

**СУБЪЕКТИВНЫЕ ОЦЕНКИ УБЕЖДЕННОСТИ АГЕНТА  
В АДЕКВАТНОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ В  
ЗАДАЧАХ САПР****Бурдо Г.Б., Виноградов Г.П.***Тверской государственной технической университет, г. Тверь*

*Рассматривается проблема построения моделей убежденности лица, принимающего решения, в своих представлениях о процессах, явлениях предметной области. Предложена нечеткая мера для сравнения и упорядочивания вариантов представлений, отличающихся степенью учета дополнительной информации.*

При решении задач выбора решений лицо, принимающее решения (агент), использует модель предметной области, отражающую его представления о ней. Представления-модели наиболее доступны сознанию и их следует рассматривать как внутренний интерфейс между внешней средой и принимаемым решением организующим мышлением [3]. В психологии установлено, что основные механизмы мышления включают инстинкты, концепции, эмоции и поведение. Из перечисленных механизмов мышления наиболее доступны сознанию – это концепции. В работе [1] предлагается использовать для механизма концепций термин *модель*, которую следует рассматривать как внутреннюю модель мышления. Выводы, которые делаются на основе гипотетической концепции, определяют у агента состояние убежденности, которое является мерой истинности предпосылок, гипотез, правил построения вывода. Если результат, полученный от реализации решения, сформированного на основе субъективных представлений агента, не соответствует его ожиданиям, то он реализует немонотонный процесс пересмотра убеждений, который предполагает изъятие ошибочной предпосылки и/или введения новой. Убеждения, таким образом, являются следствием информации, полученной как от системы вывода, так и от системы мониторинга решений.

Такое поведение связано с фундаментальной ролью эмоций в мышлении, которые связаны с инстинктом к познанию, выражающемуся в максимизации степени близости между гипотетическими концепциями и реальным миром [3]. Соответствие концепций-моделей предметной области, контролируемое эмоциями человеком оценивается убежденностью в высокой степени вероятности наступления желательного исхода от реализации способа действия, выбранного на основе представлений.

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 предпочте-

ния. Известно, что слабая связность отношения  $\succeq$  означает, что для любых двух элементов  $x_1$  и  $x_2 \in X$ ,  $x_1 \neq x_2$  выполняется либо соотношение  $x_1 \succ x_2$ , либо соотношение  $x_2 \succ x_1$ .

Пусть  $A$  – произвольное непустое множество на множестве  $X$  и  $A \subseteq X$ . Нечетким множеством  $A$  на множестве  $X$  называется совокупность пар  $A = [\mu_A(x), x]$ , где  $\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$  – функция принадлежности нечеткого множества  $A$  [4].

*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

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

Будем считать, что возможна ситуация, когда для некоторых  $x \in A \subset X$ ,  $\mu_A(x) = 0 \quad \forall x \in X$ . Это означает, что  $\Sigma(A) = \emptyset$ . Другими словами, при предъявлении некоторых  $A$  имеет мест отказ от выбора.

С математической точки зрения задача принятия решений (ПР) является «незамкнутой». Необходима дополнительная информация в форме гипотез о модели ситуации выбора: целей, критериев оценки их достижения, структуры и параметров модели ограничений. Только субъект – участник процесса принятия решений может быть источником такой информации, которая формируется им на основе содержательного анализа, отражающим его субъективное восприятие состояния целеустремленного выбора.

В итерационном процессе формирования представлений человек переживает особое эмоциональное состояние, которое в психологии называют состоянием убежденности, а мерой его является степень убежденности. Эта мера может быть выявлена при сравнении и упорядочивании вариантов представлений, отличающихся степенью учета дополнительной информации. Значения таких оценок образуют лингвистические термы нечеткой переменной «степень убежденности». Каждому терму, в свою очередь, ставится нечеткое число.

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.

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

нечеткого множества  $A = \{x, \mu_A(x); x \in X\}$  и обозначается  $\text{supp } A$ . Соответствующая формальная запись имеет вид  $\text{supp } A = \{x \in X; \mu_A(x) > 0\}$ .

Тогда для случая 1)  $\text{supp } A \cap \text{supp } B = \emptyset$ , то есть носители обоих нечетких множеств не имеют общих элементов.

Для случая 2) нечеткое множество  $B$  содержится в нечетком множестве  $A$  ( $A \subset B$ ) или  $\mu_B(x) \leq \mu_A(x)$ , или  $\text{supp } B \subset \text{supp } A$ .

Случай 2) предполагает две ситуации: а) нечеткое множество  $A$  равно нечеткому множеству  $B$ ; б) нечеткое множество  $A$  почти равно нечеткому множеству  $B$ . В первом варианте  $\mu_B(x) = \mu_A(x)$ , а во втором – можно ввести понятие степени равенства нечетких множеств  $A$  и  $B$ , на-

пример, 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 3) можно оценивать и с других позиций. Известно, что  $\alpha$ -уровнем нечеткого множества  $A \subseteq X$ , обозначаемым, как  $A_\alpha$ , называется четкое подмножество  $A_\alpha = \{x \in X; \mu_A(x) \geq \alpha\}$ .

Из определения  $\alpha$ -уровня нечеткого множества следует истинность импликации  $\alpha_1 < \alpha_2 \Rightarrow A_{\alpha_2} \subset A_{\alpha_1}$ .

*Определение 2.* Пусть нечеткие множества  $A \subseteq X$  и  $B \subseteq X$ , где  $X$  – четкое множество. Пусть для каждого нечеткого множества определены множества  $\alpha$ -уровня следующим образом  $A_\alpha = \{x \in X; \mu_A(x) > \alpha\}$

$B_\alpha = \{x \in X; \mu_B(x) > \alpha\}$ , 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  $\alpha$ .

Обозначим через  $\underline{\alpha}$  минимальное значение  $\alpha$ , 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 в предпочтительности  $a$  относительно  $b$  и безразличия при выборе  $a$  или  $b$ .

По аналогии, если  $A_\alpha$  содержится в  $B_\alpha$ , то есть  $A_\alpha \subseteq B_\alpha$ , то говорят, что  $A$  содержится в  $B$  на уровне  $\alpha$ . Так же, как и в предыдущем случае, можно ввести оценку степени уверенности  $1-\underline{\alpha}$ , где  $\underline{\alpha}$  – это минимальное значение  $\alpha$ , при котором будет справедливым  $A_\alpha(x) \subseteq B_\alpha(x)$ , то можно говорить, что  $A_\alpha(x) \subseteq B_\alpha(x)$  со степенью уверенности равной  $1-\underline{\alpha}$ . Величину  $1-\underline{\alpha}$  можно считать мерой убежденности агента 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 агент достоверно принадлежать только этому множеству.

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

Значение пороговой величины степени уверенности зависит от индивидуальных характеристик агента, что позволяет использовать эту величину как меру для количественной оценки типа агента.

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

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

В работе [2] показано, что рациональность в поведении агента связана со стремлением его к максимизации ожидаемой удельной ценности *EV* целеустремленной ситуации. Процесс достижения цели рассматривается как многошаговый процесс принятия и реализации решений в условиях неполной информации. Он реализуется в виде последовательности задач, а задачи реализуются через итоги. На каждом шаге агент анализирует величину ожидаемой удельной ценности результата. Мерой для этого является критерий удовлетворенности (как результат эмоционального переживания агента). Если его величина меньше некоторой пороговой величины, то агент считает, что возникла проблемная ситуация, требующая применения одной из форм адаптивного поведения, в противном случае он считает, что желаемый результат достигнут.

В процессе рассуждений о предметной области в условиях неполноты информации человек формирует гипотетическую концепцию, объясняющую возможность появления желательного исхода на основе результатов наблюдений и вводимых предположений. Для повышения степени истинности введенных предпосылок организуется по шаговому сбор и анализ на каждом шаге дополнительной информации. Очевидно, что он продолжается до тех пор, пока степень уверенности в том, что выдвинутая гипотетическая концепция станет представлять логически взаимосвязанную систему утверждений и доказательств, способную объяснять и предсказывать возможные исходы в предметной области, будет превышать некоторый пороговый уровень. Процесс рассуждений соотносится с результатами информационного поиска на каждом шаге. Эта аналогия позволяет использовать для моделирования процесса рассуждений агента систему активной логики [3]. Наблюдения могут осуществляться на любом шаге дедуктивного процесса. Результатом наблюдения является формула, выражающая некоторое утверждение и ассоциированная с соответствующим шагом.

#### Литература

1. Jakendoff, R. Foundations of Language: Brain, Meaning, Grammar, Evolution. / R. Jakendoff – Oxford Univ. Press, New York, NY, 2002. – 202 p.
2. Виноградов, Г.П., Кузнецов В.Н. Моделирование поведения агента с учетом субъективных представлений о ситуации выбора. / Г.П. Виноградов, В.Н. Кузнецов – Искусственный интеллект и принятие решений. № 3. 2011. – с. 58-72.
3. Симонов, П.В. Эмоциональный мозг. / П.В. Симонов – М.: Наука, 1981. – С. 140.
4. Рутковская, Д., Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский – М.: Горячая линия – Телеком, 2006 – 452 с.