

УДК 004.89

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-6-197-207

EDN: LJLDER

Научная статья

**Универсальная экспертная система  
на базе онтоэписоциофилогенетического обучения федераций  
интеллектуальных нейрокогнитивных агентов**

**З. В. Нагоев<sup>1</sup>, М. И. Анчёков<sup>1</sup>, Ж. Х. Курашев<sup>1</sup>, О. В. Нагоева<sup>✉2</sup>,  
И. А. Пшенокова<sup>1</sup>, А. А. Хамов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук  
360010, Россия, Нальчик, ул. Балкарова, 2

<sup>2</sup>Институт информатики и проблем регионального управления –  
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук  
360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

**Аннотация.** Работа посвящена решению научной проблемы разработки концептуального обоснования возможности автономного обучения интеллектуальных экспертных систем на основе онтоэписоциофилогенетического обучения нейрокогнитивных агентов. Цель исследования состоит в разработке основных принципов создания универсальных экспертных систем на базе онтоэписоциофилогенетического обучения федеративных интеллектуальных нейрокогнитивных агентов. Разработаны основные принципы онтоэписоциофилогенетического обучения универсальных федеративных экспертных систем. Показано, что функциональная специализация интеллектуальных агентов в составе федерации при условии их кооперации с целью максимизации совокупного приращения значений целевых функций позволяет преодолеть ограничения по эффективности. Обосновано применение эпигенетических алгоритмов для закрепления в поколениях эволюционной оптимизации онтологических знаний интеллектуальных агентов в составе федерации. Обоснована возможность построения многопоколенных популяций с целью повышения общей эффективности универсальной экспертной федеративной системы.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, мультиагентные системы, нейрокогнитивные архитектуры, онтоэписоциофилогенетические алгоритмы, машинное обучение, универсальные экспертные системы

Поступила 28.11.2024, одобрена после рецензирования 09.12.2024, принята к публикации 10.12.2024

**Для цитирования.** Нагоев З. В., Анчёков М. И., Курашев Ж. Х., Нагоева О. В., Пшенокова И. А., Хамов А. А. Универсальная экспертная система на базе онтоэписоциофилогенетического обучения федераций интеллектуальных нейрокогнитивных агентов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 6. С. 197–207. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-6-197-207

## Universal expert system based on ontoepisociophylogenetic training of federations of intelligent neurocognitive agents

Z.V. Nagoev<sup>1</sup>, M.I. Anchekov<sup>1</sup>, Zh.Kh. Kurashev<sup>1</sup>, O.V. Nagoeva<sup>✉2</sup>,  
I.A. Pshenokova<sup>1</sup>, A.A. Khamov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

<sup>2</sup>Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –  
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street

**Abstract.** The work is devoted to solve a scientific problem of developing a conceptual justification for the possibility of autonomous training of intelligent expert systems based on ontoepisociophylogenetic training of neurocognitive agents. The aim of the study is to develop basic principles of creating universal expert systems based on ontoepisociophylogenetic training of federated intelligent neurocognitive agents. The basic principles of ontoepisociophylogenetic training of universal federated expert systems have been developed. It is shown that the functional specialization of intelligent agents within a federation, subject to their cooperation in order to maximize the combined increment of the values of the target functions, allows overcoming efficiency limitations. The use of epigenetic algorithms for fixing ontological knowledge of intelligent agents within a federation in generations of evolutionary optimization is substantiated. The possibility of constructing multi-generational populations in order to increase the overall efficiency of a universal expert federated system is substantiated.

**Keywords:** artificial intelligence, multi-agent systems, neurocognitive architectures, ontoepisociophylogenetic algorithms, machine learning, universal expert systems

Submitted 28.11.2024,

approved after reviewing 09.12.2024,

accepted for publication 10.12.2024

**For citation.** Nagoev Z.V., Anchekov M.I., Kurashev Zh.Kh., Nagoeva O.V., Pshenokova I.A., Khamov A.A. Universal expert system based on ontoepisociophylogenetic training of federations of intelligent neurocognitive agents. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 6. Pp. 197–207. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-6-197-207

### ВВЕДЕНИЕ

В [1] разработаны основные принципы онтоэписоциофилогенетического обучения интеллектуальных агентов на основе мультиагентных нейрокогнитивных архитектур. Показано, что такие алгоритмы являются составными (включающими в себя подмножества алгоритмов различных типов) и обладают наибольшей степенью структурного соответствия алгоритмам обучения естественных интеллектуальных социальных агентов в реальной среде. В частности, онтологические алгоритмы определяют содержание и формы обучения интеллектуальных программных агентов в процессе их индивидуального развития (в процессе «жизни» таких агентов). Эпигенетические алгоритмы задают множественные межпоколенные обратные связи от объектов и контрагентов в реальной среде. Социальные (социоонтологические) алгоритмы детерминированы практикой коммуникации в составе социального коллектива (например, человеко-машинного коллектива) с использованием всех доступных разнообразных форм коммуникации. Филогенетические алгоритмы основаны на применении методологии эволюционного программирования для организации многопоколенной оптимизации интеллектуальных агентов.

Как показано в процитированных работах, возможность конструктивного объединения всех этих типов алгоритмов в составе единого онтоэписоциофилогенетического алгоритма

(ОЭСФГ-алгоритма) возникает в связи с рассмотрением мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры в качестве основы метафоры проектирования системы управления агента универсального искусственного интеллекта. Такая нейрокогнитивная архитектура, представляющая собой множество нейрокогнитивных узлов обработки информации (т.н. нейрокогнитонов) различной специализации, упорядоченное взаимодействие которых реализует алгоритм управления поведением интеллектуального агента, направленным на решение проблем универсального спектра в системе «интеллектуальный агент – реальная среда», динамически изменяет свой состав и топологию связей структурно-функциональных элементов в своем составе (рис. 1). На рисунке 1 агнейроны различных типов, находящиеся в разных нейрокогнитонах, реализующие различные функции, представлены двумерными пиктограммами со сплошным контуром. Сообщения (символьные токены), с помощью которых агнейроны координируют согласованное поведение, представлены на рисунке в овалах, оконтуренных пунктирной линией.

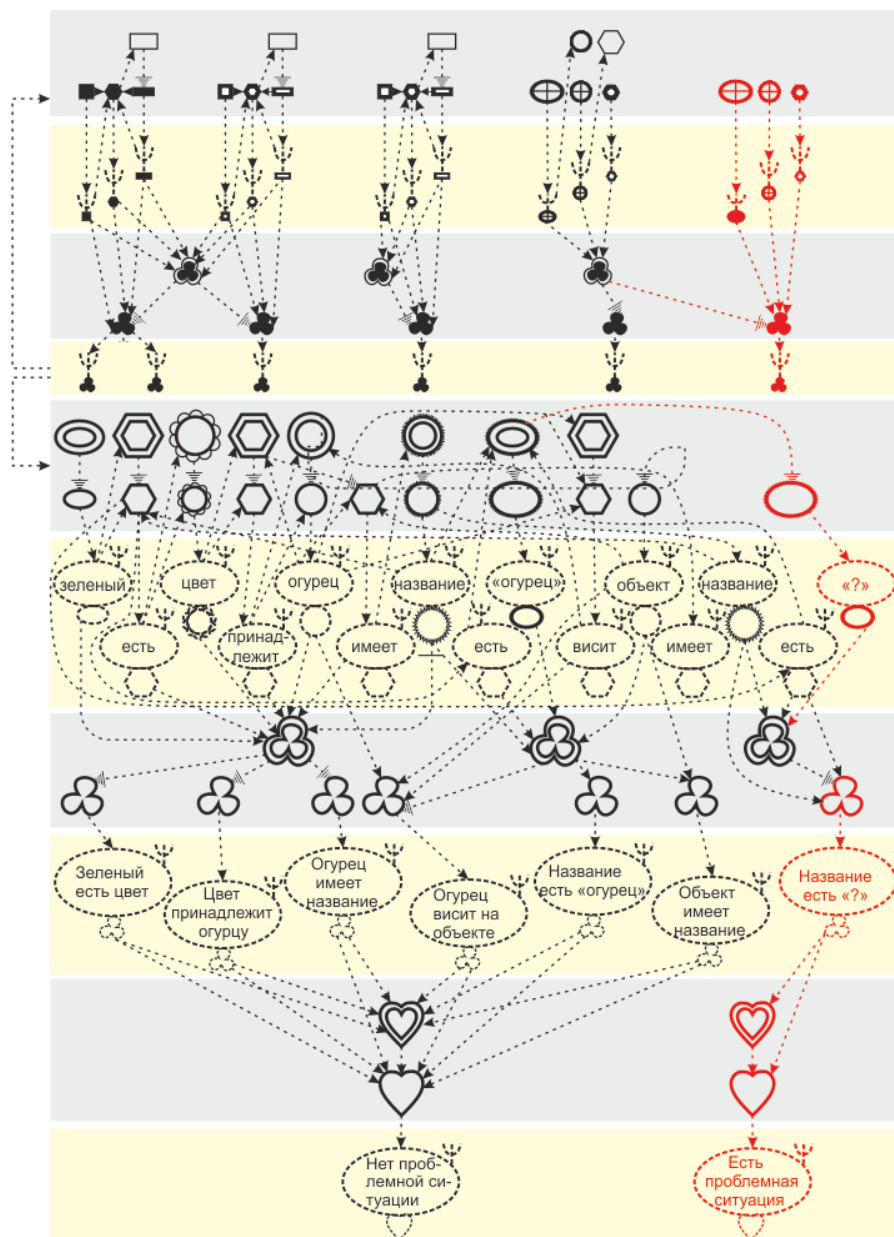
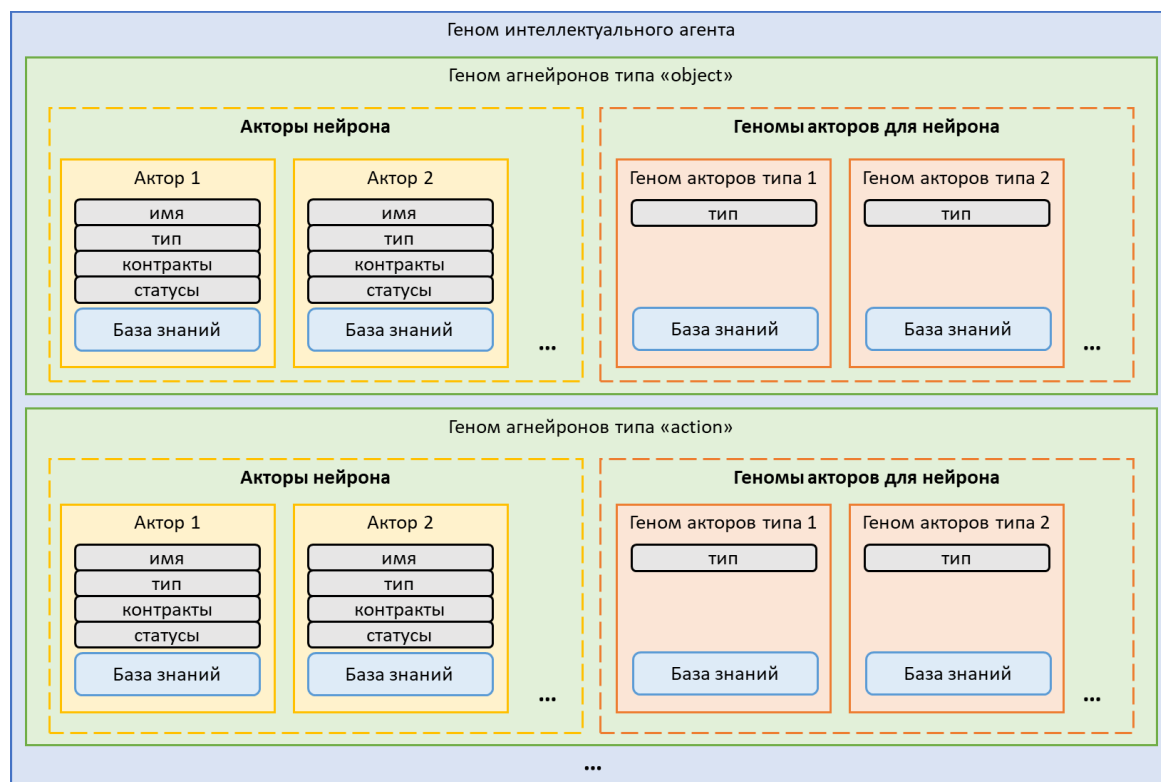


Рис. 1. Фрагмент управляющей мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры интеллектуального агента

Fig. 1. Fragment of the controlling multi-agent neurocognitive architecture of an intelligent agent

Эти изменения детерминированы на всех четырех уровнях рассмотрения ОЭСФГ-алгоритмов обучения, так как, во-первых, у интеллектуального агента есть генотип (рис. 2), состоящий из геномов агентов-нейронов (агнейронов) – программных агентов, рассматриваемых в качестве имитационных моделей нейронов головного мозга [2]. Генотип используется средой имитационного моделирования для реализации алгоритмов синтеза и развития самой управляющей мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры интеллектуального агента и для описания его общей структуры и функциональности.



*Рис. 2. Примерная структура генотипа нейрокогнитивного агента*

*Fig. 2. Approximate structure of the genotype of a neurocognitive agent*

Во-вторых, сам интеллектуальный агент представляет собой т.н. систему искусственной жизни (Artificial Life), основанную на некоторой имитационной модели условной экзистенции, что по определению задает для него периодизацию, сущность и формы онтологического развития и позволяет рассматривать время и гомеостатические границы его «жизни» в качестве соответственно периода и условий реализации функционального назначения.

В-третьих, нейрокогнитивная архитектура интеллектуального агента развивается на основе т.н. алгоритма онтонейроморфогенеза [3], связывающего филогенетические процессы ее роста и развития с ситуациями (системно значимыми состояниями), через которые проходит этот агент в процессе синтеза и реализации управления своим поведением в реальной среде, что, соответственно, позволяет идентифицировать эпигенетические факторы и строить в этой нейрокогнитивной архитектуре их функциональные репрезентации.

В-четвертых, агент универсального искусственного интеллекта под управлением нейрокогнитивной архитектуры в целом позиционируется как часть некоторого человеко-машинного коллектива, в составе которого он выполняет поведение, согласованное с другими интеллектуальными агентами на основе обмена высказываниями на подмножестве естественного языка, ограниченном семантикой конкретной предметной области.

Таким образом, интеллектуальные программные агенты под управлением мультиагентных нейрокогнитивных архитектур гипотетически могут образовывать сообщества, в которых реализуются все типы алгоритмов обучения, применяемые для обучения в сообществах естественных агентов универсального искусственного интеллекта.

Кроме того, на базе таких систем также может быть реализован и уникальный тип обучения – т.н. федеративное обучение [4], которое естественным интеллектуальным агентам доступно только в форме, опосредованной некоторым промежуточным носителем информации. Такая комплексность и эффективность алгоритмов обучения делает федеративные сообщества нейрокогнитивных онтоэписоциофилогенетических агентов универсального искусственного интеллекта весьма привлекательной метафорой проектирования экспертных систем, в которых трудоемкие дорогостоящие процедуры формализации, синтеза и актуализации экспертных знаний, выполняемые в «ручном режиме», заменяются на алгоритмы автоматического извлечения и пополнения.

Основная *научная проблема*, решению которой посвящена настоящая работа, заключается в необходимости разработки концептуального обоснования возможности автономного обучения интеллектуальных экспертных систем на основе онтоэписоциофилогенетического обучения нейрокогнитивных агентов.

*Актуальность* работы определяется требованиями разработки платформенных решений интеллектуальных экспертных систем на основе самообучающихся программных агентов в составе человеко-машинных коллективов универсальной направленности.

*Цель исследования* состоит в разработке основных принципов создания универсальных экспертных систем на базе онтоэписоциофилогенетического обучения федеративных интеллектуальных нейрокогнитивных агентов.

Основной *задачей* исследования является разработка алгоритма онтоэписоциофилогенетического обучения федераций интеллектуальных нейрокогнитивных агентов.

## 1. ПРОБЛЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ФЕДЕРАЦИЙ НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ АГЕНТОВ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Под *рациональным программным агентом* в данной работе понимается программный агент, интегрированный в реальную среду с помощью системы многомодальных сенсоров и эффекторов и способный в автономном режиме синтезировать управление своим поведением, направленным на обеспечение построения траектории в пространстве состояний системы «агент – среда», доставляющей максимум сложной целевой функции (функции энергии) этого агента при движении от последовательности состояний (ситуация), приводящей к потере энергии (проблема, проблемная ситуация), к ситуации, в которой энергия не уменьшается либо прибавляется.

Множество, равное прямому произведению всех значений сигналов всех сенсоров и всех состояний всех сенсоров агента, назовем *пространством поведения* этого агента.

*Агентом универсального искусственного интеллекта* (УИИ) назовем рационального программного агента, способного самостоятельно идентифицировать, онтологизировать и строить решения проблемных ситуаций. В общем случае алгоритмы идентификации, онтологизации и синтеза решения представляют собой траектории в пространстве поведения интеллектуального агента.

Агент УИИ под управлением нейрокогнитивной архитектуры реализует синтез траектории в пространстве поведения с помощью т.н. инварианта нейрокогнитивной архитектуры [3], определяющего ее на основе проактивного выбора, субоптимального по критерию целевой функции интеллектуального агента (рис. 3).



**Рис. 3.** Инвариант нейрокогнитивной архитектуры принятия решений

**Fig. 3.** Invariant of a neurocognitive architecture of decision making

Агнейроны в составе функциональных узлов нейрокогнитивной архитектуры кооперируются друг с другом на основе обмена энергией, которой они располагают, на информацию, в которой они нуждаются для синтеза своих локальных траекторий движения в локальных пространствах поведения и которой обладают контрагенты. Возможность ситуативно обусловленного синтеза и деградации устойчивых связей подобного рода (т.н. нейрокогнитивных контрактов, контрактов) [3] лежит в основе алгоритма онтонейроморфогенеза – онтологического алгоритма обучения интеллектуальных агентов.

Применение таких алгоритмов для перманентного обучения интеллектуальных агентов в процессе имитации индивидуального развития в реальной коммуникативной среде позволило сформулировать концепцию и разработать методы и алгоритмы освоения и использования такими агентами элементов естественного языка из подмножества, ограниченного конкретной предметной областью [5].

В [4] предложены основные принципы создания федеративных систем (*федераций*), состоящих из интеллектуальных агентов, построенных на основе метафоры проектирования мультиагентных нейрокогнитивных архитектур. В частности, показано, что возможность прямого обмена знаниями, синтезированными такими агентами на основе алгоритмов онтологического обучения, многократно увеличивает скорость обучения этих агентов.

Однако, как показано в [6], интеллектуальные агенты выполняют на параллельных вычислителях (для реализации с помощью которых они и предназначены) основные алгоритмы синтеза траекторий в пространстве поведения за линейное время только в случае, когда установлены и действуют ограничения в размере памяти, необходимой для размещения агнейронов в составе быстро растущих нейрокогнитивных архитектур. В противном случае время выполнения этих алгоритмов становится экспоненциальным, что радикально снижает применимость нейрокогнитивных интеллектуальных агентов для решения реальных задач.

Таким образом, требования фиксированного размера памяти для размещения активных элементов нейрокогнитивных архитектур существенным образом ограничивают эффективность федераций, состоящих из интеллектуальных агентов, построенных на их основе, так

как основное преимущество таких федераций, состоящее в производительной унификации знаний агентов, нивелируется невозможностью обеспечения применения этих знаний в режиме реального времени в силу высокой алгоритмической трудоемкости.

По нашему мнению, применение онтоэписоциофилогенетических алгоритмов для организации обучения интеллектуальных агентов в составе федераций может составить основу решения этой проблемы, так как создает условия для сохранения вариативности и применимости общего состава знаний (*ноома*) интеллектуальных агентов федерации при одновременном снижении емкости памяти, требуемой для размещения элементов управляющих нейрокогнитивных архитектур, кодирующих знания отдельных интеллектуальных агентов на основе тематической специализации.

Следует отметить, что переход к подобным федерациям, фокусирующимся на алгоритмах автономного формирования функциональных систем (по Анохину), обеспечивающих узкую тематическую («профессиональную») специализацию интеллектуальных агентов, и методах поддержки кооперации этих агентов в интересах делегирования полномочий принятия решения от лица всего коллектива мультиагентной федерации, в значительной степени углубляет аналогию между искусственными интеллектуальными агентами на базе нейрокогнитивных архитектур и естественными интеллектуальными агентами, так как воспроизводит основные принципы процессов накопления и использования знаний в социальных объединениях, состоящих из таких интеллектуальных агентов.

Для таких федераций интеллектуальных агентов универсализм – это не вопрос полноты их баз знаний, а, скорее, вопрос наличия в федерации профильного специализированного агента и действия в ней алгоритмов делегирования этому агенту прав на принятие решения от лица всего мультиагентного коллектива.

## 2. АЛГОРИТМЫ ОНТОЭПИСОЦИОФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ФЕДЕРАЦИЙ НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ АГЕНТОВ

Если принять за основу, что интеллектуальный агент под управлением нейрокогнитивной архитектуры кооперируется с другими интеллектуальными агентами в составе человеко-машинного коллектива, в качестве которого можно рассматривать современную экспертную систему, на основе алгоритмов мультиагентного взаимодействия путем обмена сообщениями, то, учитывая специфику работы инварианта нейрокогнитивной архитектуры, можно сделать вывод, что такая кооперация должна быть выгодна интеллектуальному агенту с точки зрения реализации принципа максимизации своей целевой функции. Соответственно, управляющая нейрокогнитивная архитектура этого агента синтезирует траекторию его движения в пространстве поведения, такую, что в некоторых своих точках эта траектория частично пересекается (по совпадению некоторых координат в локальных пространствах поведения) с траекториями движения других интеллектуальных агентов, и проход через такие точки выгоден интеллектуальному агенту, так как кооперация направлена на реализацию совместного плана поведения, выполнение которого в свою очередь максимизирует уже совокупную энергию, извлекаемую из внешней среды всеми интеллектуальными агентами в составе федерации.

Если также исходить из того, что необходимость перебора значительной по размеру базы знаний влечет за собой затраты энергии на выполнение большого количества операций, то в случае, когда общее вознаграждение в виде энергии, передаваемой интеллектуальным агентам в составе федерации из внешней среды, распределяется между этими агентами соразмерно вкладу каждого из них в решение текущей проблемы, то можно сделать вывод, что интеллектуальному агенту выгодно стремиться к минимизации размера базы

знаний при одновременном повышении удельной эффективности их применения, интерпретируемой как количество энергии, которое агент получает в его результате.

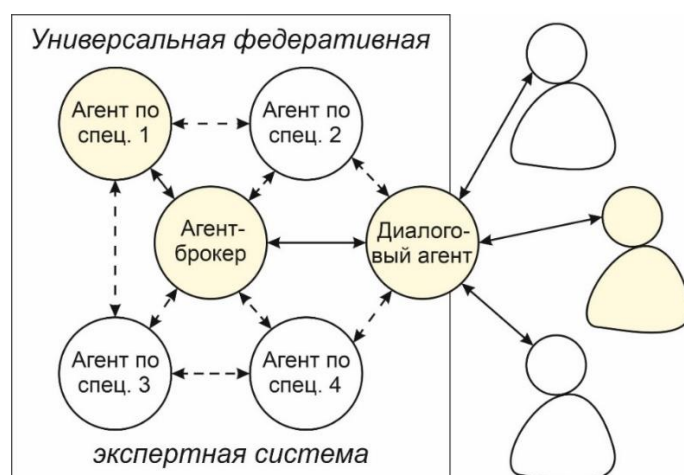
Таким образом, идея профессиональной специализации интеллектуального агента естественным образом реализуется на основе работы инварианта нейрокогнитивной архитектуры.

Так как алгоритм онтонейроморфогенеза основан на обмене порциями энергии между агентами в составе нейрокогнитивных архитектур интеллектуальных агентов, цепочки контрактов между агентами, расположенными в различных функциональных узлах нейрокогнитивной архитектуры, динамически перестраиваются, изменяя общую топологию ассоциативных связей, определяющую в конечном счете варианты синтеза управляющих воздействий на эффекторы и опосредованно задающих тем самым траекторию движения интеллектуального агента в пространстве поведения.

В случае онтоэписоциофилогенетического обучения успешные интеллектуальные агенты, сформировавшие нейрокогнитивные архитектуры, синтезирующие поведение, эффективное с точки зрения выполнения функций экспертной специализации, могут быть сохранены в составе федерации при смене поколений в эволюционном алгоритме.

Кроме того, так как сформированные в результате онтологического обучения (с помощью алгоритма онтонейроморфогенеза) знания представлены в нейрокогнитивной архитектуре интеллектуального агента в явном виде, а все параметры, задающие состав и топологию этой нейрокогнитивной архитектуры, кодируются генотипом интеллектуального агента, лучшие из специализированных агентов могут быть скрещены на шаге многопоколенной оптимизации и размещены в той же самой федерации. Таким образом, в ее составе в этом случае будут накапливаться специализированные интеллектуальные агенты различных поколений, которые в дальнейшем также могут быть подвержены филогенетическому обучению на основе генетического алгоритма.

Так как описанные принципы обосновывают возможность функциональной специализации интеллектуальных агентов в составе федерации универсальной направленности, целесообразно для взаимодействия с пользователями экспертной системы синтезировать интеллектуального агента, специализирующегося на анализе тематики запросов и их распределении между агентами профильной специализации в составе федерации (*агент-брокер*). На рис. 4 приведена схема взаимодействия интеллектуальных агентов в составе универсальной федеративной экспертной системы с пользователями и друг с другом.



**Рис. 4.** Схема мультиагентного взаимодействия в универсальной федеративной экспертной системе

**Fig. 4.** Scheme of multi-agent interaction in a universal federative expert system



На рисунке 4 приведен также диалоговый агент, обеспечивающий высокоуровневый интерфейс с операторами на основе подмножества естественного языка, ограниченного областями специализации экспертной системы.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны основные принципы онтоэписоциофилогенетического обучения универсальных федеративных экспертных систем.

Показано, что применение мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры в качестве метафоры проектирования системы управления поведением интеллектуального агента в составе федерации формирует алгоритмическую базу для автономного обучения агентов по отдельным направлениям специализации функционала назначения.

Также показано, что функциональная специализация интеллектуальных агентов в составе федерации при условии их кооперации с целью максимизации совокупного приращения значений целевых функций позволяет преодолеть ограничение по эффективности, связанное с переходом от линейных к экспоненциальным оценкам времени выполнения основных алгоритмов работы нейрокогнитивных архитектур в случае нарушения ограничения на фиксированный размер памяти, выделенной в агентах для хранения локальной базы знаний.

Обосновано применение эпигенетических алгоритмов для закрепления в поколениях эволюционной оптимизации онтологических знаний интеллектуальных агентов в составе федерации.

Обоснована возможность построения многопоколенных популяций с целью повышения общей эффективности универсальной экспертной федеративной системы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нагоев З. В., Анчёков М. И., Бжихатлов К. Ч., Нагоева О. В., Пшенокова И. А.* Онтоэписоциофилогенетическое развитие систем общего искусственного интеллекта на основе мультиагентных нейрокогнитивных архитектур // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 6(110). С. 61–75.

2. *Нагоев З. В., Анчёков М. И., Апишев А. З., Бжихатлов К. Ч., Канкулов С. А., Нагоева О. В., Пшенокова И. А., Хамов А. А., Энес А. З.* Формальная модель генома агента общего искусственного интеллекта на основе мультиагентных нейрокогнитивных архитектур // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 5(115). С. 11–24.

3. *Нагоев З. В.* Интеллектика, или Мышление в живых и искусственных системах. Нальчик: Издательство КБНЦ РАН, 2013. 235 с.

4. *Нагоев З. В., Бжихатлов К. Ч., Загазежева О. З.* Нейрокогнитивные методы и алгоритмы федеративного обучения интеллектуальных интегрированных информационно-управляющих систем в реальной коммуникативной среде // Известия ЮФУ. Технические науки. 2024. № 1(237). С. 111–121.

5. *Нагоев З. В., Нагоева О. В.* Обоснование символов и мультиагентные нейрокогнитивные модели семантики естественного языка. Нальчик: Издательство КБНЦ РАН, 2022. 150 с.

6. *Абазоков М. А., Анчёков М. И., Бжихатлов К. Ч., Курашев Ж. Х., Нагоев З. В., Нагоева О. В., Унагасов А. А., Хамов А. А.* Анализ вычислительной трудоемкости федеративных алгоритмов нейрокогнитивного управления имитационными феногенетическими моделями растений (метаданные) // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. № 5(121). С. 107–129.

## REFERENCES

1. Nagoev Z.V., Anchekov M.I., Bzhikhatlov K.Ch., Nagoeva O.V., Pshenokova I.A. Ontoepisociophylogenetic development of general artificial intelligence systems based on multi-agent neurocognitive architectures. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2022. No. 6(110). Pp. 61–75. (In Russian)
2. Nagoev Z.V., Anchekov M.I., Apshev A.Z., Bzhikhatlov K.Ch., Kankulov S.A., Nagoeva O.V., Pshenokova I.A., Khamov A.A., Enes A.Z. Formal model of the genome of an agent of general artificial intelligence based on multi-agent neurocognitive architectures. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2023. No. 5(115). Pp. 11–24. (In Russian)
3. Nagoev Z.V. *Intellektika, ili Myshleniye v zhivyykh i iskusstvennykh sistemakh* [Intellectics, or Thinking in Living and Artificial Systems]. Nalchik: Izdatel'stvo KBNTS RAN, 2013. 235 p. (In Russian)
4. Nagoev Z.V., Bzhikhatlov K.Ch., Zagazezheva O.Z. Neurocognitive methods and algorithms for federated learning of intelligent integrated information and control systems in a real communication environment. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskkiye nauki* [Bulletin of the Southern Federal University. Engineering Sciences]. 2024. No. 1(237). Pp. 111–121. (In Russian)
5. Nagoev Z.V., Nagoeva O.V. *Obosnovaniye simvolov i mul'tiagentnyye neyrokognitivnyye modeli semantiki yestestvennogo yazyka* [Symbol Grounding and Multi-Agent Neurocognitive Models of Natural Language Semantics]. Nalchik: Izdatel'stvo KBNTS RAN, 2022. 150 p. (In Russian)
6. Abazokov M.A., Anchekov M.I., Bzhikhatlov K.Ch., Kurashev Zh.Kh., Nagoev Z.V., Nagoeva O.V., Unagasov A.A., Khamov A.A. Analysis of the computational complexity of federated algorithms for neurocognitive control of simulation phenogenetic models of plants (metadata). *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. No. 5(121). Pp. 107–129. (In Russian)

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

### Информация об авторах

**Нагоев Залимхан Вячеславович**, канд. техн. наук, генеральный директор Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

zaliman@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9549-1823>, SPIN-код: 6279-5857

**Анчѳков Мурат Инусович**, науч. сотр. лаборатории «Молекулярная селекция и биотехнология», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд 37-а;

murat.antchok@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8977-797X>, SPIN-код: 3299-0927

**Курашев Жираслан Хаугиевич**, зав. лабораторией «Молекулярная селекция и биотехнология», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9442-6122>, SPIN-код: 8549-2620

**Нагоева Ольга Владимировна**, науч. сотр. отдела «Мультиагентные системы», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

nagoeva\_o@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2341-7960>, SPIN-код: 9478-3325

**Пшенокова Инна Ауесовна**, канд. физ.-мат. наук, стар. науч. сотр. лаборатории «Молекулярная селекция и биотехнология», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

pshenokova\_inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7682>, SPIN-код: 3535-2963

**Хамов Анзор Азаматгериевич**, мл. науч. сотр. лаборатории «Молекулярная селекция и биотехнология», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224;

opitnoe2014@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3269-4572>

### Information about the authors

**Zalimkhan V. Nagoev**, Candidate of Engineering Sciences, General Director of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

zaliman@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9549-1823>, SPIN-code: 6279-5857

**Murat I. Anchekov**, Researcher of the Laboratory of Molecular Breeding and Biotechnology, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

murat.antchok@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8977-797X>, SPIN-code: 3299-0927

**Zhiraslan Kh. Kurashiev**, Head of the Laboratory of Molecular Breeding and Biotechnology, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9442-6122>, SPIN-code: 8549-2620

**Olga V. Nagoeva**, Researcher of the Department of Multiagent Systems, Institute of Computer Science and Problems of Regional Management – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

nagoeva\_o@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2341-7960>, SPIN-code: 9478-3325

**Inna A. Pshenokova**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Research of the Laboratory of Molecular Breeding and Biotechnology, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

pshenokova\_inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7682>, SPIN-код: 3535-2963

**Anzor A. Khamov**, Junior Researcher of the Laboratory of Molecular Breeding and Biotechnology, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

opitnoe2014@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3269-4572>