

УДК 004.89

**ИССЛЕДОВАНИЕ КООРДИНИРУЮЩЕГО МОДУЛЯ (МЕТА-АГЕНТА)
В МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЕ АДАПТАЦИИ УЧЕБНЫХ МАТЕ-
РИАЛОВ ПОД КОГНИТИВНЫЕ СПОСОБНОСТИ И ЭМОЦИОНАЛЬ-
НОЕ СОСТОЯНИЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Петрова А.А., ассистент
Мельников Д.А., старший преподаватель
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»
г. Москва

В настоящее время продолжают исследования в области учета эмоционального состояния, когнитивной нагрузки и вовлеченности учащихся в процесс обучения [1, 2]. В предшествующей работе была предложена архитектура мультиагентной системы, включающая специализированных агентов эмоций, вовлеченности, когнитивной нагрузки, стиля обучения, знаний, прогнозирования, а также центральный модуль AdaptiveSystem, координирующий их взаимодействие [3].

В данной статье акцент делается на координирующем агенте AdaptiveSystem (далее – Мета-агент), описываются его функциональные возможности, рассматривается его иерархия расстановки приоритетов при разрешении конфликтов между агентами, детализируется алгоритм его работы.

Важными функциональными задачами Мета-агента являются следующие пункты:

1. Сбор текущих оценок от агентов.
2. Расстановка приоритетов для обычных и критических событий (стресс, когнитивная перегрузка, длительное бездействие), требующих немедленной реакции.
3. Устранение противоречий между рекомендациями разных агентов (например, повысить или понизить сложность) на основе иерархии приоритетов.
4. Формирование адаптационной карты [3], включающей сложность, формат подачи, наличие подсказок, цветовую схему, элементы геймификации [4], рекомендации перерывов и подготовительные упражнения.
5. Проверка сформированных параметров и применение адаптации методом `applyAdaptation()` [3].

В такой системе каждый специализированный агент оценивает свой аспект состояния обучающегося. Поскольку оптимальные с точки зрения одного аспекта решения могут не совпадать с оптимальными для другого, возникает необходимость в их интеграции. Мета-агент выполняет эту интеграцию, применяя иерархию приоритетов. Например, Агент эмоций рекомендует снизить сложность из-за стресса и скуки одновременно, а агент вовлеченности –

повысить ее для борьбы со скукой [5]. В таблице 1 введена фиксированная иерархия для разрешения таких ситуаций.

Таблица 1

Иерархия приоритетов при разрешении конфликтов Мета-агентом

Приоритет	Категория	Агенты	Правило
Первый	Поддержка эмоционального состояния и когнитивная эффективность	Агент-эмоций (EmotionAgent), Агент когнитивной нагрузки (CognitiveAgent)	Рекомендации, связанные со стрессом, тревогой или когнитивной перегрузкой, имеют высокий приоритет
Второй	Повышение вовлеченности	Агент вовлеченности (InvolvementAgent), Агент стиля обучения (LearningStyleAgent)	Предложения по повышению вовлеченности и адаптации к стилю обучения учитываются после обеспечения эмоционального состояния обучающегося
Третий (уточняющий)	Прогнозирование и оценка знаний	Агент прогнозирования (PredictionAgent), Агент знаний (KnowledgeAgent)	Прогнозы сложности и оценки знаний используются как уточняющие, но не могут переопределить более высокие приоритеты

Важно подчеркнуть, что третий приоритет в использовании Агента знаний не означает его низкую значимость. В штатной ситуации (отсутствие стресса и нормальная вовлеченность) именно оценка знаний и прогнозы определяют выбор сложности и содержания следующего задания. Однако в критических состояниях обучающегося приоритет смещается в сторону сохранения его эмоционального благополучия, так как только в безопасной среде возможно получение знаний.

В процессе функционирования мультиагентной системы возможны ситуации, когда рекомендации, поступающие от различных специализированных агентов, не согласуются между собой. Среди всех типов возможных конфликтов можно выделить три таких.

Первый тип характеризуется противоположными направлениями изменения одного параметра адаптации, где два или более агентов предлагают диаметрально противоположные изменения. Источником такого противоречия выступает разная оценка текущего состояния обучающегося: один агент фиксирует стресс или когнитивную перегрузку, другой – скуку или недостаточную вовлеченность. В рамках этого правила предпочтение отдается рекомендации того агента, который занимает более высокую ступень в иерархии (исходя из таблицы 1).

Второй тип выражается в наличии множественных альтернатив при выборе значения параметра. Агенты предлагают различные, но не являющиеся строго противоположными варианты для одного параметра (например, видеоформат, аудиоформат или текстовый формат подачи материала). Такая ситуация возникает, когда агенты учитывают разные аспекты учебного процесса: стиль обучения, уровень знаний, текущий эмоциональный фон. Для разрешения данного типа противоречий реализуется процедура взвешенного голосования, где каждый агент, выдвигающий альтернативу, обладает весом. Выбирается та альтернатива, которая набирает максимальную сумму весов. Если альтернативы относятся к разным уровням иерархии, сначала применяется приоритизация по уровням, а затем – взвешенное голосование внутри одного уровня.

И последний третий тип отражает противоречие, связанное с ограниченностью временных ресурсов обучающегося. Рекомендации разных агентов могут конкурировать за время студента. Например, Агент когнитивной нагрузки рекомендует перерыв для восстановления внимания, а Агент прогнозирования – выполнение подготовительных упражнений перед изучением сложной темы. Обе рекомендации требуют времени, но не могут быть реализованы одновременно. В данном случае применяется принцип последовательной реализации рекомендаций в порядке от наивысшего приоритета к низшему. Первой выполняется рекомендация, исходящая от агента с более высоким приоритетом. Так, при противоречии между предложением о перерыве (Агент когнитивной нагрузки, приоритет 1) и предложением о подготовительных упражнениях (Агент прогнозирования, приоритет 3) Мета-агент сначала инициирует перерыв, а после его завершения – подготовительные упражнения.

На рисунке 1 представлен алгоритм работы Мета-агента. После поступления события Мета-агент собирает текущие оценки всех специализированных агентов. При обнаружении конфликтующих рекомендаций они разрешаются согласно иерархии приоритетов: в первую очередь учитывается эмоциональное состояние (стресс, когнитивная перегрузка), затем – вовлеченность и стиль обучения, и на последнем месте – прогностические оценки. На основе согласованных данных формируется итоговая карта адаптации (сложность, формат, подсказки и т.д.), которая проходит валидацию. В случае успешной валидации адаптация применяется, а запись о ней сохраняется в истории, в ином случае используются резервные параметры (средняя сложность, стандартный текстовый формат, нейтральная цветовая схема), что гарантирует устойчивость системы даже при сбоях или некорректных рекомендациях. После завершения цикла Мета-агент возвращается в состояние ожидания следующего события.

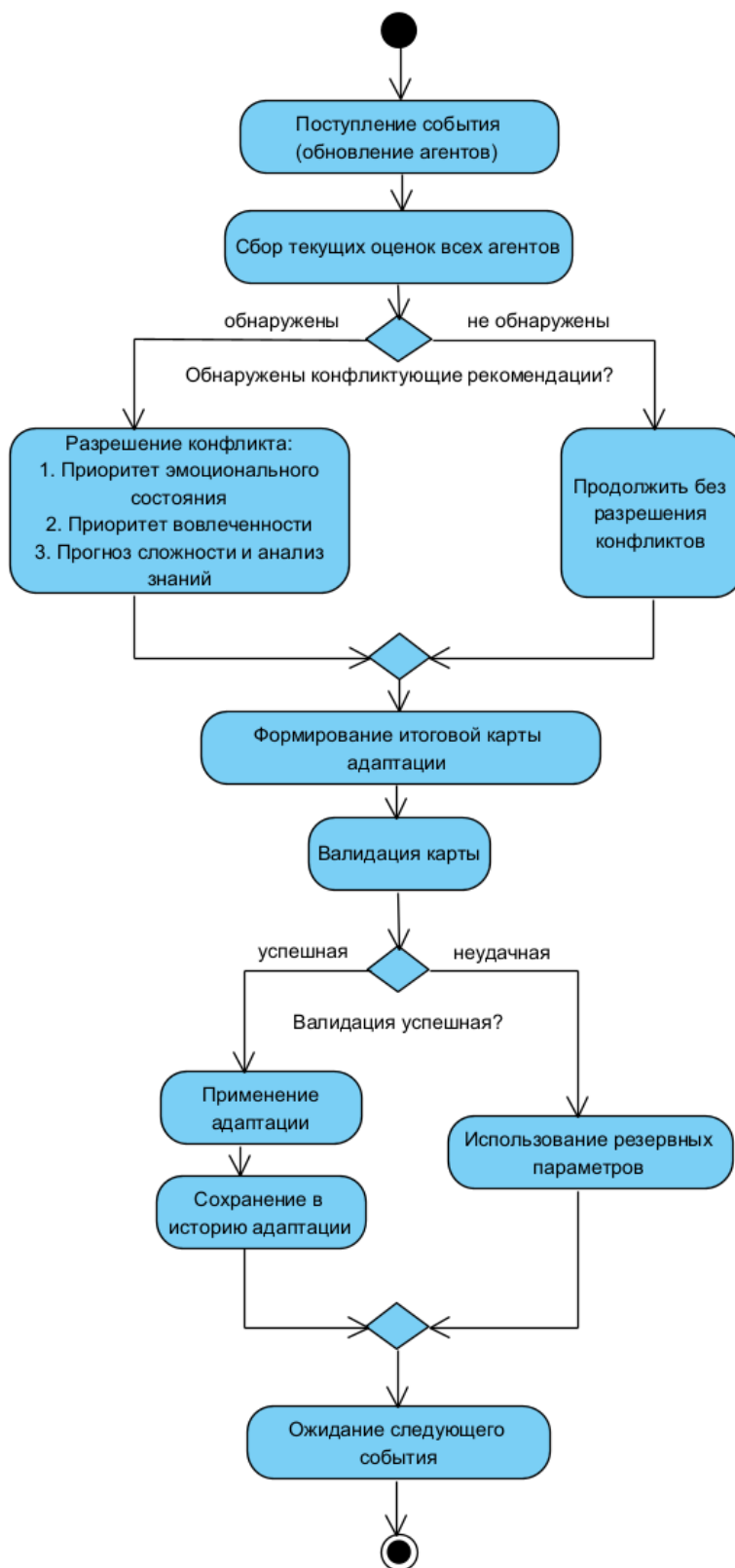


Рисунок 1 – Алгоритм работы Мета-агента

Разработанная иерархия приоритетов, закрепляющая приоритет эмоционального состояния и когнитивной эффективности обучающегося, позволяет формировать обоснованную адаптацию. Введение механизмов валидации и

резервного реагирования системы обеспечивает устойчивость функционирования Мета-агента, в том числе при частичных сбоях сенсоров или агентов.

Список литературы:

1. Vanneste P. et al. Computer vision and human behaviour, emotion and cognition detection: A use case on student engagement //Mathematics. – 2021. – Т. 9. – №. 3. – С. 287. EDN: HRCCSV.
2. Shahzad R. et al. Multi-agent system for students cognitive assessment in e-learning environment //IEEE Access. – 2024. – Т. 12. – С. 15458-15467. EDN: IVBVJO.
3. Петрова, А. А. Исследование адаптации учебных материалов под когнитивные способности и эмоциональное состояние обучающихся с применением мультиагентной системы / А. А. Петрова // Россия молодая : Сборник материалов XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 22-25 апреля 2025 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2025. – С. 31374.1-31374.5. – EDN SOMZVX.
4. Мурзагалина Г.М. Геймификация в образовании как фактор повышения интереса к усвоению учебного материала / Г.М. Мурзагалина, Г.В. Тихомирова, О.В. Филиппова, Н.Ю. Корнеева, В.Н. Галиакберова // Московский экономический журнал. - 2022. - № 4. - С. 494-501. EDN: MZBHBH.
5. Петрова, А. А. Исследование мультиагентного обучения с подкреплением в адаптивных образовательных системах для подбора учебных материалов на основе эмоционального состояния учащихся / А. А. Петрова // Цифровые инструменты обеспечения устойчивого развития экономики и образования: новые подходы и актуальные проблемы : Сборник научных трудов III-й Национальной научно-практической конференции (с международным участием). В 2-х томах, Орел, 01 апреля 2024 года. – Орел: Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, 2024. – С. 196-202. – EDN JNWVXO.