

Цифровая экономика и управление

УДК 519.876.2

DOI:10.25729/ESI.2025.40.4.011

Моделирование представлений агента в интеллектуальной организации

Виноградов Геннадий Павлович

НИИ Центрпрограммсистем,

Россия, Тверь, wgp272ng@mail.ru

Аннотация. *Актуальность.* Совместная работа интеллектуальных агентов (персонала) в составе организации делает актуальными исследования по разработке методов согласования восприятия ситуации целеустремленного состояния, целей, интересов, ценностей, норм и создания общих представлений о ситуации выбора. *Цель работы.* Используя принцип параллельного восприятия, предложить подход и модель согласования восприятия и представлений о ситуации выбора. Это обеспечивает: а) расширение диапазона подходов при формировании стратегии и тактики эволюции организационной системы; б) раннее обнаружение и понимание тенденций и формирование согласованного представления о будущем; г) базу для экспериментирования и предвидения новых идей; д) наращивание потенциала для саморазвития; е) укрепление и развитие интеллектуального капитала организации; з) согласованное представление о проблемах. *Использованы методы* теории нечетких множеств, теории активных систем, теории нечетких моделей и сетей. *Основные результаты.* Введено понятие субъективного представления о предметной области. Для формализации представлений предложено использовать нечеткую продукционную модель. Приведены описание структуры представлений и один из вариантов ее адаптации. Рассмотрены способы оценки полезности модели представлений и ее формализации. Для описания модели обучения организации предложен подход, основанный на гипотезе общности целей и интересов персонала (агентов) системы. Справедливость этой гипотезы следует из очевидного факта, что в организации, вследствие разделения труда, результат каждого зависит от совместных усилий всех. Следовательно, индивидуальные вклады агентов, основанные на озарении, интуиции, знании, опыте, располагаемой информации конкретного агента с отличающимися друг от друга ценностями, нормами, представлениями, структурами целей, способностями, когда они собираются вместе для выполнения некоторой работы, и определяют будущий результат.

Ключевые слова: модель, интеллектуальный агент, паттерн, знания, адаптация

Цитирование: Виноградов Г.П. Моделирование представлений агента в интеллектуальной организации / Г.П. Виноградов // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2025. – № 4(40). – С. 138-150. – DOI:10.25729/ESI.2025.40.4.011.

Введение. Под интеллектуальной организацией понимается организация, способная доминировать в условиях неопределённости и риска за счет стимулирования появления креативных идей, процессов и моделей поведения, позволяющих превратить идеи в бизнес-решения [1]. Совместная работа интеллектуальных агентов (персонала) в составе организации предполагает согласование восприятия ситуации целеустремленного состояния, целей, интересов, ценностей, норм и создание общих представлений о ситуации выбора [2]. На основе согласованных представлений принимается согласованный план действия и выполняются конкретные действия для достижения согласованной цели (целей) организации. При этом должны быть удовлетворены ожидания каждого отдельного агента. Это создает основу для концентрирования внимания каждого к выявлению резервов, формулированию проблем и ошибок, что позволяет контролировать весь процесс, изменяя его по мере необходимости [3, 4]. Эта форма контроля ведет к новому уровню понимания проблем, появлению новой информации и знания, которые также должны быть проработаны с целью получения нового согласованного понимания ситуации и выработки нового согласованного плана действий. Этот циклический процесс продолжается постоянно и является основой прогрессивной эволюции организации [5].

Предлагаемая модель включает в себя два цикла: а) цикл формирования согласованного представления о ситуации выбора и согласованного стратегического плана действий; б) цикл реализации согласованного плана.

Агенты команды, используя принцип параллельного восприятия, на основе различия в восприятии и установках генерируют новые идеи, которые, в свою очередь, являются основой для инноваций. Результатом становится согласование восприятия и представлений о ситуации выбора. Это обеспечивает: а) расширение диапазона подходов при формировании стратегии и тактики эволюции организационной системы; б) раннее обнаружение и понимание тенденций и формирование согласованного представления о будущем; г) базу для экспериментирования и предвидения новых идей; д) наращивание потенциала для саморазвития; е) укрепление и развитие интеллектуального капитала организации; з) согласованное представление о проблемах.

Достижение такого состояния будем называть *информационным равновесием*. Оно является основой для согласования целей системы и агентов и формирования на этой основе согласованного стратегического плана эволюции организационной системы. Формирование убежденности в реализуемости согласованного плана развития происходит на основе апробации, например, средствами имитационной модели.

Реализация согласованных представлений о целях, способах действия не требует творческого напряжения: все усилия агентов будут направлены на реализацию принятых решений. Каждый агент может четко прогнозировать поведение партнеров (выполняется гипотеза детерминизма за счет принятия каждым агентом согласованных обязательств).

Реализация приведенных схем требует от управляющей системы предвидения поведения, как управляемых субъектов, так и окружения. В условиях неопределённости и риска, когда динамика всех процессов резко меняется и возникают разрывы непрерывности, управление процессом поиска новых идей приобретает критическое значение. Это требует формирования специальных информационных воздействий на персонал организации, целью которого является стимулирование его креативного потенциала или склонение к принятию решений, предопределенных управляющей системой [6].

Модель принятия решений интеллектуальным агентом, предложенная в [7, 8], создала возможность выполнять оценки эффективности такого воздействия до его реализации. Она явилась стимулом к развитию новых методов информационного воздействия и новых моделей выбора агентом, у которого есть внутренние образы себя, центра и других агентов. Это расширяет рамки предметной области теории принятия решений, где считалось, что нельзя воздействовать на представления других агентов о ситуации выбора, что приводило к парадигме предсказания: принимающий решение должен предугадать возможные реакции других агентов в различных ситуациях. Использование модели выбора агента на основе субъективных представлений позволяет существенно сузить рамки парадигмы предсказаний, заменив ее парадигмой предопределения будущего, что создает основу для детерминации поведения агентов.

1. Субъективные представления – основа принятия решений агентом. Агент живет и действует в объективно существующем мире, но все свои действия он осуществляет в соответствии со своими представлениями о предметной области, способах действия, целях и получаемых результатах, демонстрируя тем самым так называемое *активное поведение*. Результаты, которые получает агент от своих действий, зависят в значительной степени от того, как он воспринимает процессы в предметной области и как строит программы своего поведения. Основой формирования таких программ являются: 1) представления агента о компонентах ситуации выбора, которые следует рассматривать, как модели, и 2) способность агента формировать такие модели. С их помощью агент осуществляет взаимодействие с

окружающим миром путем внутреннего программирования на языке описания представлений. Функциональное назначение представлений – получить возможность моделировать возможные результаты в зависимости от выбираемых действий и состояния внешней среды.

Такой подход согласуется с теоретическими положениями психологии поведения. Так Норман [9] характеризует представления следующим образом: *"При взаимодействии с окружающей средой, с другими людьми, и с артефактами технологии, люди формируют внутренние, умственные модели предметных областей, с которыми они взаимодействуют. Эти модели предназначены для понимания взаимодействия с предметной областью, а также прогнозирования возможности получения желаемых состояний при использовании располагаемых способов действия"*. То есть представления следует рассматривать, как ментальные модели, являющиеся метафорическими представителями реальности, которые люди используют для того, чтобы понять конкретные явления. Отметим, что понимание представлений, как ментальных моделей, также согласуется с теориями, описывающими процессы мышления. Например, Толмен в [10] предлагает считать ментальные модели основой структуры познания: *"Сейчас правдоподобно предположить, что ментальные модели играют центральную и объединяющую роль в представлении в сознании субъекта объектов, состояния дел, последовательности событий внешнего окружения, а также представлений о социальных и психологических способах действия в повседневной жизни"*. Холиок, Нисбет, Тэгард [11] предположили, что ментальные модели являются основой для всех процессов рассуждения: *"Модели следует понимать, как сборник синхронных и диахронных правил, организованных в иерархии по умолчанию и кластерным категориям. Правила, включающие модели, должны действовать в соответствии с принципом ограниченного параллелизма, как для конкурирования и кооперирования друг с другом"*. Шумахера и Червински [12] исследовали роль ментальных моделей в приобретении опыта при решении практических задач и установили следующие характеристики представлений-моделей: 1) они являются неполными и постоянно развиваются; 2) они, как правило, не позволяют точно воспроизводить явления; 3) они, как правило, содержат ошибки и противоречия; 4) они просты и предназначены обеспечить упрощенные объяснения сложных явлений; 5) они часто содержат неопределенности относительно способов действия, которые возможно использовать, даже если это приведет к нежелательным последствиям; 6) они могут быть представлены с помощью наборов правил «условие-действие».

Следовательно, реальность агент познает только с помощью им же созданных моделей при данном уровне своих знаний. В ситуации неполной информации представления имеют гипотетико-дедуктивную структуру. Гипотезы выступают попытками разрешить проблемы, дедукция позволяет провести проверку содержания гипотез фактами.

В работе [7] показано, что рациональность является центральным понятием в задачах изучения и моделирования интеллектуального поведения. Концепция рациональности должна применяться с точки зрения субъективных целей, норм, ценностей и представлений агента о ситуации выбора. Это позволяет с единых позиций рассматривать поведение различных агентов в различных средах на основе субъективных представлений об окружении и самом себе.

Методы моделирования должны быть направлены на выявление психических стратегий конкретного человека путем анализа его поведения, речевых паттернов, невербальных реакций в ситуациях целеустремленного состояния, выбора и реализации способов действия. Такой подход предполагает интерактивное взаимодействие исследователя и агента. В процессе этого взаимодействия, которое носит также и итерационный характер, выявляются специфичные когнитивные, лингвистические и поведенческие навыки, используемые субъектом в ситуациях выбора для достижения желаемых результатов. Они, в свою очередь,

отражают его систему ценностей, норм, способностей, убеждений и знаний. Эти структуры выражаются в процедурах формирования решений и реализации их в поведении. В этой связи представляет интерес разработка математических моделей, учитывающих поведение агента на основе теории нечетких систем и теории отношений.

2. Источники получения нового знания. Ценность и качество субъективной модели зависит от объемов анализируемых данных (качество и ценность получаемых в результате анализа знаний, естественно, определяется способностями и прочими характеристиками индивида).

Знание о предметной области могут быть актуализированы с помощью специальных алгоритмов активного интеллектуального поиска. Направление поиска определяется постановкой цели анализа. Это может быть расширение множества стратегий при принятии решений, изучение возможностей снятия ограничений, расшивка узких мест и т.д.

На основе собранных в хранилище данных, знаний и оценки их качества (авторефлексия) агентом составляется план направлений поиска новых знаний, а также производится выбор методов и алгоритмов анализа данных, определяются условия их применения. Если данных для выбранных направлений поиска недостаточно, то одновременно создается план направлений сбора нужных данных, в котором определяются источники данных, методы получения информации, условия реализации способов сбора данных и т.п. Реализация планов приводит к увеличению степени актуализации знаний (их обогащению). Оценка их качества, то есть выполнение авторефлексии порождает у агента рост степени удовлетворенности полученными результатами и степени убежденности в соответствии субъективной модели объективной реальности (рефлексия первого рода). Это, в свою очередь, играет роль стимулирующего воздействия и мотивирует агента на выполнение повторной итерации анализа на тех же или новых данных. Изменение обоих указанных выше планов должно приводить к получению нового знания.

Описанный цикл повторяется до тех пор, пока величина прироста нового знания будет либо незначительной величиной, либо результат анализа будет подтверждать то, что уже известно, либо затраты на получение знания будут превосходить потенциальный эффект от их применения. Полученные знания используются для корректировки модели представлений о предметной области у агента, на основе которой принимаются и реализуются решения на практике.

Реализация решений приводит к изменению состояния предметной области и окружения объекта, которые образует среду, из которой поступают данные. Анализ полученных результатов функционирования объекта, степени достижения целей, эффективности является основой для стимулирования агента. Он, в свою очередь, используя свои собственные критерии, выполняет оценку достижения своих собственных личных целей. Полученные оценки определяют его мотивацию, и, следовательно, поведение.

При возникновении проблемы, когда агент находится в состоянии целеустремленного стремления, ее решение требует от него творческих усилий. В состоянии творчества у агента рассеивается восприятие, так как у него нет ни модели предметной области, ни алгоритма решения проблемы. Он начинает вести поиск в разных направлениях. Для этого он формулирует вопросы, на которые ищет ответа чаще всего путем экспериментирования. В процессе экспериментирования (на этапе анализа) целое разделяется на части, которые исследуются с различных точек зрения. Первоначально представление агента имеет вид противоречивой картины, части которой никак не складываются вместе. Постепенно по результатам анализа части складываются, возникает гипотеза, убежденность в правдоподобности в которой выше, чем у других конкурирующих гипотез (наступает этап синтеза). Восприятие агента фокусируется и направляется на поиск доказательств, ее

подтверждающих или фальсифицирующих. В результате формируется концептуальная модель и на ее основе определяется алгоритм решения проблемы.

Основная идея описанной схемы состоит в построении целеустремленной самоорганизующейся системы формирования знаний о предметной области в выбранном направлении. Поскольку данные распределены по источникам их формирования, то возникает необходимость использования сетевой экспертизы [6].

3. Формализация представлений. В модели выбора представление – это та часть окружения агента, которая им воспринимается и осознана. Оно является результатом фильтрации его уникальным опытом, культурой, языком, убеждениями, интересами, предположениями и неврологией. Фильтрация позволяет упростить результат восприятия, чтобы можно было осмыслить воспринимаемое. Степень упрощения определяется целями и зависит от способностей. Качество представлений определяется *не точностью* или *адекватностью*, а *полезностью* при достижении желаемых состояний. Описание представлений средствами языка образует модель, которая может «отчуждаться» от ее создателя, «читаться», «пониматься» другими агентами при коммуникации. Языковые возможности субъекта являются фильтрами при описании представлений. Модели не рассчитаны на отражение либо конструирование единственной объективной реальности, их задача заключается в том, чтобы воспроизвести какой-либо аспект возможной реальности. Поэтому не имеет значения «истинность» модели, учитывается лишь «убежденность в ее полезности». Полезность модели зависит от степени, в которой она позволяет совершить эффективный переход из одного целеустремленного состояния в другое.

Для вербального описания представлений агента наиболее предпочтительно применять нечеткое отношение моделирования $R: E \times M \rightarrow [0,1]$ [13]. Его использование позволяет описать причинно-следственную связь между наблюдаемым состоянием компонентов или параметров ситуации целеустремленного состояния и внутренним представлением агента о ней в виде лингвистических переменных. Для описания влияния выделенных агентом факторов на результаты $o_i^k, i = \overline{1, m}$ будем использовать аппроксимацию представлений в виде нечетких продукционных правил, которые имеют вид:

$$\text{Если } x_1 \text{ есть } A_{r1}^k \text{ и если } x_2 \text{ есть } A_{r2}^k \text{ и } \dots \text{ и если } x_N \text{ есть } A_{rN}^k, \text{ то} \\ o_i^k = f_{ir}^k(x_1, x_2, \dots, x_N), r = \overline{1, R}, i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

где R – количество продукционных правил, r – номер текущего продукционного правила, $o_i^k = f_{ir}^k(x_1, x_2, \dots, x_N)$ – четкая функция, отражающая представление агента о функциональной связи входных факторов с возможными результатами для r -го правила (r -ая частная модель); A_{ri}^k – нечеткие переменные, определенные на $X^k = \{x_i^k, i = \overline{1, N}\}$.

В качестве функции $f_{ir}(\bullet)$ могут использоваться, например, формальные модели, модели, словесное описание. Функции $f_{ir}(\bullet)$ могут быть заданы графиком, таблицей, алгоритмом вычисления т.д.

3.1. Описание структуры представлений агента. Пусть в ситуации выбора участвует множество $N = \{1, 2, \dots, n\}$ агентов. Если присутствует неопределенный параметр $\theta \in \Omega$ (будем считать, что множество Ω является общим знанием), то *структура представлений* I_i i -го агента включает в себя следующие элементы [14]:

1. представление i -го агента о параметре θ – обозначим его $\theta_i, \theta_i \in \Omega$;

2. представления i -го агента о представлениях других агентов о параметре θ – обозначим их θ_{ij} , $\theta_{ij} \in \Omega$;
3. представления i -го агента о представлении j -го агента о представлении k -го агента – обозначим их θ_{ijk} , $\theta_{ijk} \in \Omega$, $j, k \in N$ и так далее, что образует иерархию представлений i -го агента.

Структура представлений I_i i -го агента задается набором всевозможных значений вида $\theta_{ij_1 \dots j_l}$, где l пробегает множество целых неотрицательных чисел, $j_1, \dots, j_l \in N$, а $\theta_{ij_1 \dots j_l} \in \Omega$. Для формирования своих представлений агент использует следующие источники информации о состоянии внешней среды и окружения [14]:

- 1) априорная частная информация $\omega_k(\theta) \subseteq \Omega$ (этот вид информации в литературе называется знание, опыт);
- 2) действия других агентов: наблюдая их и предполагая, что оппоненты действуют рационально, агент может (при выполнении предположения об общем знании) оценивать информацию $q(c)$ о состоянии природы, на основании которой был выполнен выбор способа действия i -м агентом ($i \neq k$);
- 3) множество g результатов выбора агентов – на основании этой информации агент может сделать вывод о тех состояниях природы, при которых выбранный способ действия приводит к наблюдаемым выигрышам;
- 4) множество $\rho \subseteq \Omega$ состояний природы, при которых наблюдаемый вектор действий агентов приводит именно к данному наблюдаемому значению o результата системы:

$$\sigma(c, o) = \{ \theta \in \Omega / G(\theta(c)) = o \}.$$

3.2. Модели адаптации представлений агента. Специфика формирования представлений агентом состоит, в частности, в том, что он в качестве информации для корректировки своих представлений о неопределенном параметре может использовать не только результаты наблюдения за внешней средой, но и результаты наблюдения за действиями и результатами деятельности других агентов, пытаясь «объяснить», почему они выбрали именно эти действия.

Рассмотрим описание модели ситуации выбора, включающей в себя $n \in N = \{1, 2, \dots, n\}$ агентов. Пусть $\theta \in \Omega$ – *состояние природы*, описывающее все существенные характеристики внешней среды. Агент с номером $i \in N$ имеет интервальную информацию $\omega_i(\theta) \subseteq \Omega$ о состоянии природы, причем эта информация не противоречит истинному положению дел, то есть $\forall \theta \in \Omega, \forall i \in N, \theta \in \omega_i(\theta)$.

Результат $o = G(\theta, x)$ агента зависит от вектора $c = (c_1, c_2, \dots, c_n) \in C' = \prod_{i \in N} C_i$ действий других агентов, связанных с агентом, принимающим решение, где $c_i \in C_i$, и θ – состояния природы. Будем считать, что каждый агент наблюдает вектор действий всех агентов, общий результат и выигрыши всех агентов.

Предположим, что удельная ценность выбора каждого агента зависит от состояния природы θ и результата o всех участников ситуации выбора: $EV_k(o) = f_k(\theta, G(c, \theta))$, $k \in K$. Обозначим множество параметрических равновесий Нэша (параметром является значение состояния природы, которое определяет структуру и уровень представлений агента) через:

$$E_N(\theta) = \{ \{c_k\}_{k \in K} \in C' / \forall k \in K, \forall c_k \in C_k \ f_k(\theta, G(\theta, c_1, \dots, c_K)) \geq f_k(\theta, G(\theta, c_1, \dots, c_{k-1}, y_k, \dots, c_{k+1}, \dots, c_K)) \}.$$

Если множество Ω_0 возможных значений состояний природы является общим знанием среди агентов, то, предполагая, что они устраняют неопределенность вычислением максимального гарантированного результата, получим следующее множество равновесий их игры:

$$E(\Omega_0) = \{ \{c_k\}_{k \in K} \in C' / \forall k \in K, \forall y_k \in C_k \\ \min_{\theta \in \Omega_0} f_k(\theta, G(\theta, c_1, \dots, c_K)) \geq \min_{\theta \in \Omega_0} f_k(\theta, G(\theta, c_1, \dots, c_{k-1}, y_k, \dots, c_{k+1}, \dots, c_K)) \}.$$

Обозначим $q(c) \subseteq \Omega$ – множество состояний природы, при которых наблюдаемый агентами вектор их действий является равновесием:

$$q(c) = \{ \theta \in \Omega / \exists \Omega_0 : \theta \in \Omega_0 \}.$$

Пусть $g = (g_1, \dots, g_n) \in \mathfrak{R}^n$ – наблюдаемый агентами вектор значений их целевых функций, тогда множество тех значений состояний природы, при которых (наряду с наблюдаемым результатом o) могут реализоваться наблюдаемые выигрыши агентов g , имеют вид

$$\eta(g, o) = \{ \theta \in \Omega / f_j(\theta, o) = g_j, j \in K \}.$$

Поскольку вектор $g = (g_1, g_2, \dots, g_n) \in \mathfrak{R}^n$ определяется через EV_k , то вектор $V = \{v_1, \dots, v_k\} \in \Theta^n$, будет определять требуемый уровень представлений агентов в ситуации выбора.

4. Представления как субъективная модель, связывающая способы действия и результат. Необходимость учета при моделировании поведения агента его убежденности в адекватности своих представлений о ситуации выбора предполагает введение в модель выбора лингвистической переменной «убежденность». Интервал $[0, 1]$ используется как универсальное множество для задания лингвистической переменной «убежденность» с термами «убежден» и «не убежден» с функциями принадлежности, предложенными Л. Заде [15].

Убежденность – это объект, который существует только в сознании агента. Агент использует его для выражения своего отношения к своим представлениям об объекте, то есть он занимает определенную позицию по отношению к своим представлениям. Будем обозначать такое отношение как *Убежденность(агент, x)*, где x – это представление. Оно может существовать, например, в виде (1).

Если существует преобразование *объект* \rightarrow *представление*, то существует и обратное преобразование *представление* \rightarrow *объект*, которое следует положить в основу описания способности агента рассуждать о своих убеждениях. Правомерность такого утверждения следует из того факта, что субъект (при рациональной форме поведения) стремится к изоморфности представлений к объекту. Для этого он оценивает адекватность представлений некоторым набором параметров $K = \{h_i, i = \overline{1, n}\}$.

Пусть $h_j : K \rightarrow [0, 1]$ – частная оценка j -го показателя. Она может вычисляться как субъективно, так и объективно. Пусть нечеткая мера для $(K, 2^K)$ является субъективной мерой, выражающей степень важности подмножеств из K . Например, $g(h_1)$ выражает степень важности показателя h_1 при оценке агентом соответствия представлений объекту. Тогда интеграл

$$\int_V h(k) \circ g(\cdot) = \sup_{\alpha \in [0, 1]} \{ \alpha \wedge g(M(\alpha)) \}$$

позволяет вычислить обобщенную оценку качества представлений. Здесь $M_\alpha = \{x | \mu(x) \geq \alpha\}$ – уровневое множество. Очевидно, что существует $\varphi: J \rightarrow [0,1]$, которое позволяет вводить в модель субъективную оценку убежденности. Использование нечеткого интеграла позволяет вычислять нечеткое ожидаемое значение результата. Как показано в [16], с помощью нечеткого интеграла можно моделировать принятие решений, по средневзвешенной оценке, (линейная свертка). Это связано с тем, что в задачах многокритериального выбора нечеткий интеграл обеспечивает получение решения, соответствующего медиане, которая в порядковых шкалах является аналогом среднего. Поскольку в этом случае ослабляется условие суммы для коэффициентов важности критериев и вводится формализация, основанная на монотонности оценок, то полученная интегральная оценка будет практически совпадать с интуитивными ожиданиями человека. Приведенные рассуждения позволяют предложить следующий алгоритм вычисления степени убежденности.

Пусть описанные выше показатели качества построенной модели представлений образуют вектор $Z = \{z_j, j = \overline{1, k}\}$. Тогда очевидно, что Z будет зависеть от вектора параметров функций принадлежности $W = \{w_i, i = \overline{1, m}\}$, которые для агента образуют вектор управляющих переменных, выбором которых он может обеспечить требуемый уровень прогностической эффективности модели представлений.

Будем предполагать, что агент обладает достаточно высокой квалификацией и опытом, то есть его шкала ценностей определена таким образом, что различные наборы показателей имеют для него неодинаковое значение. Это позволяет предположить существование у него непрерывного монотонно возрастающего по каждому показателю квазивогнутого индикатора предпочтений $U(Z)$, такого, что

$$\begin{aligned} Z(W^{(1)}) \succ Z(W^{(2)}) &\leftrightarrow U(Z(W^{(1)})) > U(Z(W^{(2)})) \\ Z(W^{(1)}) \sim Z(W^{(2)}) &\leftrightarrow U(Z(W^{(1)})) = U(Z(W^{(2)})) \end{aligned}$$

где $W^{(1)}, W^{(2)} \in \Omega_W$ (здесь Ω_W – множество допустимых значений управляющих переменных).

Сделанное предположение относительно функции $U(Z(W))$ позволяет определить решение задачи векторной оптимизации, как множество точек $\{w_i^0\}$, максимизирующих функцию $U(Z(W))$, таких, что: $W^0 = \{w_i^0, i = \overline{1, m}\} \in \Omega_W$ и

$$\text{Arg max } U(z_1(W), \dots, z_m(W)).$$

Для найденных значений $W^0 \in \Omega_W$ должно выполняться условие оптимальности по Парето и поиск решения должен проходить по паретовой границе множества $Z(W)$.

Функция $U(Z(W))$ в явном виде, как правило, неизвестна, поэтому для определения оптимальных величин целесообразно использовать интерактивные процедуры. Для этого выбирается некоторое решение $W^{(1)}$, с использованием информации, получаемой от агента, определяется поведение $U(Z(\bullet))$ в окрестности точки $W^{(1)}$ и на этой основе строится последовательность решений $\{W^{(i)}\}$, которая при определенных условиях сходится к W^0 .

Однако, часто множество $E(Z(W))$ невыпуклое и поиск в пространстве решений сопряжен со значительными трудностями. Поэтому паретову границу целесообразно параметризовать элементами более простого множества A . Из известных процедур параметризации для целей оптимизации прогностических свойств модели представлений наиболее подходящей является процедура ассортиментной параметризации [16]:

$U(Z(W)) = U(\alpha, Z(W)) = \langle \alpha, W \rangle$, где $\langle \bullet \rangle$ – означает скалярное произведение, $\alpha \in A$, $\{\alpha_j \geq 0, \sum_{j=1}^k \alpha_j = 1\}$. При этом выполняются условия:

$$\forall W \in \Pi_W, \exists \alpha(W) \in A:$$

$$W(\alpha) = \text{Arg max } U(\alpha(W), Z(W)) = W^0,$$

$$\forall \alpha \in A, \exists W(\alpha) \in \Pi_W, \text{ где } \Pi_W - \text{область Парето.}$$

Пусть V^* – совокупность предпочтительных с точки зрения агента показателей $Z(W)$, причем $V^* \neq \emptyset$ и $V^* \in E(Z(W))$, тогда согласно принятой процедуре параметризации, V^* можно представить как $V^* = \sigma(A^*)$, где A^* – множество максимальных элементов отношения \succ , определяемых предпочтениями агента на множестве параметров A , по правилу $\alpha_1 \succ \alpha_2 \Leftrightarrow \sigma(\alpha_1) \geq \sigma(\alpha_2)$; $\alpha_1, \alpha_2 \in A$. Тогда задача принятия решения по выбору оптимальных структуры и параметров модели представлений может быть записана в виде:

$$U^*(\alpha) \rightarrow \max, \alpha \in A, \quad (2)$$

$$\text{где } U^* = U * \sigma.$$

Таким образом, произведена параметрическая декомпозиция экстремальной задачи $U(Z(W))$, $W \in \Omega_W$, $Z(W) \in \Omega_Z$ на задачу вычисления σ и задачу $\max U(\sigma(\alpha))$, $\alpha \in A$. Такая декомпозиция распределяет роли в человеко-машинном диалоге следующим образом:

- на ЭВМ вычисляется параметризация σ , которая для ассортиментной параметризации имеет вид $\max \Psi$ при $Z(W) \geq \alpha Z$;
- агент участвует в решении задачи (2).

В качестве формальной основы диалоговой процедуры построения модели представлений следует воспользоваться методами прямого поиска, не требующими информации о производных целевой функции, так как латентными факторами выступают качественные признаки, и, кроме того, функция $U(\bullet)$ предпочтений агента, в общем случае, не является дифференцируемой. Наибольший эффект следует ожидать от применения методов случайного поиска.

При организации диалога с агентом использовалась следующая модель его реакции на предъявленное решение. По двум решениям $Z(W^{(1)})$ и $Z(W^{(2)})$ агент сообщает вектор с компонентами: $\xi_i \quad i = \overline{1, k}$, такой, что:

$$\xi_i = \begin{cases} +1, \text{ изменение } i - \text{го критерия} \\ \text{предпочтительно;} \\ -1, \text{ в противном случае;} \\ 0, \text{ изменение } i - \text{го критерия безразлично.} \end{cases}$$

Общая структура алгоритма случайного поиска для задачи построения модели представлений имеет следующий вид: $\alpha(s+1) = \alpha(s) + \mathcal{G}(s+1)$,

где s – номер обращения к агенту, $\mathcal{G}(s+1)$, – вариация вектора α , определяется в пространстве случайных векторов в зависимости от модели реакции агента.

При $\xi_i = 0$ вариацию α_i следует положить равной 0. В остальных случаях целесообразно использовать алгоритм с поощрением случайностью:

$$\vartheta_i(s+1) = \begin{cases} \gamma(s+1)r_i(s+1) & \text{при } \xi_i \geq 0 \\ \gamma(s)r_i(s) & \text{при } \xi_i < 0, \end{cases}$$

где $\gamma(s+1)$ – скаляр, выбранный из условий сходимости. Например, в случае, если в результате двух шагов $U(\alpha, Z(W(\alpha)))$ возрастает, тогда $\gamma(s) = d \cdot \gamma(s-1)$, где d – параметр акселерации [10].

Ускорение сходимости описанного выше алгоритма возможно за счет более полного учета информации о направлении поиска в пространстве решений, получаемой от агента.

5. Модель параллельного восприятия. Агент принимает решения, используя свои собственные представления об исследуемом явлении, которые образуют его субъективную модель процесса, явления. Эта модель является абстрактной системой, все элементы которой являются понятиями, используемыми для отражения природы исследуемого объекта. Понятия являются абстракциями и описывают существенные свойства объекта исследования. Степень существенности свойства является субъективной характеристикой и зависит, во-первых, от цели исследования, и, во-вторых, определяется точкой зрения, знаниями и убеждениями агента. Субъективная модель является отражением в его сознании природной, или, как ее иначе называют, объективной реальностью и в этом смысле она образует особую форму реальности – субъективную реальность [7, 13].

Любой индивид способен оценивать свои представления о объективной реальности (качество субъективной модели), ход рассуждений, принципы логического вывода и т.п., что позволяет говорить о наличии в сознании контура адаптации и самоорганизации субъективной модели. Такое отражение называется авторефлексией. Свои представления об объективной реальности, ходе рассуждений, принципах принятия решений и т.д., агент соотносит моделями выбора, существующими у других индивидов. Такое отражение называется рефлексией второго рода.

Таким образом, субъективная модель всегда состоит из трех составляющих:

- собственно модель представлений о исследуемой (анализируемой) предметной области;
- модель оценки качества собственных представлений, интегративной характеристикой которой является степень убежденности (правоты) в правильности построенной системы представлений;
- модель представлений о знании данной предметной области у других субъектов.

Субъективная модель представлений наряду с такими характеристиками, как способности, мотивация определяют его индивидуальную эффективность. Индивидуальная эффективность – результат выполнения работником поставленных задач с учетом затрат на их реализацию.

Поскольку каждый специалист должен рассматриваться при восприятии как фильтр информации, то модель движения к согласованному плану действия требует формирования согласованного представления о ситуации целеустремленного состояния, что, в свою очередь, предполагает построение параллельного восприятия ситуации с различных точек зрения. Это предполагает переход от индивидуального творческого потенциала к командной работе. Это означает, что каждый занятый в проекте должен участвовать в его планировании с самого начала. Например, проект создания наукоемкого изделия может быть блестящим с точки зрения выполнения требований потребителей, затрат, эстетических позиций, четкой перспективы маркетинга, но после создания прототипа изделия выясняется, что время и затраты на обслуживания таковы, что это съедает всю прибыль. Этого можно было избежать, если бы на этапе разработки были привлечены специалисты из отдела технического обслуживания. Таким образом, наибольшие усилия по согласованию представлений должны быть сделаны на этапе эскизного проектирования и разработки технических требований, технического проектирования. В этом случае обратная связь несет максимальное количество полезной информации. Привлечение специалистов на различных этапах создания проекта – это реализация планов предыдущего этапа и оценка его полезности. Такой подход позволяет получить «достаточно правильное решение» и избежать усовершенствования ради усовершенствования.

Заключение. Рассмотрена модель постоянного развития представлений агентов. При создании наукоемкой продукции совершается первый цикл ее создания и выпуска. На последующих циклах за счет совершенствования представлений производится выпуск усовершенствованных моделей изделия. Персонал, занятый развитием этого изделия, должен стать командой, опирающейся на согласованное, совместное восприятие. Это позволяет на каждом цикле оценить полученные новые знания и определить направление их развития для использования на следующем цикле. Когда будет достигнута точка небольшого улучшения, то этот момент следует рассматривать как начало движения в новом направлении, чтобы избежать застоя. Это момент смены парадигмы, момент выхода из состояния линейного развития, перехода в состояние поиска новой парадигмы. Следовательно, наши парадигмы следует рассматривать, как точки сборки прошлого опыта, а не как предел, ограничивающий новые возможности. Модель постоянного совершенствования требует особой среды, в которой постоянный процесс обучения и поиска является образом жизни.

Цикл «обучение – новация» в процессе постоянного обновления основан на преданном поведении, когда агенты проявляют преданность разумным целям команды. В интеллектуальной организации член группы должен подчиниться необходимым действиям и участвовать в работе, даже если выбранное решение его не устраивает или противоречит его индивидуальной модели восприятия. Одновременно каждый член команды должен быть открыт для восприятия моделей-представлений других участников и готов следовать общему пути, выбранному командой в целом.

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 многополюсной сети правил и поиска ее минимального разреза;
- 4) разработку методов распараллеливания потоковой обработки взаимозависимых данных путем построения виртуальных потоковых баз данных.

Конфликт интересов. Процесс написания и содержание статьи не дают оснований для постановки вопроса о конфликте интересов.

Список источников

1. Рубинштейн М.Ф. Интеллектуальная организация: Привнеси будущее в настоящее и преврати творческие идеи в бизнес-решения / М.Ф. Рубинштейн, А.Р. Фирстенберг. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 190 с.
2. Vinogradov G.P., Konyukhov I.A. Patterns in Smart Wireless Sensor Network Nodes. International Scientific Conference "Information Technologies for Industry" (ITI'22). Lecture notes in networks and systems, Springer Nature Switzerland AG, 2022, pp. 73–82.
3. Winkler M., Tuchs K.-D., Hughes K., Barclay G. Theoretical and practical aspects of military wireless sensor networks. Journal of telecommunications and information technology, 2008, no. 2, pp. 37-45.
4. Ларионова Н.И. Поведенческая и экспериментальная экономика: учебное пособие / Н.И. Ларионова, Ю.А. Варламова, Ю.Л. Одинцова, И.А. Кабашева. – Казань: Издательство Казанского университета, 2022. – 112 с.
5. Mikusz M. Towards an understanding of cyber-physical systems as industrial software-product-service systems. Procedia CIRP, 2014, vol. 16, pp. 385-389.
6. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами / Д.А. Новиков – М: ЛЕНАНД, 2022. – 500 с.
7. Виноградов Г.П. Моделирование поведения агента с учетом субъективных представлений о ситуации выбора / Г.П. Виноградов, В.Н. Кузнецов // Искусственный интеллект и принятие решений, 2011. – № 3. – С. 58-72.

8. Виноградов Г.П. Ментальные модели в проектировании поведения искусственных существ / Г.П. Виноградов, А.А. Прохоров // Программные продукты и системы, 2021. – Т. 34. – № 1. – С. 197–206. – DOI: 10.15827/0236-235X.133.197-206.
9. Gentner D., Stevens A.L. (Eds.). Mental Models. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.
10. Johnson-Laird P.N. Mental Models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.
11. Holland J.H., Holyoak K.J., Nisbett R.E., et al. Induction: Processes of inference, learning, and discovery. Cambridge, MA: MIT Press, 1986.
12. Schumacher R.M., Czerwinski M.P. Mental models and the acquisition of expert knowledge. In: R.R. Hoffman (Ed.), The Psychology of expertise: cognitive research and empirical AI. New York: Springer-Verlag, 1992, pp. 61-79, DOI: 10.1007/978-1-4613-9733-5_4.
13. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных процессов принятия решений / Л.А. Заде. // Математика сегодня. – М.: Знание, 1978. – С. 5-40.
14. Новиков Д.А. Математические модели формирования и функционирования команд / Д.А. Новиков. – М.: Физматлит, 2008.
15. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде. – М.: Мир, 1976.
16. Бочарников В.П. Fuzzy-технология: Математические основы. Практика моделирования в экономике / В.П. Бочарников. – СПб.: Наука, 2000. – 328 с.

Виноградов Геннадий Павлович. Д.т.н., профессор, профессор Тверского государственного технического университета, заведующий лабораторией НИИ Центрпрограммсистем, член Российской ассоциации искусственного интеллекта, член Российской ассоциации нечетких систем и мягких вычислений. Основные направления научной деятельности: искусственный интеллект, принятие решений, многоагентные системы. AuthorID:149735, SPIN: 7288-4042, ORCID 0000-0001-5757-2753, Scopus AuthorID:23976986500, wgp272ng@mail.ru. 170024, Россия, г. Тверь, ул. Республиканская, д.11, кВ. 130

UDC 519.876.2

DOI:10.25729/ESI.2025.40.4.011

Modeling agent representations in an intelligent organization

Gennady P. Vinogradov

Research Institute CENTERPROGRAMSYSTEM,

Russia, Tver, wgp272ng@mail.ru

Abstract. Relevance. The joint work of intelligent agents within an organization makes it relevant to research on the development of methods for coordinating the perception of a situation of purposeful state, goals, interests, values, norms and the creation of common ideas about the situation of choice. *The purpose of the work.* Using the principle of parallel perception, we propose an approach and a model for coordinating perception and ideas about the choice situation. This ensures: a) expanding the range of approaches in shaping strategies and tactics for the evolution of the organizational system; b) early detection and understanding of trends and the formation of a coherent vision of the future; d) a basis for experimentation and anticipation of new ideas; e) building capacity for self-development; f) strengthening and developing the intellectual capital of the organization; h) a coherent view of the problems. *The methods* of the theory of fuzzy sets, the theory of active systems, the theory of fuzzy models and networks are used. *The main results.* The concept of a subjective view of a subject area is introduced. It is proposed to use a fuzzy product model to formalize the ideas. The paper describes the structure of representations and one of the options for its adaptation. The methods of evaluating the usefulness of the representation model and its formalization are considered. An approach based on the hypothesis of common goals and interests of the personnel (agents) of the system is proposed to describe the organization's learning model. The validity of this hypothesis follows from the obvious fact that in an organization, due to the division of labor, the result of each depends on the joint efforts of all. Consequently, the individual contributions of agents based on insight, intuition, knowledge, experience, and available information of a particular agent with differing values, norms, beliefs, goal structures, and abilities, when they come together to do some work, determine the future outcome.

Keywords: model, intelligent agent, pattern, knowledge, adaptation

References

1. Rubinshteyn M.F., Firstenberg A.R. *Intellektual'naya organizatsiya: Privnesi budushcheye v nastoyashcheye i prevrati tvorcheskkiye idei v biznes-resheniya* [The Intelligent Organization: Bringing the Future to the Present and Turn Creative Ideas into Business Solutions]. Moscow, INFRA-M Publ., 2003, 190 p.
2. Vinogradov G.P., Konyukhov I.A. Patterns in Smart Wireless Sensor Network Nodes. *International Scientific Conference "Information Technologies for Industry" (IITI'22). Lecture Notes in Networks and Systems*. Springer Nature Switzerland AG, 2022, pp. 73–82.
3. Winkler M., Tuchs K.-D., Hughes K., Barclay G. Theoretical and practical aspects of military wireless sensor networks. *Journal of Telecommunications and Information Technology*, 2008, no. 2, pp. 37–45.
4. Larionova N.I., Varlamova Yu.A., Odintsova Yu.L., Kabasheva I.A. *Povedencheskaya i eksperimental'naya ekonomika: uchebnoye posobiye* [Behavioral and Experimental Economics: Textbook]. Kazan, Izdatel'stvo Kazanskogo universiteta [Kazan University Publishing House] Publ., 2022, 112 p.
5. Mikusz M. Towards an understanding of cyber-physical systems as industrial software-product-service systems. *Procedia CIRP*, 2014, vol. 16, pp. 385–389.
6. Novikov D.A. *Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Theory of Management of Organizational Systems]. Moscow, LENAND Publ., 2022, 500 p.
7. Vinogradov G.P., Kuznetsov V.N. Modelirovaniye povedeniya agenta s ucheto sub"yektivnykh predstavleniy o situatsii vybora [Modeling agent behavior taking into account subjective perceptions of the choice situation]. *Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy* [Artificial Intelligence and Decision Making], 2011, no. 3, pp. 58–72.
8. Vinogradov G.P., Prokhorov A.A. Mental'nyye modeli v proektirovanii povedeniya iskusstvennykh sushchnostey [Mental models in the design of artificial entities behavior]. *Programmnoye produkty i sistemy* [Software & Systems], 2021, vol. 34, no. 1, pp. 197–206. DOI: 10.15827/0236-235X.133.197-206.
9. Gentner D., Stevens A.L. (Eds.). *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.
10. Johnson-Laird P.N. *Mental Models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.
11. Holland J.H., Holyoak K.J., Nisbett R.E., et al. *Induction: Processes of inference, learning, and discovery*. Cambridge, MA: MIT Press, 1986.
12. Schumacher R.M., Czerwinski M.P. Mental models and the acquisition of expert knowledge. In: R.R. Hoffman (Ed.), *The Psychology of expertise: cognitive research and empirical AI*, New York: Springer-Verlag, 1992, pp. 61–79, DOI: 10.1007/978-1-4613-9733-5_4.
13. Zade L.A. *Osnovy novogo podkhoda k analizu slozhnykh protsessov prinyatiya resheniy* [Foundations of a new approach to the analysis of complex decision-making processes]. *Matematika segodnya* [Mathematics today]. Moscow, Znaniye Publ., 1978, pp. 5–40.
14. Novikov D.A. *Matematicheskiye modeli formirovaniya i funktsionirovaniya komand* [Mathematical models of team formation and functioning]. Moscow, Fizmatlit [Physmatlit] Publ., 2008.
15. Zade L.A. *Ponyatiye lingvisticheskoy peremennoy i yego primeneniye k prinyatiyu priblizhennykh resheniy* [The Concept of a linguistic variable and its application to approximate decision making]. Moscow, Mir Publ., 1976.
16. Bocharnikov V.P. *Fuzzy-tehnologiya: Matematicheskiye osnovy. Praktika modelirovaniya v ekonomike* [Fuzzy technology: Mathematical foundations. Practice of modeling in economics]. Saint Petersburg, Nauka [Science] Publ., 2000, 328 p.

Vinogradov Gennady Pavlovich. *Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Tver State Technical University, Head of the laboratory of the Research Institute CENTERPROGRAMSYSTEM, member of the Russian Association of Artificial Intelligence, member of the Russian Association of Fuzzy Systems and Soft Computing. Main areas of scientific activity: artificial intelligence, decision-making, multi-agent systems. AuthorID:149735, SPIN: 7288-4042, ORCID 0000-0001-5757-2753, Scopus AuthorID:23976986500, wgp272ng@mail.ru, 170024, Russia, Tver, Republikanskaya str., 11, sq. 130*

Статья поступила в редакцию 09.04.2025; одобрена после рецензирования 13.11.2025; принята к публикации 14.11.2025.

The article was submitted 04/09/2025; approved after reviewing 11/13/2025; accepted for publication 11/14/2025.