

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА О СОСТОЯНИИ ЦЕЛЕУСТРЕМЛЕННОГО ВЫБОРА

Г. П. Виноградов

Тверской государственной технический университет, 170000, Тверь, Россия

УДК 004.832.2

Предлагается рассматривать процесс формирования представлений агента на базе немонотонной логики рассуждений для определения отношения порядка на множестве аргументов. Показано, что рассуждения о наблюдаемых параметрах, признаках и их сочетаниях являются процессом обоснования или опровержения последовательности гипотез, сходящейся по убеждению.

Ключевые слова: интеллектуальный агент, принятие решений, ситуация выбора, убежденность, немонотонная логика рассуждений, целеустремленность.

Proposed review process of the formation of representations of agent-based nonmonotonic logic of reasoning to determine the order relation in the set of arguments. We show that reasoning about the observed parameters, symptoms and their combinations are the justification process or refute the sequence of hypotheses converging on conviction.

Key words: intelligent agent, decision making, the situation of choice, conviction, nonmonotonic logic, tenacity.

Введение. В работе [1] рассмотрена модель принятия решений целеустремленным агентом на основе представлений о ситуации целеустремленного выбора. Как правило, агент имеет собственное, субъективное представление (модель) о состоянии целеустремленного выбора, на основе которого он может провести анализ возможных состояний, достигаемых при различных вариантах его поведения. Вводя на множестве возможных состояний отношение порядка, агент определяет наиболее желательные состояния, т. е. принимает решение. Очевидно, что качество принимаемых решений будет определяться адекватностью его представлений. Изучение принципов, правил, процедур формирования представлений создает предпосылки для решения проблемы моделирования познавательных процессов и управления ими. Такое управление следует рассматривать и как воздействие на структуру представлений агента с целью побуждения его к совершению требуемых действий [2], и как воздействие на поиск им принципиально новых решений.

Исследованию данной проблемы посвящено большое количество работ, анализ которых с описанной выше точки зрения проведен в [3]. Однако в этих работах практически не рассматривается технология использования формальных методов, созданных в теории искусственного интеллекта, и творческого начала, которое проявляется в различных формах активного поведения агента.

Агент строит свои представления, основываясь на рассуждениях о наблюдаемых параметрах, их взаимосвязях, которые могут подтверждать или опровергать его гипотезу о характере процессов в исследуемой предметной области. Как правило, рассуждения агента основываются на неполной, неточной и изменчивой информации, поэтому они имеют предположительный характер, что делает их лишь правдоподобными по отношению к рассматриваемой предметной области, которая в большинстве случаев представляет собой сла-

боструктурированную область знания. Оценкой такой правдоподобности является степень убежденности агента в адекватности его представлений.

В процессе анализа агент формирует свое представление о ситуации выбора как первоначальную гипотезу, придавая наблюдаемым параметрам разную степень значимости и классифицируя их как свидетельства по признаку “за” или “против”. Затем усилия агента направлены как на поиск данных, подтверждающих выдвинутую гипотезу, так и на поиск данных, ее отрицающих. При этом агент использует не всю информацию, а только ту, которую считает необходимой и достаточной для понимания процессов в предметной области.

Факторы, опровергающие гипотезу, заставляют агента либо модифицировать ее, либо пересмотреть, включив в нее преимущества прежней гипотезы. Анализ данных позволяет сформулировать вопросы (запросы) для подтверждения предположений, поиск информации для ответа на которые и является основой для принятия или отбрасывания первоначальных представлений. В условиях неполноты и недостоверности исходной информации такая стратегия позволяет сформировать непротиворечивые отношения между наблюдаемыми параметрами и представлениями агента.

1. Предположения, убеждения, сомнения и их оценки. Агент строит последовательность умозаключений об адекватности своих представлений в соответствии со своим субъективным уровнем убежденности.

Определение 1. Агент убежден в адекватности своих представлений в ситуации выбора типа Ω относительно цели G , когда он считает, что выбор способа действия C на их основе позволит ее достичь. При этом: 1) он воспринимает часть характеристик X ситуации выбора Ω ; 2) относительно другой части он делает предположения и проявляет намерение доказать (проверить) их правдоподобность; 3) в аналогичных ситуациях выбора типа Ω , в которых он воспринимал присутствие (отсутствие) X и стремился к G , выбирая C , он всегда достигал G ; 4) когда он наблюдал отсутствие X в ситуации выбора типа Ω , 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.

Представления агента характеризуются уровнем убежденности.

Определение 2. Уровень убежденности агента в своих представлениях о ситуации выбора типа Ω 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 агента возрастает, то уровень убежденности агента 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 агента.

Определение 3. Усилия, которые затрачивает агент для доказательства (опровержения) предположений, характеризуют степень его сомнений относительно представлений о ситуации выбора типа Ω относительно цели G .

Согласно положениям теории психологии поведения, если уровень убежденности, который по определению 2 зависит от количества подтверждений правильности выбора на основе представлений, возрастает, то стремление агента к проверке падает, так как он не видит в

этом смысле. В то же время возрастание степени сомнения агента является стимулом для поиска дополнительных аргументов (контраргументов).

Параметром, учитывающим указанные две характеристики, является степень убежденности, определяемая формулой

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

где S_u — степень убежденности; U_u — уровень убежденности (прошлый опыт); S_s — степень сомнения агента в правильности его представлений о ситуации выбора; α, β — коэффициенты значимости, которые агент придает своему опыту и необходимости поиска доказательств.

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

Предположение 2. Агент, рассматривая наступившее событие А считает, что его вызывает событие В. В то же время, наблюдая событие А, он делает заключение о возможности наступления события В.

В процессе формирования представлений требуется учитывать неопределенность используемых понятий и их характеристик о ситуации выбора, что порождает нечеткость в оценках. Поэтому агент при озвучивании своих представлений использует вербальную оценку “мне кажется”. Это объясняется тем, что разная степень уверенности отражает неполноту информации о конкретной ситуации выбора, так как используемые параметры нужно рассматривать как обобщенные показатели, зависящие от ненаблюдаемых переменных. Последующая аргументация направлена на уменьшение неопределенности, поэтому нечеткость может периодически изменяться (уменьшаться или увеличиваться), в том числе вследствие раскрытия связей между признаками.

Шкала возможных оценок достоверности предполагаемой гипотезы (лингвистическая переменная, характеризующая степень убежденности агента) может включать следующие термы: “абсолютно достоверно”, “скорее всего”, “спорные сведения”, “маловероятно”, “сомнительно, но не исключено”, “крайне маловероятно”. Эти термы связаны с семантической оценкой аргументации при обосновании представлений, например: “фактическая истина” (аргументы “за” при отсутствии аргументов “против”), “фактическая ложь” (аргументы “против” при отсутствии аргументов “за”), “фактическое противоречие” (аргументы и “за”, и “против”) и, наконец, “неопределенность” (нет аргументов ни “за”, ни “против”).

Базовым множеством для формирования указанных термов являются оценки, определяемые по выражению (1), в котором U_u является измеряемой величиной, а S_s — нечеткой оценкой на множестве отношений возможных усилий агента к максимально возможному значению.

2. Этапы процесса формирования представлений. В процессе формирования представлений можно выделить три этапа: 1) выдвижение предварительной базовой и конкурирующих гипотез; 2) сбор данных (исследование) и построение на их основе последовательности улучшаемых гипотез; 3) обоснование окончательной гипотезы — представление агента по убежденности.

На первом этапе по результатам анализа принимаемых во внимание количественных и качественных параметров агент строит исходную гипотезу путем “неаргументированного” рассуждения по принципу “поскольку имеются признаки... может быть ситуация...”, не используя систему доказательств, а лишь излагая свойства в логически последовательной форме [4]. При построении исходной гипотезы учитывается также контекст.

На первом этапе формируется множество значимых параметров и признаков, выявляются причинно-следственные связи между параметрами в соответствии с первоначальной гипотезой. Выбор анализируемых признаков и оценка их значимости носят условно-объективный характер, так как в этом процессе большое значение имеют сумма знаний агента, степень стремления агента, его практический опыт, понимаемый как “архив” лично наблюдаемых прецедентов.

На втором этапе с использованием аргументации “за” и “против” путем ввода новых и отбрасывания ложных предположений формируется последовательный ряд уточняющих и конкурирующих гипотез, для каждой из которых строятся оценки степени убежденности в адекватности.

Каждое умозаключение формируется на основе дополнительной информации, полученной в результате изучения предметной области.

Рассуждения, предполагающие открытость множества возможных предположений, фактов и их значимости (ценности), являются рассуждениями, основанными на немонотонной логике. Применение принципов немонотонной логики позволяет уменьшить возможность формирования ошибочного представления на основе первоначальной гипотезы и оценить степень убежденности агента в необходимости сбора и анализа дополнительных данных.

На третьем этапе выполняется критическая оценка сформированных гипотез с использованием аргументов и контраргументов. При этом также осуществляются сбор дополнительной информации, анализ данных и результатов исследования. Показателями эффективности этого процесса являются время формирования окончательного представления и стоимость получения дополнительных данных.

Данные три этапа определяют движение к формированию представлений агента по убеждению, которые являются основой для принятия решения и их правдоподобности. Этот процесс является итерационным и интерактивным, так как предполагает удаление предположений и принятие новых, удаление и ввод новых аргументов. В этом случае проблема управления выбором правил вывода становится проблемой рефлексивного выбора агента [2].

Аргументация, основанная на рассуждениях, опыте и знании литературы, опирается на систему убеждений агента, включающих его индивидуальные психологические характеристики, и его рефлексивность, что определяет способность самооценки и коррекции возникающих у него гипотез. В свою очередь эта способность является предпосылкой для порождения дискретной последовательности гипотез-представлений агента с разным уровнем убежденности, сходящейся по убеждению.

3. Использование аналогий в процессе рассуждений. Рассуждения на основе немонотонной логики опираются на скрытые ассоциации и аналогии [4]. Так как рассуждение представляет собой совокупность суждений, а суждение — это либо обоснованное, доказанное предположение, опирающееся на факты, либо принимаемое по умолчанию предположение, формируемое на основе аналогов (прецедентов), то использование аналогий и ассоциаций позволяет проецировать прошлый опыт на текущую ситуацию выбора. Способность агента к такому проецированию позволяет значительно ускорить сходимость его представлений по убеждению.

Факторы, влияющие на степень убежденности агента в правдоподобности формирования представлений по аналогии, — это количество одинаковых признаков, значимость одинаковых признаков, связи и отношения между признаками. Степень убежденности представления, сформированного по аналогии, увеличивается с увеличением числа одинаковых признаков и связей между ними. Относительно других характеристик высказываются пред-

положения исходя из предыдущего опыта, интуиции и с учетом выполнения ряда условий, которые делают предположения правдоподобными.

Механизм вывода, использующий методы теории аналогий, встраивается в общий процесс аргументационного формирования, основой которого является накопление в памяти прецедентов. Формальной основой построения познавательных процедур, включающих правила правдоподобного вывода, порождающие гипотезы о причинах, правила вывода по аналогии, абдуктивный и индуктивный вывод, является ДСМ-рассуждение, в котором высказывания оцениваются посредством сопоставления аргументов “за” и “против” [5]. Логика аргументации ДСМ-рассуждений предполагает, что: 1) условия их применимости могут быть точно определены (и даже аксиоматизированы); 2) они состоят из последовательной рекуррентной реализации двух типов правил правдоподобного вывода, которые применяются к начальному состоянию данных и к последующим состояниям данных, порожденных применением этих правил; 3) они содержат правила порождения гипотез о причинах эффектов (множеств свойств объектов) и правила прогнозирования наличия или отсутствия свойств у объектов (правила вывода по аналогии); 4) множество порожденных гипотез принимается лишь в силу выполнимости критерия достаточного основания, формулируемого как специальная аксиома, регулирующая и принятие гипотез, и расширение исходной выборки; 5) существует возможность порождения на заключительном этапе индуктивных обобщений.

4. Формирование представлений в процессе наблюдений за последовательностью состояний целеустремленного выбора. Рассмотренные выше способы построения представлений предполагают наличие возможности сбора данных для формирования полного и непротиворечивого множества фактов, а также доказанных и проверенных предположений. Это справедливо как для четкого, так и для нечеткого логического вывода.

Однако нередко данных наблюдения за ситуацией выбора и возможностей для подтверждения (опровержения) предположений, положенных в основу первоначального предположения, недостаточно. Необходимым условием для получения требуемой информации является новая ситуация целеустремленного выбора, сформировавшаяся после принятия решения на основе первоначальных представлений. В этом случае имеет место сочетание процессов изучения свойств предметной области и управления ею по схеме: анализ ситуации целеустремленного выбора — рассуждения и аргументация включая аналогии — формирование конкурирующих гипотез-представлений — выбор представления по степени убежденности на основе анализа аргументов и контраргументов — принятие решения — пополнение данных и знаний по новой ситуации целеустремленного выбора — повторный цикл аргументации и рассуждения — корректировка представлений и т. д.

Общепринятой формой реализации механизма управления процессом рассуждений является организация агентом мысленной дискуссии, в ходе которой выдвигаются и используются аргументы и контраргументы, определяются требования на формирование дополнительных аргументов и т. д. Такие дискуссии должны использовать формальные процедуры проверки на непротиворечивость аргументов с целью рассуждения G , проверки на невыводимость, критерии соответствия аргументов цели рассуждения, процедуры обнаружения сходства объектов, входящих в аргументы, релевантные цели рассуждения, процедуры построения смыслового соответствия между запросом и полученной информацией и т. п.

Агент должен уметь отбирать требуемую информацию, формировать соответствующую аргументацию на базе прецедентов, разрабатывать тестовые примеры для проверки рассуждений на основе сделанных предположений, обосновывать предположения, прогнозировать возможность достижения желаемой цели G путем выбора решения C на основе сформиро-

ванных представлений. Это зависит от объема и актуальности знаний агента, его опыта, знания контекста и интуиции.

Возможности формальных методов и информационных технологий в таком процессе основаны на стратегии комбинирования правил правдоподобного вывода (ППВ) I рода, порождающих (\pm)-причины, и ППВ II рода, являющиеся умозаключениями по аналогии [5]. При этом осуществляются:

1) поиск существенного сходства на множестве исследуемых объектов в доступном информационном пространстве;

2) выявление факторов, способствующих и препятствующих достижению желаемых целеустремленных состояний, подтверждающих (опровергающих) сформированное представление;

3) поиск прецедентов с использованием методов семантической кластеризации, основой которой являются результаты исследования информационного пространства на базе методов формирования дерева онтологий понятий, относящихся к ситуации целеустремленного выбора;

4) использование методов Data Mining для подтверждения или опровержения эмпирической зависимости, сформированной на основе данных о ситуации выбора;

5) использование средств Visual Mining для отображения результатов рассуждений и организации интерактивного итерационного процесса корректировки представлений при пополнении множества фактов и предположений, определении направления повышения степени убежденности агента путем поиска фактов и аргументов “в полезном направлении”.

5. Согласование представлений. Существование представлений агентов, имеющих различную личностную оценку степени убежденности, которая проявляется в различиях структуры множества аргументов, понимания существования отношения порядка на множествах аргументов, предполагает их согласование.

Открытое обсуждение ситуации агентов с выдвижением и рассмотрением гипотез может основываться на логике аргументации и теории диспутов [6], позволяет активизировать интуицию агента и глубину его рефлексии [7], согласовать полноту и непротиворечивость множества фактов и предположений, положенных в основу рассуждений, корректность правил вывода результатов, согласовать процедуры обоснования предположений, сформировать направление поиска дополнительных данных по результатам использования контраргументов.

Для оценки аргументации может быть использован эвристический принцип доверия [6], суть которого состоит в том, что если при максимально возможных попытках факта опровержения гипотезы не происходит, то она считается апостериорно обоснованной и принимается в качестве представления агента по убеждению.

Второй оценкой может являться критерий достаточного основания, согласно которому, если сделанные предположения и доказуемые суждения на основе фактов принимаются истинными, то гипотеза принимается как истинная по убеждению, а процесс аргументации — как правильный.

В сложных ситуациях при недостатке аргументов “за” и дефиците времени для их поиска реализуется так называемый принцип доверия, согласно которому все аргументы “против” считаются незначимыми, если они не являются конструктивными.

При выполнении критерия достаточного основания или эвристического принципа доверия результаты рассуждения (система высказываний) принимаются, в противном случае расширяется множество посылок рассуждения либо после некоторой последовательности

расширения множества посылок рассуждения тестируемое множество результатов рассуждения не принимается.

Заключение. Формирование представлений агента на основе принципов аргументации и контраргументации в сочетании с использованием аналогов (прецедентов) включает этапы выдвижения гипотез с последующим их обоснованием или отклонением путем привлечения дополнительных фактов. Агент должен быстро выделять ведущие характеристики ситуации выбора и анализировать нечеткие представления, опираясь на систему аргументов, учитывающую отношения признаков, и используя способы обработки нечетких данных. Формализация рассуждений в рамках квазиаксиоматической теории позволяет уточнить феномен правильности (или корректности) рассуждения путем эмоционального переживания агента и формирования на этой основе определенной степени убежденности в адекватности своих представлений. Такой подход может служить основой для понимания принципов рассуждений и познавательных актов агента.

Список литературы

1. Виноградов Г. П. Модель принятия решений интеллектуальным агентом // Тр. Междунар. конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям (AIS-IT'09): В 4 т. М.: Физматлит, 2009. Т. 1. С. 127–134.
2. Новиков Д. А. Рефлексивные игры / Д. А. Новиков, А. Г. Чхартишвили. М.: Синтег, 2003.
3. Новиков Д. А. Обобщение задач стимулирования в активных системах. М.: ИПУ РАН, 1998. 68 с.
4. Поспелов Д. А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. М.: Радио и связь, 1989.
5. Финн В. К. Об одном варианте логики аргументации // НТИ. Сер. 2. Информ. процессы и системы. 1996. № 5/6. С. 3–19.
6. Есенин-Вольпин А. С. О теории диспутов и логике доверия // Философия. Логика. Поэзия. Защита прав человека: Избранное. М.: Рос. гос. гуманит. ун-т, 1999. С. 178–192.
7. Виноградов Г. П., Кузнецов В. Н. Модель согласования представлений интеллектуальных агентов // Сб. ст. 3-й Всерос. науч. конф. "Нечеткие системы и мягкие вычисления (НСМВ-2009)". М.: Физматлит, 2009. С. 121–126.

*Геннадий Павлович Виноградов — канд. техн. наук,
проф. Тверского государственного технического университета;
e-mail: wgp272ng@mail.ru*

Дата поступления — 24.04.10