

УДК 004.8

MSC 68T42

DOI:10.35330/1991-6639-2020-2-94-40-47

АРХИТЕКТУРА САПР РАСПРЕДЕЛЕННОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ АРХИТЕКТУР[□]

З.В. НАГОЕВ¹, З.А. СУНДУКОВ¹, И.А. ПШЕНОКОВА², В.А. ДЕНИСЕНКО²

¹ ФГБНУ «Федеральный научный центр
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии
наук» 360002, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2 E-mail:
kbncran@mail.ru

² Институт информатики и проблем регионального управления –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии
наук» 360000, КБР, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а E-mail:
iipru@rambler.ru

Цель работы – создание САПР распределенного искусственного интеллекта на основе самоорганизующихся нейрокогнитивных архитектур.

Задача исследования – разработать архитектуру и обосновать ее применимость для создания САПР интеллектуального агента. Интеллектуальный агент представляет собой программный рациональный агент, который включает в себя значительное количество других программных агентов, реализующих необходимый функционал систем жизнеобеспечения, специализации и управления интеллектуальным поведением агента. Множество взаимодействующих между собой программных агентов-нейронов образуют нейрокогнитивную архитектуру, в составе которой можно выделить когнитивные узлы, выполняющие разнородные функции, связаны друг с другом по данным и образуют инвариант организационно-функциональной структуры процесса интеллектуального принятия решений. Инвариант мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры состоит из взаимосвязанных узлов распознавания входных образов, оценки, целеполагания, синтеза плана действий, моделирования последствий выполнения плана, управления выполнением плана.

Обосновано, что клиент-серверная архитектура является наиболее эффективной при разработке САПР ИА. Разработанная архитектура САПР ИА учитывает динамические свойства агентов-нейронов, распределенную архитектуру, топологию и возможности самоорганизации и самообучения на основе формирования и расторжения мультиагентных контрактов. Представлены некоторые реализованные элементы в прототипе САПР ИА.

Ключевые слова: системы искусственного интеллекта, мультиагентная система, нейрокогнитивная архитектура, САПР, самоорганизующиеся системы

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается рост интереса к разработке систем общего искусственного интеллекта (ИИ). Создание общего ИИ, способного решать различные задачи, адаптироваться к изменяющимся внешним условиям, самообучаться и принимать решения подобно человеку, является приоритетной научно-технической задачей многих исследовательских групп по всему миру. Одной из ключевых причин этого явления можно считать постоянно растущую потребность обработки увеличивающегося объема знаний и данных,

□ Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ 18-01-00658 А, 19-01-00648 А

создаваемых как человеком, так и техническими устройствами и накапливающимися во всех сферах человеческой деятельности. Существует множество направлений и подходов для решения задачи создания общего ИИ. Наиболее известные подходы – символьные вычисления [1], коннекционнизм [2] и машинное обучение [3]. Современные, постоянно обновляемые платформы IBM Watson, Siri, AutoML Google, Microsoft Azure на основе машинного обучения – довольно хорошо развитые интеллектуальные системы, но они все еще далеки от системы общего ИИ. Такие системы сталкиваются с проблемой обработки неструктурированных потоков больших данных. Результат обучения этих систем сильно зависит от исходных данных, на основе которых это обучение ведется. Плохо структурированные данные могут привести к неправильному решению, которое сложно подправлять и тестировать из-за большого размера контрольной выборки. Также решения машинного обучения сложно понять и объяснить. Все эти недостатки говорят о неэффективности методов машинного обучения при проектировании систем общего ИИ.

На наш взгляд, одним из перспективных направлений для моделирования систем ИИ являются мультиагентные системы [4]. В работах [5, 6] представлен подход к моделированию интеллектуальных систем принятия решений и управления, основанный на вычислительной абстракции мультиагентных нейрокогнитивных систем, демонстрирующих архитектурное соответствие самоорганизующимся нейрокогнитивным сетям головного мозга. Такой подход требует создания такой САПР, которая будет способна обеспечить распределенную работу при разработке мультиагентных архитектур.

Цель работы – создание САПР распределенного ИИ на основе самоорганизующихся нейрокогнитивных архитектур.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующую *задачу*: разработать архитектуру и обосновать ее применимость для создания САПР интеллектуального агента.

Объектом исследования являются процессы распределенной коллективной разработки системы ИИ на основе нейрокогнитивной архитектуры.

Предметом исследования является возможность создания эффективной разработки для автоматизации процесса проектирования ИА на основе нейрокогнитивной архитектуры.

Дальнейшее развитие представленного метода в различных системах искусственного интеллекта, таких как компьютерное зрение, синтез речи и др., отразилось в работах [5-10].

В работе [11] описан интеллектуальный агент (ИА) как модель искусственной жизни. Биологическая система представляет собой многоклеточный организм, управляющим устройством которого является центральная нервная система. Интеллектуальный агент –

мультиагентная система, в которой управление осуществляется мультиагентной нейрокогнитивной архитектурой.

Интеллектуальный агент представляет собой программный рациональный агент, который включает в себя значительное количество других программных агентов, реализующих необходимый функционал систем жизнеобеспечения, специализации и управления интеллектуальным поведением агента. На раннем этапе своего функционирования агенты выживают благодаря имеющимся у них геномам [6] – неизменяемым продукционным правилам, которые содержат в себе необходимую информацию о целевой функции и способах ее реализации. Целевая функция направлена на максимизацию собственной энергии за счет выполнения удачных стратегий своего поведения. Энергию агенты могут получить в основном в результате «продажи» своих знаний заинтересованным в них агентам или от пользователя при выполнении поставленной задачи. Поэтому удачной стратегией поведения для такого агента являются синтез и интегрирование информации, которая может быть полезна другим агентам, и обмен этой информацией на энергию. Такой обмен возможен при выполнении мультиагентных контрактов, представляющих собой алгоритм, согласно которому агенты различных типов и уровней взаимодействуют между собой. Такое взаимодействие называется мультиагентным экзистенциальным отображением [12].

Возникновение информации обусловлено наличием у агента сенсорной подсистемы. Агенты выполняют свои функции на основе внутренних баз знаний, состоящих из продукционных правил, условная часть которых определяет начальную и конечную ситуацию, а ядро – действие, которое переводит агента из начальной ситуации в конечную [4]. При этом каждой ситуации, сформированной на основе комплексирования многомодальных данных сенсорной подсистемы, сопоставляется оценка энергии, которую агент приобретает или теряет, попав в эту ситуацию.

Множество взаимодействующих между собой программных агентов-нейронов образуют нейрокогнитивную архитектуру, в составе которой можно выделить когнитивные узлы, которые выполняют разнородные функции, связаны друг с другом по данным и образуют инвариант организационно-функциональной структуры процесса интеллектуального принятия решений. Инвариант мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры состоит из следующих взаимосвязанных узлов: распознавания входных образов, оценки, целеполагания, синтеза плана действий, моделирования последствий выполнения плана, управления выполнением плана [1].

2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА

Наиболее эффективной архитектурой для разработки системы автоматизированного проектирования интеллектуального агента (САПР ИА), на наш взгляд, является клиентсерверная архитектура.

Серверная часть (ядро) представляет собой программный комплекс, обеспечивающий работу интеллектуального агента в мультиагентной среде.

Мультиагентная среда (МС) представляет собой программное обеспечение (ПО), которое предназначено для работы интеллектуальных агентов и обладает интерфейсами для работы с сетью, файловыми системами и базой данных (БД).

Программный комплекс интегрирует в единую программную архитектуру технологии обработки больших объемов данных и технологии высокопроизводительных вычислений. Для хранения информации об агентах используется распределенная БД. Для работы с множеством агентов из базы данных программа обращается к ANS (Agent Name Server). ANS представляет собой программную систему, взаимодействующую с базой данных и обладающую API для получения адреса агента по его идентификатору. Каждый запущенный экземпляр вычислительного узла может выполнять функцию как основного узла, так и вычислительного. При появлении сообщения, в котором адресат отсутствует в заданном пространстве, программный интерфейс обращается к глобальному или локальному ANS-серверу и получает адрес запрашиваемого агента, а затем передает сообщение с обратным адресом. Архитектура ядра представлена на рисунке 1.

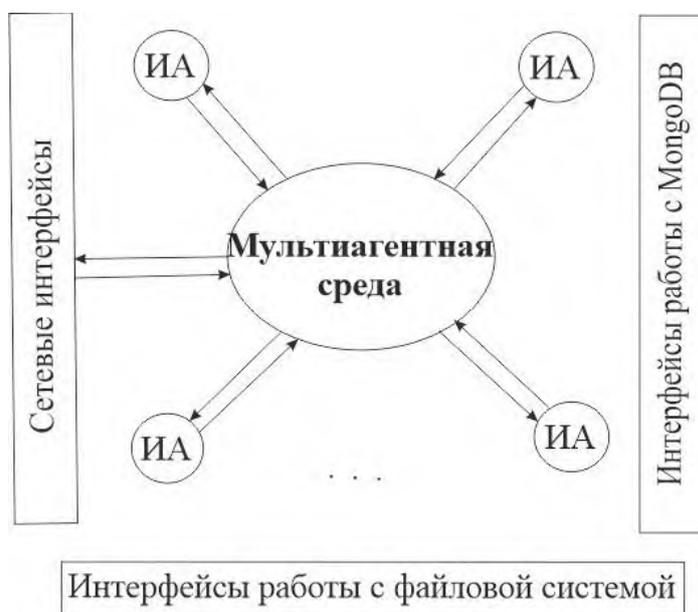


Рис. 1. Архитектура серверной части САПР ИА

Сетевые интерфейсы предназначены для автоматического обнаружения запущенных экземпляров МС в доступной локальной сети для подключения сенсоров, редактора, интернет-сервисов и ANS, интерфейсов взаимодействия с МС. Сетевые интерфейсы, используемые в САПР ИА, представлены на рисунке 2.



Рис. 2. Сетевые интерфейсы

Интерфейсы работы с БД заключаются в использовании SQL, NOSQL и файловых БД для хранения геномов и баз знаний агентов, результатов работы ИА и конфигураций.

ANS – программный модуль, состоящий из сетевого интерфейса и серверного ПО, которое содержит в себе таблицу маршрутизации интеллектуального агента и сетевых адресов запущенных экземпляров мультиагентной среды в глобальной сети Интернет.

ANS-программный модуль подключается к ANS-серверу и загружает актуальную таблицу маршрутизации.

Клиентская часть (редактор) представляет собой программный комплекс на основе распределенной системы виртуальной реальности и предназначена для проектирования, отображения и обучения ИА. Редактор должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Состоять из специальных инструментальных средств создания, редактирования и развития интеллектуального агента.
 2. Позволять создавать интеллектуальных агентов-нейронов в составе когнитивных блоков.
 3. Позиционировать агентов в трехмерном рабочем пространстве.
 4. Задавать и редактировать геномы агентов, формировать продукционные базы знаний агентов, связывать их в мультиагентные экзистенциальные отображения.
 5. Создавать и редактировать мультиагентные алгоритмы.
 6. Визуализировать и корректировать процесс работы ИА.
 7. Давать возможность взаимодействовать оператору с ИА с помощью видеопотока и текстовых сообщений для координации действий по обучению или корректировке данных.
- Функционал редактора САПР ИА представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Функционал редактора САПР ИА

Редактор взаимодействует с ядром через локальную или глобальную сеть передачи данных посредством специально разработанного протокола обмена данными.

Архитектура должна обеспечивать взаимодействие нескольких мультиагентных сред, которые имеют доступ к единой БД и ANS-серверу по схеме на рисунке 4.

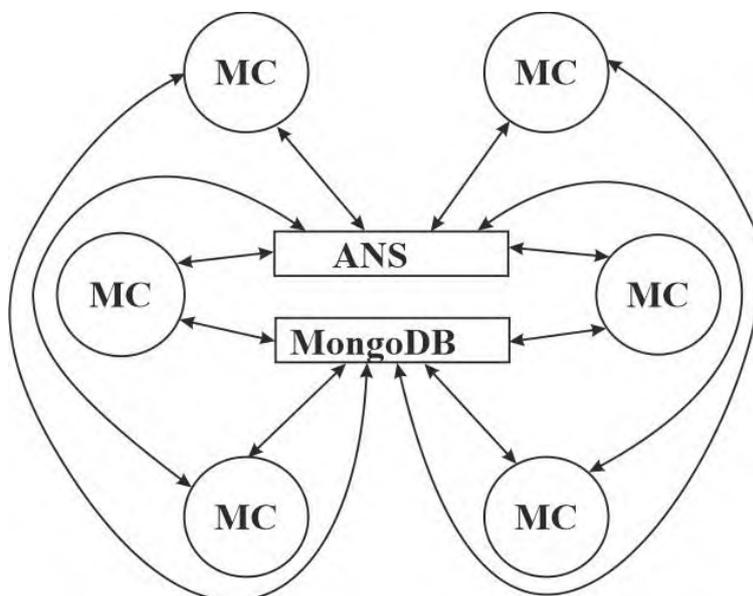


Рис. 4. Схема взаимодействия мультиагентных сред и интеллектуальных агентов

На рисунке 5 представлены некоторые реализованные элементы клиент-серверной архитектуры САПР ИА. Слева – окно подключения к ANS-серверу для работы с ядром, справа – клиентская часть САПР с окном идентификации пользователя.

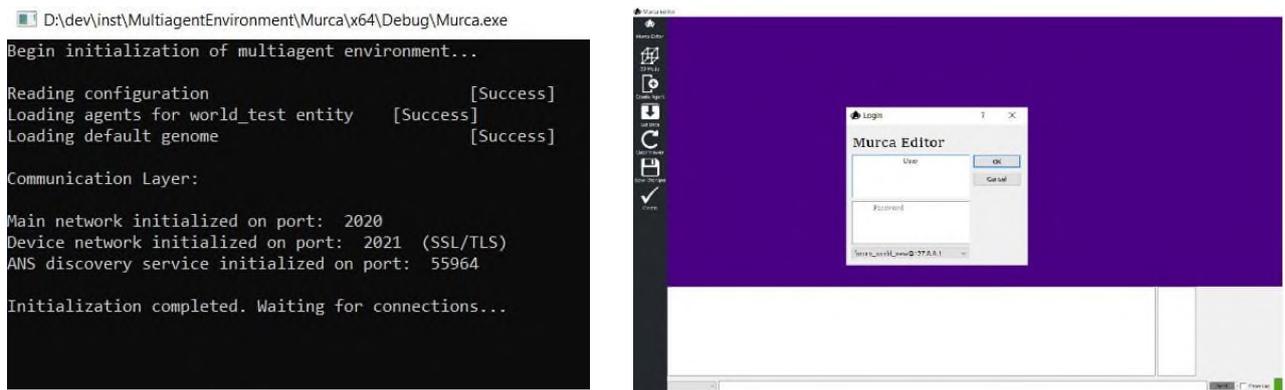


Рис. 5. Некоторые реализованные элементы САПР ИА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана архитектура системы автоматизированного проектирования интеллектуального агента на основе мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры. Обосновано, что клиент-серверная архитектура является наиболее эффективной при разработке САПР ИА. Разработанная САПР ИА учитывает динамические свойства агентов-нейронов, распределенную архитектуру, топологию и возможности самоорганизации и самообучения на основе формирования и расторжения мультиагентных контрактов. Представлены некоторые реализованные элементы в прототипе САПР ИА.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Robinson J.A.* A machine-oriented logic based on the resolution principle. *Journal of the Association for Computing Machinery*, vol. 12 (1965), pp. 23-41.
2. *Papert S., Minsky M.* *Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry* MIT Press, 1969, 258 p. 3. *Рассел С., Норвиг П.* Искусственный интеллект. Современный подход (2-е издание). Издательский дом "Вильямс", 2006. 1408 с.
4. *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence / Ed. by G. Weiss.* The MIT Press, 1999. 643 p.
5. *Нагоев З.В.* Интеллектика, или Мышление в живых и искусственных системах // Нальчик: Издательство КБНЦ РАН, 2013.
6. *Нагоев З.В.* Методы принятия решений и управления в неструктурированных задачах на основе самоорганизующихся мультиагентных рекурсивных когнитивных архитектур: дисс. ... док-ра техн. наук, Нальчик, 2013. 304 с.
7. *Нагоев З.В., Нагоева О.В.* Моделирование семантики словосочетаний с атрибутивными прилагательными на основе мультиагентной рекурсивной когнитивной архитектуры // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН.* 2018. № 3 (83). С. 11-20.
8. *Пшенокова И.А., Нагоева О.В., Сундуков З.А.* Имитационная модель функции распознавания и понимания статических объектов самообучающимся роботом на основе мультиагентных нейрокогнитивных архитектур // *Известия ЮФУ. Технические науки.* 2019. № 1 (203). С. 75-84.

9. *Nagoev Z., Nagoeva O., Gurtueva I.* Multi-agent neurocognitive models of semantics of spatial localization of events // *Cognitive Systems Research*. 2020. Т. 59. С. 91-102.
10. *Nagoev Z.V., Nagoeva O.V., Pshenokova I.A., Gurtueva I.A.* Multi-agent model of semantics of simple extended sentences describing static scenes // В сборнике: *LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE* 2019. С. 245-259.
11. *Нагоев З.В., Нагоева О.В., Пшенокова И.А.* Мультиагентные нейрокогнитивные модели семантики пространственной локализации событий // *Известия КабардиноБалкарского научного центра РАН*. 2019. № 2 (88). С. 11-23.
12. *Нагоев З.В., Пшенокова И.А.* Модель аппроксимации многомерных функций на основе аппарата мультиагентных экзистенциальных отображений // *Известия КабардиноБалкарского научного центра РАН*. 2018. № 6-3 (86). С. 34-40.