдвинутую гипотезу, так и на поиск данных, ее отрицающих. При этом он использует только ту информацию, которую считает необходимой и достаточной для понимания процессов в предметной области. Факторы, опровергающие гипотезу, заставляют ЛПР ее либо модифицировать, либо пересмотреть, включив в нее позитивные моменты из старой. Анализ данных об исходах позволяет сформировать вопросы (запросы) для подтверждения предположений, поиск информации для ответа на которые и является основой для принятия или отбрасывания первоначальных представлений. Такая стратегия позволяет в условиях неполноты и недостоверности исходной информации сформировать непротиворечивые отношения между наблюдаемыми параметрами и представлениями у ЛПР.

Оценки адекватности представлений ЛПР характеризует терминами лингвистической переменной «уровень убежденности».

Определение 1. ЛПР убежден в адекватности своих представлений в ситуации типа Ξ

относительно цели G , если он считает, что выбор способа действия C на их основе позволит ее достичь. При этом: 1) он воспринимает часть характеристик X ситуации Ξ , 2) относительно другой части он делает предположения и проявляет намерение доказать (проверить) их правдоподобность, 3) в аналогичных ситуациях типа Ξ , в которых он воспринимал присутствие (отсутствие) X и стремился к G , выбирая C , он всегда достигал G , 4) когда он наблюдал отсутствие (присутствие) X в ситуации выбора типа Ξ , он никогда не выбирал C для достижения цели G на основе данного представления.

Под предположением будем понимать принимаемое по умолчанию значение наблюдаемой характеристики или описание причинно-следственной связи между наблюдаемыми характеристиками.

Определение 2. Уровень убежденности ЛПР в своих представлениях о ситуации выбора типа Ξ относительно цели G определяется частотой ее достижения при выборе способа действия C на их основе.

Оценка уровня убежденности изменяется в пределах от нуля до единицы. Если число неудачных попыток достичь цели G при выборе способа действия C на основе представлений ЛПР возрастает, то уровень его убежденности уменьшается (и наоборот), что становится для него стимулом для приложения усилий по их модификации или полной реконструкции вследствие возрастания сомнения в правдоподобности сделанных предположений.

Наличие стремления проверить правильность предположений является мерой сомнений ЛПР.

Определение 3. Усилия, которые ЛПР затрачивает для доказательства (опровержения) предположений, характеризуют степень его сомнений относительно представлений о ситуации выбора типа Ξ при стремлении к цели G .

Согласно положениям теории психологии поведения, если уровень убежденности, который по определению 3 зависит от количества подтверждений правильности выбора на основе представлений, возрастает, то стремление ЛПР к проверке падает, так как он не видит в этом смысла. С другой стороны, возрастание степени сомнения ЛПР является стимулом для поиска дополнительных аргументов (контраргументов).

Параметром, учитывающим эти две характеристики, является степень убежденности S_u , рассматриваемая как

$$S_u = U_u^\alpha * (1 - S_s)^\beta \in [0,1], \alpha + \beta = 1,$$

где U_u – уровень убежденности (прошлый опыт); S_s – степень сомнения ЛПР в правильности своих представлений о ситуации выбора; α и β – коэффициенты значимости, которые ЛПР придает

своему опыту и необходимости поиска доказательств.

Предположение 1. ЛПР при формировании своих представлений в той или иной форме использует аппарат аргументации для построения последовательности гипотез, сходящихся к субъективно-истинной по убеждению.

Заключение

Предложенный подход может быть положен в основу построения интеллектуальных систем и предполагает:

- 1) разработку принципов построения эволюционных адаптивных баз данных и знаний;
- 2) разработку методов обработки данных на основе применения "активной" логической сети правил, управляемой потоком данных;
- 3) разработку методов быстрого поиска маршрута логического вывода на основе построения многополосной сети правил и поиска ее минимального разреза;
- 4) разработку методов распараллеливания потоковой обработки взаимозависимых данных путем построения виртуальных потоковых баз данных.

Библиографический список

- [Zadeh, 1965] Zadeh L. Fuzzy sets / L. Zadeh // Information and Control. - 1965 - №8, - P. 338-353.
 [Рутковская и др., 2008] Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы/ Рутковская Д. [и др.]; – М. Горячая линия – Телеком, 2006. – 452с.
 [Новиков и др., 2007] Новиков А.М. Методология./ А.М. Новиков, Д.А.Новиков – М.: Синтез, 2007. – 608 с.
 [Симонов, 1981] Симонов П.В. Эмоциональный мозг. М.: Наука, 1981. С. 140.

VALUATION MODELS CONVICTION ABOUT THE ADEQUACY OF THE PRESENTATION OF THE SUBJEC AREA IN THE PROBLEMS OF CHOICE

Vinogradov G.P. *, Filatov N.N. **

* Tver State Technical University,
Tver, Russia

wgp272ng@mail.ru-mail.address
nfilatova99@mail.ru-mail.address

The problem of decision-making when a person views the decision-making about the choice situation formed in the process of constructing its model. To do this, organized the collection of information for the "removal" of the various uncertainties and the formation of a hypothetical model of a situation of choice. Collection of information and stops after the person in the decision-making state conviction in the correct understanding of connections and relationships between objects in the domain. Fuzzy measures proposed for inclusion in the assessment of the state of the model of choice.