

Философская мысль*Правильная ссылка на статью:*

Грибков А.А., Зеленский А.А. Концептуализация памяти в рамках теории когнитивных систем // Философская мысль. 2025. № 11. DOI: 10.25136/2409-8728.2025.11.76544 EDN: JVPJJU URL:
https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=76544

Концептуализация памяти в рамках теории когнитивных систем**Грибков Андрей Армович**

ORCID: 0000-0002-9734-105X

доктор технических наук

ведущий научный сотрудник; Научно-производственный комплекс "Технологический центр"

124498, Россия, г. Москва, пл. Шокина, 1, строение 7



✉ andarmo@yandex.ru

Зеленский Александр Александрович

ORCID: 0000-0002-3464-538X

кандидат технических наук

ведущий научный сотрудник; Научно-производственный комплекс "Технологический центр"

124498, Россия, г. Москва, пл. Шокина, 1, строение 7



✉ zelenskyaa@gmail.com

[Статья из рубрики "Философия науки"](#)**DOI:**

10.25136/2409-8728.2025.11.76544

EDN:

JVPJJU

Дата направления статьи в редакцию:

25-10-2025

Дата публикации:

01-11-2025

Аннотация: Предметом исследования данной статьи является формирование обобщенных представлений о системах памяти. Системы памяти анализируются в

контексте различных описаний: в пределах и за пределами информационной модели сознания; в составе систем управления объектами с различным характером устойчивости, в том числе систем реального времени; в качестве элемента акторной модели когнитивной системы. Существенное внимание уделяется анализу существующих и перспективных возможностей познавательной модели памяти, включающей в себя принципы обучения, запоминания и обновление памяти, забывания, а также раскрытия механизма мультисистемной интеграции знаний в памяти, обеспечивающего способность интеллектуальных когнитивных систем к осмыслинию знаний через их интеграцию в комплекс существующих представлений, а также к креативной интеллектуальной деятельности – творчеству. В основу методологии исследования положен анализ памяти посредством теории систем, теории алгоритмов, теории когнитивных систем. Отправной точкой представленного анализа является определение памяти в рамках информационной концепции сознания, дополненной определением неинформационных составляющих памяти. Проведенное исследование выявило неразрывную связь памяти системы с ее изменениями во времени. Констатирована адекватность представления когнитивных систем, в том числе подсистем памяти, в рамках акторной модели. Предложена авторская интерпретация сложности когнитивных систем и входящих в них подсистем памяти, включающая временную, пространственную и конфигурационную сложности, рассмотрены возможности повышения эффективности памяти за счет снижения ее сложности при сохранении функциональности, определены приоритетные механизмы повышения эффективности процессов управления памятью. Научная новизна исследования состоит в формировании целостного представления об образовании, содержании, функционировании и взаимосвязях подсистем памяти в составе когнитивных систем, на основе которого могут быть определены направления их дальнейшего развития и совершенствования. В результате исследования установлено, что память является ключевой составляющей когнитивных систем, определяющей устойчивость и преемственность их изменений во времени, а также устанавливающей фундаментальные ограничения расширения знаний, которыми могут оперировать когнитивные системы.

Ключевые слова:

память, когнитивная система, информационная модель сознания, управление, акторная модель, обучение, преемственность изменений, неинформационная память, сложность, мультисистемная интеграция знаний

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда по гранту № 24-19-00692, <http://rscf.ru/project/24-19-00692/>

Введение

Память – необходима составляющая информационных систем, как искусственных, так и естественных. Функции, методы обучения, внутренне механизмы запоминания, забывания и обновления памяти, концептуальная модель памяти в составе информационных систем различного уровня – вопросы, неизбежно возникающие при детальном изучении и обобщении представлений о памяти.

Память – это функция информационной системы накапливать, воспроизводить (извлекать из накопленного объема) и забывать информацию. Наиболее полно функция памяти реализуется в когнитивных системах, причем как естественных (например, основанных

на носителе сознания в виде человека), так и искусственных. Последние могут быть основаны на обычных вычислительных машинах с центральным процессором в виде арифметико-логического устройства, либо на нейроморфных компьютерах на базе искусственных нейронных сетей.

Требование универсальности интерпретации памяти обуславливает необходимость расширения понятия памяти как на искусственные когнитивные системы, так и на области, традиционно относящиеся к человеческому мышлению. В частности, для достоверного представления памяти необходимо рассматривать ее одновременно на двух уровнях реализации: в пределах физической реализации носителя сознания, который также является носителем памяти или выполняет функцию диспетчеризации доступа к внешним системам хранения информации – памяти, физически отделенной от носителя сознания; в пределах сознания – информационной среды, в которой посредством связанных и взаимодействующих информационных объектов выстраивается расширенная модель реальности, отчасти являющаяся отображением (инъективным, сюръективным, реже биективным) свойств реального мира, транслированных через органы чувств носителя сознания, отчасти – порождением самого сознания, генерирующего информационные объекты, не имеющие аналогов в реальности [1].

Познавательные модели памяти могут оперировать инструментарием, соответствующим формальному (внешнему и недетерминированному) представлению памяти. Такое представление опирается: на определение алгоритмов обучения, основанное на практике и сравнительном анализе различных подходов к обучению; на формальное описание алгоритмов запоминания, забывания и обновления информации в памяти; на функциональное описание памяти, в том числе в контексте синергии функций хранения и передачи информации при осуществлении связи в когнитивной системе через память (общую или множество локальных).

Целью данной статьи является рассмотрение систем памяти в контексте различных представлений: в пределах и за пределами информационной модели сознания; при реализации систем управления объектами с различным характером устойчивости, в том числе систем реального времени; в качестве элемента акторной модели когнитивной системы. Заключительным этапом планируемого исследования является анализ существующих и перспективных представлений познавательной модели памяти, включающей в себя принципы обучения, запоминания и обновление памяти, забывания, а также раскрытие механизмов памяти, обеспечивающих способность интеллектуальных когнитивных систем к творчеству.

Память в информационной модели сознания

Наиболее универсальной моделью сознания, соответствующей как естественным, так и искусственным когнитивным системам, является упомянутая ранее информационная модель сознания [1-4]. Ключевым понятием, используемым в рамках этой модели, являются информационная среда – совокупность информационных объектов, взаимодействующих между собой в процессе мышления. Обобщая существующие представления о составляющих человеческого сознания и элементов вычислительных систем, можно выделить следующие необходимые элементы информационной модели сознания.

Первым из этих элементов является рассудок – аналог арифметико-логического устройства (АЛУ) в компьютерных системах. Оперируя данными, записанными в память,

рассудок позволяет решать тривиальные интеллектуальные задачи, т.е. задачи, для которых существует известное решение.

Рассудок является составляющей большего элемента – разума, обладающего способностью на основе тех же данных в памяти решать творческие задачи, не имеющие готовых решений и даже методов решения. Согласно авторским представлениям [5], детерминированным средством реализации указанной способности разума является механизм мультисистемной интеграции знаний, представляющий собой инструмент осмыслиения знаний (данных), поступивших в сознание в результате познания различных предметных областей. Указанное осмысление предполагает выявление в различных предметных областях паттернов форм и отношений, которые могут транслироваться между этими областями, позволяя решать возникающие при их представлении задачи на основе аналогии. Конечным результатом осмыслиения знания является его интеграция в общую систему знаний.

Необходимой составляющей сознания является область созерцания, включающая в себя рождающиеся и исчезающие информационные объекты в информационной среде (образы в сознании). Часть из них соответствует изменениям реального «большого» мира, транслируемым через носителя сознания, порождающим или не порождающим изменения объектов в информационной среде. Другая часть рождается внутри сознания и не имеет однозначной связи с реальностью. Аналогом области созерцания в компьютерных системах является оперативная память.

Часть содержимого оперативной памяти преобразуется в нервные импульсы, кодируется, а затем записывается, формируя сеть нейронов (естественных или искусственных). Также могут быть реализованы более сложные варианты фиксации информации, при которых в сознании (в области созерцания) формируются виртуальные механизмы диспетчеризации управления потоками информации, хранящейся как в пределах, так и за пределами носителя сознания. Постоянная память, располагающаяся за пределами носителя сознания, при этом продолжает оставаться частью сознания.

Физиологическое описание памяти естественной когнитивной системы складывается из ее представления как следов нервных процессов (энграмм) в виде кратковременных изменений активности нейронов (кратковременная память) или как структурных изменений в синапсах (долговременная память). Также в рамках теории когнитивных систем выделяют еще два типа памяти: рабочую, соответствующую возбужденным состояниям отдельных нейронов или ансамблей нейронов, которые остаются активными некоторое время (до нескольких минут) после утихания первоначального стимула, и эпизодическую, которая опосредована гиппокампом, подкорковой нейронной структурой, и содержит все эпизодические переживания, часть из которых (согласно одной из теорий) фиксируется в коре головного мозга во время фаз сновидений [6, р. 270].

Память обеспечивает в рамках сознания реализацию нескольких базовых функций. Оперативная память (область созерцания) предоставляет пространство для рождения, взаимодействия и трансформации информационных объектов в сознании, т.е. для реализации процесса мышления. При этом инструментарий диспетчеризации мышления (в том числе механизмы вычисления, логики, мультисистемной интеграции и др.) находятся в области разума.

Оперативная память выполняет в сознании коммуникативную функцию, обеспечивая связь между объектами в пространстве информационной среды, а также во времени, т.е. между последующими состояниями объектов. На уровне носителя сознания реализация

этой коммуникативной функции осуществляется в виде нейронной активности – возбуждения, передающегося от нейрона к нейрону, поддерживаемого в процессе мышления.

Неотъемлемой составляющей когнитивной системы являются ее подсистемы, обладающие своей локальной памятью, степень связанности которой с основной (центральной) памятью может быть различной. Распространенным является вариант, при котором локальная память служит для выполнения текущих и фоновых функций управления, а обмен информацией с основной памятью носит ограниченный характер (передача сенсорной информации от локальных подсистем, управляющих команд от информационных объектов в сознании, формируемом в основной памяти и т.п.).

Неинформационная память

Рассмотренная выше интерпретация памяти, включающей в себя оперативную память, существующую в области созерцания, и постоянную память, существующую в виде физической памяти, принадлежащей носителю сознания, или вынесенной за его пределы, – описание, сформированное в рамках информационной концепции сознания, отражает лишь одну (информационную) составляющую памяти. Между тем в когнитивной системе существенная часть памяти может служить фиксации и повторению ее состояния без трансляции через представление в виде информационных объектов.

Условно назовем такую память неинформационной. Эта память содержит данные в неорганизованном и необработанном виде. Частными формами такой памяти в биологических когнитивных системах являются сенсорная память, вегетативная память, структурная (например, мышечная) память, клеточная память.

Сенсорная память [\[7, с. 127-140\]](#) – механизм сохранения на небольшой интервал времени (1-2 сек.) сенсорных следов (каких-то изменений в органе чувств – сенсоре) для формирования реакции организма, в частности трансляции сенсорных следов в информационную форму и ее запоминания. Сенсорная память обладает большим объемом и высокой точностью. К числу основных форм сенсорной памяти относятся зрительная, слуховая, обонятельная, вкусовая и тактильная.

Вегетативная память обеспечивает способность вегетативной нервной системы [\[8\]](#) сохранять и с минимальной задержкой повторять прежние физиологические реакции и состояния, реагируя на стрессовые ситуации. Вегетативная память формируется за счет комплексной работы различных структур мозга: гиппокампа (формирование эмоций и запоминание), миндалевидного тела (обработка страха и других эмоций), гипоталамуса (регуляция внутренних органов), ядра в спинном мозге (вегетативная иннервация – связь с центральной нервной системой). Часть вегетативной нервной системы (метасимпатическая нервная система), представляющая собой нервные сплетениями и мелкими ганглиями в стенках различных органов, функционирует автономно и не контролируются корой больших полушарий мозга и гипоталамусом.

В основе мышечной памяти лежат структурные изменения в мышечных и нервных клетках, сформировавшиеся в результате прошлых длительных или многократных повторов видов физической активности. Эти изменения способны сохраняться и способствуют упрощению реализации или возвращению к этим видам физической активности. Примерами такой закрепляемой в мышечной памяти физической активности являются координация работы мышц в игровых видах спорта (футбол, хоккей, баскетбол и др.), в тяжелой атлетике (особенно рывковое упражнение) и др.

К видам биологической клеточной памяти в настоящее время обычно относят два вида: иммунологическую [\[9\]](#) и эпигенетическую [\[10, с. 225-259\]](#).

Иммунологическая память обеспечивает способность иммунной системы быстро узнавать и реагировать на антигены, с которыми она уже сталкивалась ранее. Носителями иммунологической памяти являются Т- и В-клетки, которые получают от рождения и далее накапливают маркеры для распознавания антигенов, соответствующих различным инфекциям, что обеспечивает быстрый и эффективный иммунный ответ.

Эпигенетическая память – механизм, основанный на присоединении к молекуле ДНК метильных групп, структура и количество которых указывает на то, были или будут ли задействованы гены на этом участке ДНК для формирования тканей и органов организма. Благодаря этому клетки сохраняют информацию о своей дифференциации (специализации) и передают ее при делении. Изменения метильных групп, соответствующие «включению» генов, а затем их переходу в «спящее» состояние, представляют собой основу эмбриональной памяти, фиксирующей активацию отдельных генов в процессе эмбрионального развития. Воздействуя на метильные группы можно активировать отдельные (ранее использованные) гены, что открывает путь для развития регенеративной медицины [\[11\]](#).

Обобщение представленных выше вариантов неинформационной памяти в биологических системах на все когнитивные системы, включая искусственные, – задача, не имеющая (и, вероятно, не требующая) полного решения ввиду существования значительных качественных различий между живыми (биологическими) и искусственными когнитивными системами. Основной причиной этих различий является генезис биологических систем, следствием которого стала распределение управления и квазиавтономность на всех уровнях их организации. Для искусственных когнитивных систем указанные свойства также возможны, но не являются обязательными.

Общим определением неинформационной памяти является соответствие следующим условиям: во-первых, автономность (полная или частичная) от памяти, существующей в виде виртуальной информационной системы, генерируемой центральной нервной или вычислительной системой носителя сознания; во-вторых, отсутствие трансляции сохраняемых данных в упорядоченную и систематизированную информационную запись.

В искусственных когнитивных системах неинформационная память может служить дополнением локальной («информационной») памяти какой-либо функциональной составляющей системы (например, в качестве входного буфера кратковременного хранения сенсорных и других данных), либо самостоятельным элементом оперативного (с максимальным быстродействием) реагирования без внесения записей информации в память при отклонениях когнитивной системы от состояния устойчивости под действием внешних воздействий или внутренних процессов. Фиксация данных неинформационной памяти (например, сенсорных следов) может происходить в виде изменений (в специально выделенном элементе) электрических и магнитных полей, химического состава среды, деформации материалов и т.д.

Память и управление во времени

Маркером необходимости задействования подсистем памяти для реализации функционального назначения системы является управление состоянием этой системы.

Практика показывает, что все изменения систем, как естественных (физических, химических, биологических и др.), так и искусственных (экономических, социальных, технических и др.), всегда управляются дискретно. В общем случае всякая управляемая система стремиться увеличивать свою энтропию (перейти в хаотическое состояние). Препятствием росту энтропии являются управляющие воздействия на систему, снижающие ее энтропию (приводящие параметры системы к требуемым значениям). Эти управляющие воздействия, однако, происходят не непрерывно, а дискретно, через определенные интервалы времени (равные или неравные, адаптивно регулируемые). В результате существование управляемой системы складывается из последовательных периодов хаотизации между упорядочивающими актами управляющих воздействий [12].

Базовой составляющей функции управления является сохранение системы в устойчивом состоянии (более сложные варианты управления формируются как расширение этой базовой составляющей). Как известно, существуют две основные модели устойчивости: равновесная и неравновесная устойчивость.

Равновесная устойчивость достигается при балансе (равновесии) противоположных процессов (расширение-сжатие, объединение-дезинтеграция, нагревание-охлаждение и т.д.). В гипотетическом, нереализуемом на практике случае, когда такая система не изменяется и на нее не оказываются никакие внешние воздействия, для ее сохранения не требуется память (нет необходимости фиксировать предыдущее состояния – состояние не изменяется). Если система изменяется (эволюционирует или хотя бы реагирует на внешние дестабилизирующие воздействия), то для ее сохранения необходима память, где системой управления (внешней или внутренней) фиксируется ее предыдущее состояние (например, более упорядоченное), относительно которого осуществляется управление.

В неравновесных системах устойчивость обеспечивается не для структуры системы, а для протекающих в ней процессов. Система устойчива в том случае, если протекающие в ней (или с ней) процессы стабильны во времени, т.е. эти процессы являются переходными. Переходное состояние динамической системы соответствует квазистационарному плато в значениях определяющих ее переменных [6, р. 260–261]. Управление неравновесной системой осуществляется посредством регулирования длительности переходного состояния. При моделировании трибологических систем выявляется еще один вариант управления – изменение средних значений параметров системы за счет смещения фазы управляющих воздействий, имеющих частоту, равную частоте собственных осцилляций трибологической системы [13].

В живых системах (а именно для таких систем характерна неравновесная устойчивость) устойчивость означает постоянство протекающих обменных (и других циркуляторных) процессов: дыхания, биения сердца, кровообращения, пищеварения и т.д. Если в системе наступает равновесие, все противоположные процессы компенсируются и останавливаются, то это означает смерть такой системы. Для систем с неравновесной устойчивостью обязательным является наличие памяти, обеспечивающей преемственность состояний системы во времени. Если речь идет о биологической («живой») системе, то эта память реализуется через нервную систему (центральную нервную систему, спинной мозг, периферическую нервную систему, в том числе соматическую и вегетативную), если об искусственной сложной динамической системе – через искусственную нейронную сеть (локализованную и распределенную по функциональным модулям системы).

Важным частным случаем динамических систем является система реального времени,

постоянное и своевременное взаимодействие (реакция или воздействие) которой с другой системой или надсистемой происходит в рамках временных ограничений. Если нарушения временных ограничений недопустимы (фатальны с точки зрения достижения цели взаимодействия), то говорят о системах жесткого реального времени. Такой вариант реализуется преимущественно в системах управления реального времени.

Одним из принципиальных отличий систем реального времени от систем без ограничений по времени является невозможность их определения без задания временных параметров. Косвенно (по умолчанию) время учитывается при определении любой системы, однако во многих случаях (если нет временных ограничений) напрямую параметр времени может в описание системы не вносится. В результате допустимым является структурное моделирование систем, определение алгоритмов их функционирования, в которых время не задается или задается опосредованно в виде последовательности выполнения действий или процессов без указания конкретных временных масштабов.

Преемственность последовательных состояний системы реального времени (обычно разделенных декретными временными интервалами, соответствующими реализации актов управления) требует наличия в такой системе подсистемы памяти. Всякое управление системы имеет ретроспективный характер, т.е. основывается на сохраняемых в памяти данных о предшествующем состоянии системы (в виде совокупности определяющих ее параметров). В результате память становится центром системы, а базовой архитектурой для построения систем реального времени становится память-центрическая (иногда ее также называют память-ориентированной) [\[14\]](#).

Память в акторной модели когнитивной системы

Одним из основных принципов компоновки «биологически вдохновленных» [\[6, р. 241\]](#) когнитивных систем является их построение из функциональных квазиавтономных модулей. Такие, состоящие из автономных модулей, системы наилучшим образом представляются посредством акторной модели. В рамках этой модели указанным квазиавтономным функциональным модулям ставятся в соответствие акторы – объекты с собственным состоянием, взаимодействующие с другими акторами исключительно через асинхронный обмен сообщениями. Каждый из акторов способен отправлять сообщения другим акторам, создавать новые акторы и изменять собственное поведение для обработки следующих сообщений.

Согласно авторскому представлению, в зависимости от степени автономности акторы могут определяться как акторы-функции, акторы-морфизмы и акторы-субъекты.

Наименьшей автономией обладают реализующие арифметические и логические функции акторы-функции, активность которых жестко регламентируется заданными (заранее определенными в результате оптимизации решения системы) связями между акторами и передаваемыми из центра управления операторами декларативного или императивного программирования. В первом случае функция центра управления ограничена диспетчеризацией заданий. Память когнитивной системы, образованной из акторов-функций, включает в себя общую память системы, через которую осуществляется обмен сообщениями, локальную память, связанную с отдельными акторами-функциями, необходимую для работы актора, и каналы связи между акторами для передачи существенных объемов данных.

Существенно большей автономией обладают акторы-морфизмы, служащие для отображения (в рамках заданного множества) информационных объектов (элементов заданной категории), т.е., в терминологии теории категорий, выступающие в роли морфизмов. Обычно для когнитивных систем этим морфизмом является отображение множеств параметров системы (входных, выходных и промежуточных). Актор-морфизм в общем случае представляет собой «черный ящик», инкапсулирующий все свои внутренние механизмы и процессы и задаваемый в рамках когнитивной системы в качестве элемента преобразования данных, хранящихся в памяти элементов категории (информационных объектов). Наличие памяти в акторе-морфизме не рассматривается (хотя, очевидно, что для акторов-морфизмов, реализующих сложные преобразования данных, память необходима). Благодаря вынесению элементов категории, наделенных памятью, за пределы акторов-морфизмов, последние существенно расширяют вариативность своего поведения. Акторы-морфизмы не привязаны жестко к памяти, сохраняющей результаты их работы, поэтому сразу после выполнения работы акторы освобождаются и могут быть вновь использованы. Каналы связи между акторами-морфизмами не являются статичными и переопределяются по согласованию между акторами. В результате когнитивная система, построенная из акторов-морфизмов, может работать в адаптивном режиме, когда каналы связи и последовательность задействования акторов заранее не заданы, а определяются в процессе функционирования.

Максимальной автономией обладают акторы-субъекты, через входные и выходные данные которых возможно обращение к их инкапсулированной локальной памяти, в которой актор фиксирует все необходимые данные о своем функционировании. Актор-субъект обладает полным набором свойств актора: автономен в принятии решений об установлении связей с другими акторами (в том числе, с актором-диспетчером, если в нем имеется необходимость), собственной активации и переопределения (трансформации), генерации (самостоятельно или по согласованию с другими акторами) дополнительных акторов. Поведение актора-субъекта задается вложенной в него разработчиком программой, служащей достижению системой целей ее существования. В этой связи следует акцентировать внимание, что никакой субъектности (в смысле свободы воли и активности, инициируемой собственными потребностями и желаниями) у актора-субъекта нет, он лишь выполняет заложенную него программу, определяя и реализуя все имеющиеся у него для этого функциональные возможности.

Память играет определяющую роль в любой когнитивной системе. При этом в зависимости от используемой акторной модели описания память задействуется по-разному, обеспечивая (за счет увеличения или снижения сложности модели) большую или меньшую вариативность и адаптивность системы. Для технических когнитивных систем, управляемых и контролируемых извне, от которых не требуется высокая адаптивность, достаточным, вероятно, является построение модели из акторов-морфизмов; для наименее сложных систем с постоянными свойствами – из акторов-функций.

Содержимым памяти когнитивной системы, как мы уже отмечали, являются значения параметров (переменных), определяющих состояние ее элементов (акторов). В рамках теории когнитивных систем представляется целесообразным разделить эти переменные на две группы: быстрые (первичные) и медленные (вторичные). Вторичные переменные следуют за долгосрочным средним изменением первичных переменных и играют ключевую роль в диффузном управлении [15] когнитивной системы. Диффузный управляющий сигнал генерируются внутри когнитивной системы, настраивая вторичные

переменные в расширенной области системы. При этом на состояние первичных переменных, с которыми работают элементы системы (акторы), влияние не оказывается. Диффузное управление является необходимым элементом не только активного контроля системы, но и задействуется в процессе мета-обучения [16] – эволюции во времени медленных переменных.

Познавательные модели памяти

Практика машинного обучения искусственных когнитивных систем невысокого уровня в настоящее время формируется в рамках представления о таких системах, как о «черном ящике», т.е. не предполагает определения внутренних механизмов их функционирования. В результате искусственные когнитивные системы и входящая в их состав память – недетерминированные. Методология обучения, характер запоминания, обновления памяти и забывания определяются эмпирическим опытом взаимодействия с искусственными когнитивными системами и фиксации их реакций на внешние воздействия. Представления о механизмах, лежащих в основе наблюдаемого поведения искусственных когнитивных систем, являются по большей части гипотетическими и соответствующими уровню качественных моделей, верификация которых не реализуется и по большей части нереализуема.

Практика использования искусственных когнитивных систем позволила сформировать базовые методологические подходы к их обучению. Основными методами обучения, применяемыми для искусственных когнитивных систем, в том числе систем искусственного интеллекта, являются следующие:

- Обучение под наблюдением (supervised learning), при котором изменения в памяти происходят не автономно, а управляются вручную извне «учителем». Данный вариант обучения обычно предполагает подготовку размеченных данных, где для каждого входного примера есть правильный ответ. Важной особенностью такого обучения является разделение периодов обучения и выполнения (вспоминания).
- Обучение с подкреплением (reinforcement learning), при котором обучение осуществляется на основе проб и ошибок с получением искусственной когнитивной системой «наград» или «штрафов» за свои действия.
- Обучение без учителя (unsupervised learning), предполагающее самостоятельный поиск искусственной когнитивной системой скрытых закономерности и структуры в неразмеченных данных. В наиболее простом случае, когда выбор действия в процессе обучения осуществляется случайно, имеет место обучение на ошибках (случайный выбор в большинстве случаев ошибочен).
- Биологически вдохновленное обучение (biologically inspired learning), имитирующее обучение человека, наиболее перспективным видом которого является геббиансское обучение (Hebbian learning) [17]. В его основе лежит формирование связей между одновременно активируемыми нейронами. В обучении современных систем искусственного интеллекта также предпринимается попытка воспроизвести процесс спайк-зависимой пластичности [18], основанной на усилении связей между нейронами при увеличении длительности их одновременной активности. В биологических системах эта активность проявляется в аксоне (длинном отростке нервной клетки) в виде испускания спайка (аксонного потенциала) – электрического сигнала с длительностью порядка 1 мс и интервалом между сигналами (рефрактерным периодом) порядка 10 мс.

Процесс спайк-зависимой пластичности считается ключевым механизмом в обучении и формировании памяти естественных когнитивных систем и помогает объяснить зависимое от активности развитие нейронных цепей.

На базе существующих методов обучения в случае достаточно высокой мощности используемых искусственных нейронных сетей может быть реализовано глубокое обучение (deep learning), объединяющее эти методы с целью обучения представлениям (representation learning) [19]. Наряду с алгоритмами обучения без учителя (ограниченная машина Больцмана – restricted Boltzmann machine), обучения с учителем (сверточная нейронная сеть – convolutional neural network), для глубокого обучения выстраиваются рекуррентные нейронные сети, позволяющие проводить обучение во времени, и рекурсивные нейронные сети, позволяющие обучение с использованием обратных связей между элементами сети и образующимися цепочками элементов.

Одним из определяющих компонентов глубокого обучения является трансферное обучение (transfer learning) [20], целью которого декларируется научение когнитивной системы «переносу знаний» между различными предметными областями, в рамках которых когнитивная система действует и обучается. Трансферное обучение является первым шагом к формированию предложенного авторами механизма мультистемной интеграции знаний – ключевого инструмента творчества и осмысливания знаний.

Необходимым условием наделения искусственной когнитивной системы разумом, позволяющей решать творческие задачи, для которых отсутствуют готовые методы решения, в отличие от рассудка, служащего для решения тривиальных задач, является формирование в информационной среде сознания (в области созерцания) механизма мультистемной интеграции знаний. Принцип действия данного механизма заключается в способности собирать знания во всех предметных областях, в которые интегрирована когнитивная система (субъект познания), выявлять в них изоморфизм в виде паттернов форм и законов и использовать формализованные в виде паттернов знания из одних систем в других системах. В результате открывается возможность решать задачи в одних предметных областях по аналогии с другими предметными областями исходя из констатации изоморфизма мироздания. Кроме того, знания, формируемые по результатам познания, могут быть осмыслены, т.е. интегрированы в систему целостных представлений о мироздании. Одной из известных интерпретаций памяти в рамках теории когнитивных систем является понимание памяти как хранения паттерна, найденного в потоке поступающих сенсорных данных, кодирующего информацию об окружающем мире [6, р. 267].

Фундаментальным ограничением при передаче данных когнитивной системе является изначальное отсутствие у нее априорных знаний об окружающем мире. Не представляется возможным расширить знания искусственной когнитивной системы подключив к ней базу с готовыми знаниями. Для интеграции этих знаний (применительно к обучению искусственных когнитивных систем обычно говорят о встраивании в существующие воспоминания) когнитивной системе необходим процесс обучения (изучения). Это процесс во многих случаях может быть сокращен (что является небесспорным решением, провоцирующим риски слабой связанности конечной системы знаний), но не может быть исключен. Подготовка готовых знаний для их усвоения когнитивной системой – отдельная значимая задача обучения, обладающая существенной спецификой когда от когнитивной системы требуется не выявить корреляционные связи и тренды в данных, используемых для обучения, а включить в свой арсенал средств комплекс абстрактных, обобщенных и универсальных знаний,

практическое подкрепление которых (в силу их обобщенности) сравнительно слабое.

Сложность когнитивной системы и памяти

Сложность когнитивной системы и используемой в ней памяти, также как и сложность любой вычислительной системы реального времени [21], складывается из трех составляющих: временной сложности (определяется временным масштабом – длительностью цикла обновления используемых сенсорных данных), пространственной сложности (определяется объемом используемой памяти) и конфигурационной сложности (определяется числом связей элементов системы и, соответственно, необходимым количеством связанных с ними элементов памяти).

Когнитивный временной масштаб человека составляет 80-100 мс, что означает, что человек способен различать около 10-12 объектов секунду. Для систем реального времени, используемых для управления сложным технологическим оборудованием, временной масштаб существенно меньше и составляет от десятков микросекунд до десятков миллисекунд, причем, как показали исследования [12], чем выше сложность системы, тем меньше временной масштаб.

Пространственная сложность когнитивной системы определяется объемом доступной в ней памяти. В общем случае увеличение объема доступной памяти расширяет когнитивные возможности системы, а также позволяет при заданной вычислительной мощности сокращать временные масштабы памяти и системы в целом.

Априорное определение потребной когнитивной системе временной и пространственной сложности – задача, не имеющая однозначного решения. Это обусловлено неопределенностью сложности решаемых когнитивной системой задач. В настоящее время сформирована определенная теоретическая база для количественной оценки временной сложности вычислений (например, алгоритмической сложности, выражаемой с помощью O-нотации), которая, очевидно, всегда выше сложности задачи (что позволяет постепенно снижать сложность вычислений по мере их совершенствования). При этом достоверных средств оценки сложности задач до настоящего времени не существует. В результате, ориентиром в определении потребной временной и пространственной сложности является существующая практика решения планируемых для когнитивной системы задач.

Наряду с повышением пространственной сложности за счет увеличения объема памяти когнитивная система также может совершенствоваться за счет роста эффективности использования памяти. Некоторые из этих механизмов универсальны и могут быть применены как в естественных (биологических) когнитивных системах, так и искусственных. К универсальным механизмам, в частности, относится разреженное или распределенное кодирование – использование определенной доли элементов доступной памяти для записи новой информации при сохранении старой. Как для естественных, так и искусственных когнитивных систем возможно также использование механизмов восстановления данных, повреждаемых при перезаписи и обновлении памяти (за счет сохранения избыточной информации – формирования дополнительных связей нейронов).

Наиболее эффективным и радикальным механизмом повышения эффективности памяти является осмысление запоминаемой информации в виде систематизированных знаний. Чем выше степень систематизации знаний, их взаимосвязанность и взаимная обусловленность, тем меньший объем данных необходимо записывать в память. Первым

(в большинстве случаев доступным) этапом осмысления является понимание знаний, т.е. их синтаксическое представление, соответствующее описанию в известных терминах и понятиях с использованием принятых и допустимых обобщений. Вторым этапом является семантическое представление знаний, достижимое при условии эффективно работающего механизма мультисистемной интеграции знаний, оперирующего большим набором паттернов форм и процессов.

Конфигурационная сложность – новое понятие, введенное авторами данного исследования в контексте акторного представления моделей вычислительных систем реального времени [21]. Эта составляющая в оценке сложности отражает сложность реализации алгоритма (задаваемого в виде композиции акторов) в виде определенной конфигурации с распределением акторов по времени и потокам исполнения, а также с определением для них активных каналов связи (характеризуемых портовостью). В результате оптимизации вычислительной (в том числе когнитивной) системы возможно существенное уменьшение конфигурационной сложности, что снижает требования к временной и пространственной сложности – вычислительная система повышает быстродействие и требует меньше памяти.

Отдельной задачей, от решения которой зависит эффективность функционирования реальных систем любой природы, а особенно таких сложных, мульти-компонентных и многопараметрических систем, как когнитивные, является существование системы в условиях повреждения и потери функциональных элементов. Необходимыми условиями решения поставленной задачи являются изначальная избыточность и дублирование элементов, частичная или полная их взаимозаменяемость, а также сохранение управляемости в условиях несоответствия модели системы, используемой для управления, и реального состояния системы. Естественные системы, в том числе когнитивные, способны сохранять свою устойчивость даже при существенных повреждениях и некомплектности элементов. Состояние, в которое при этом переходит система, получило название паллиативного [22]. В этом состоянии система продолжает свое существование, но утрачивает (полностью или частично) свою функциональность, сохраняя внешние признаки «здоровой» системы. Сохранение системы дает время для определения вариантов и подготовки средств для ее выхода из паллиативного состояния: исправления повреждений, секвестрирования функций, трансформации или ликвидации.

Расширение функционала когнитивной системы возможностью существования в паллиативном состоянии предполагает общее повышение ее сложности, а также повышение сложности подсистем памяти, критичных для компенсации повреждений и некомплектности элементов. Необходимо увеличивать число элементов (вводя дублирующие), формировать избыточные связи, расширять вариативность каналов связи (ценой роста портовости) и т.д. Это соответствует неизбежному росту временной, пространственной и конфигурационной сложности.

Запоминание, обновление памяти и забывание

Основными процессами управления памяти являются запоминание, обновление воспоминаний и забывание. К числу ключевых механизмов повышения их эффективности следует отнести (некоторые из них мы уже констатировали): осмысление знаний, избыточность памяти, разреженность записей в памяти, реконструкцию памяти.

Минимальной, всегда доступной реализацией осмысления знаний является обобщение и

встраивание новых знаний в контекст существующих. Известно, что запоминание улучшается, а забывание замедляется если новые знания связываются со старыми. Это может быть эмоциональная, логическая, ассоциативная или любая другая связь.

Избыточность – обязательное условие сжатия сохраняемых данных, повсеместно используемого для архивирования. Выбрав нужный процент избыточных данных в параметрах архивации во многих компьютерных программах сжатия данных можно защитить данные от потери и повреждения. В психологии избыточность знаний способствует улучшению запоминания. Это обусловлено тем, что извлечение данных из памяти при избыточности становится альтернативным, что повышает ее надежность, а в некоторых случаях и скорость извлечения [\[23\]](#).

Реконструкция памяти – механизм более сложный, чем простое извлечение данных из памяти. При реконструкции происходит собирание воспоминания из фрагментов исходной информации, хранящихся в разных подсистемах памяти (в разных участках мозга). При этом часть воспоминаний безвозвратно теряется, часть заменяется исходя из текущих знаний, эмоций и воспоминаний. Восстановливаемые воспоминания верифицируются связями с другими знаниями, дополнительными формами записи тех же воспоминаний. Например, воспоминания о последовательности событий верифицируются воспоминаниями о (сенсорном, эмоциональном и др.) влиянии связанных с ними событий. Последовательное забывание и реконструкция памяти приводит к ее изменению и развитию, при котором каждое последующее воспроизведение воспоминания отличается от предыдущего. Следствием этого является снижение достоверности записей в памяти (именно этим обусловлена сравнительно низкая ценность для следствия свидетельских показаний по сравнению с материальными уликами и необходимость привлечения к допросу свидетеля специалиста, способного дополнительными уточняющими вопросами повысить достоверность показаний [\[24\]](#)). С другой стороны, изменение памяти обеспечивает ее актуальность, а также забывание информации, потерявшей свою ценность, и освобождение памяти для записи новой информации.

Процесс забывания – естественный и необходимый для функционирования памяти, однако протекание этого процесса во многих случаях имеет неблагоприятный характер, влияющий на устойчивую работу когнитивной системы. Наряду с допустимым процессом угасания памяти (старые и редко активируемые воспоминания замещаются новыми), возможно катастрофическое забывание, наблюдаемое в некоторых системах памяти, когда они превосходят свои возможности по сохранению информации. Катастрофическое забывание, в частности, характерно для систем памяти, построенных на основе рекуррентных нейронных сетей. Существующие исследования в данной области позволяют снизить риски катастрофического забывания ценой жесткого ограничения используемого объема памяти [\[25\]](#).

Заключение

Развитие информационных технологий, одним из знаковых достижений которого стало создание искусственных когнитивных систем, требует расширения существующих представлений, сформированных на базе исследования человеческого интеллекта, на более широкую сферу когнитивных систем. Одной из ключевых областей, требующих переосмысления, является память, занимающая центральное положение в системе представлений о когнитивной деятельности. В настоящее время представления о памяти сильно фрагментированы и относятся преимущественно к памяти естественных

(биологических) систем. Для консолидации существующих представлений о памяти и восполнения в них пробелов и неопределенностей, необходим комплексный анализ положения и роли памяти в контексте различных существующих моделей и описаний.

Очевидной отправной точкой для анализа памяти является ее философское осмысление, наиболее универсальным подходом к которому служит интерпретация памяти в рамках информационной концепции сознания, в которой память описывается как часть области созерцания, где отображаются и фиксируются информационные образы реального мира и порождаемых сознанием собственных информационных объектов. При этом сопоставление представления о памяти в рамках информационной концепции сознания и в реальности выявляет существование элементов памяти, не охватываемых этой интерпретацией, – неинформационной памяти, играющей важную роль в памяти естественных когнитивных систем. Такая неинформационная память, наряду с информационной, является обязательной составляющей памяти когнитивных систем независимо от их природы, а, значит, необходимы исследования по построению ее универсальных форм, не привязанных к биологическим процессам.

Определяющая роль памяти в когнитивных системах обусловлена существованием последних в состоянии постоянных изменений. Управление изменяющимися системами ставит проблему обеспечения преемственности в изменениях, условием которой является наличие в системе памяти, фиксирующей ее предшествующие состояния. В результате всякая достаточно сложная управляемая динамическая система, в том числе когнитивная, должна иметь память-ориентированную архитектуру.

Оптимальным и адекватным представлением сложных систем, образованных из большого числа квазиавтономных компонентов, к числу которых относятся когнитивные системы, является акторное моделирование, согласно которому функциональные элементы системы идентифицируются как акторы с различной степенью автономности. Согласно авторскому представлению, акторы делятся на акторы-функции, акторы-морфизмы и акторы-субъекты. Представление структуры и функционирования когнитивной системы в рамках формализма акторных моделей позволяет объективно оценивать их сложность, потребности и необходимую вариативность.

Анализ используемых и перспективных подходов к обучению искусственных когнитивных систем выявляет широкие возможности их дальнейшего совершенствования. Одним из приоритетных методов обучения является трансферное обучение, являющееся первым шагом к построению механизма мультисистемной интеграции знаний, лежащего, по мнению авторов, в основе осмыслиения знаний и творчества. Существующее фундаментальное ограничение в обучении искусственных когнитивных систем, заключающееся в исключительно апостериорном формировании системы знаний, актуализирует задачу формирования оригинальных методов обучения, радикально сокращающих длительность обучения, потребную для апостериорного познания.

Одним из значимых преимуществ акторного представления когнитивных систем является возможность на их основе определять для когнитивной системы и ее подсистем памяти всех составляющих сложности. Согласно выдвигаемой авторами интерпретации сложности, для вычислительных систем реального времени (к числу которых относятся искусственные когнитивные системы) сложность складывается из трех составляющих: временной, пространственной и конфигурационной. Оказывая на них влияние, можно при сохранении функциональности когнитивной системы снизить требования к потребному объему памяти и повысить скорость доступа к записанным в ней данным.

Эффективность известных в настоящее время процессов управления памяти (запоминание, обновление памяти и забывание) определяются действием ограниченного набора механизмов, важнейшие из которых – это осмысление знаний (интеграция знаний в целостную систему представлений, встраивание новых знаний в имеющиеся), разреженность записей и одновременно избыточность памяти, позволяющие сжимать воспоминания, осуществлять их восстановление и реконструкцию, обновлять воспоминания без потери в процессе обновления функциональности когнитивной системы.

Представленные в статье результаты исследований памяти в контексте различных моделей и представлений служат обобщению и универсализации наших знаний о памяти. По итогам исследования можно констатировать, что память является ключевой составляющей когнитивных систем, определяющая устойчивость и преемственность их изменений во времени, а также устанавливающей фундаментальные ограничения расширения знаний, которыми могут оперировать когнитивные системы.

Библиография

1. Грибков А.А., Зеленский А.А. Определение сознания, самосознания и субъектности в рамках информационной концепции // Философия и культура. 2023. № 12. С. 1-14. DOI: 10.7256/2454-0757.2023.12.69095 EDN: VZRLGO URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=69095
2. Sayre K.M. Cybernetics and the Philosophy of Mind. Routledge and Kegan Paul, 1976. 265 р.
3. Дубровский Д.И. Проблема "Сознание и мозг": теоретическое решение. М.: "Канон+" РООИ "Реабилитация", 2015. 208 с.
4. Прыгин Г.С. Феномен сознания: является ли информационная концепция сознания прорывом в его понимании // Вестник Удмуртского университета. Серия философия. Психология. Педагогика. 2017. Т. 27. Вып. 4. С. 456-463. EDN: YMOXEP
5. Грибков А.А., Зеленский А.А. Общая теория систем и креативный искусственный интеллект // Философия и культура. 2023. № 11. С. 32-44. DOI: 10.7256/2454-0757.2023.11.68986 EDN: EQVTJY URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=68986
6. Gros C. Complex and Adaptive Dynamical Systems. A Primer. Third Edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. 356 р. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-36586-7>. EDN: WTRAER
7. Нуркова В.В. Память / Общая психология. В 7 т.: учебник для студентов высш. учеб. заведений / под ред. Б.С. Братуся. Т. 3. М.: Издательский центр "Академия", 2006. 320 с.
8. Ноздрачев А.Д. Физиология вегетативной нервной системы. Л.: Медицина, 1983. 296 с.
9. Селедцов В.И., Литвинова Л.С., Гончаров А.Г., Шуплецова В.В., Селедцов Д.В., Гуцол А.А., Селедцова И.А. Клеточные механизмы генерации иммунологической памяти // Цитокины и воспаление. 2010. Т. 9. № 4. С. 9-15. EDN: OFYYIT
10. Циркин В.И., Трухина С.И., Трухин А.Н. Нейрофизиология: Физиология памяти: учебник для вузов. М.: Издательство Юрайт, 2021. 407 с.
11. Palacios S., Bruno S., Weiss R., Salibi E., Goodchild-Michelman I., Kane A., Ilia K., Del Vecchio D. Analog epigenetic memory revealed by targeted chromatin editing // Cell Genomics. 2025. Vol. 5. 100985. <https://doi.org/10.1016/j.xgen.2025.100985>
12. Зеленский А.А., Грибков А.А. Онтологические аспекты проблемы реализуемости управления сложными системами // Философская мысль. 2023. № 12. С. 21-31. DOI:

- 10.25136/2409-8728.2023.12.68807 EDN: VIVNFQ URL:
https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=68807
13. Попов В.Л. Наномашины: общий подход к индуцированию направленного движения на атомном уровне // Журнал технической физики. 2002. Т. 72. Вып. 11. С. 52-63. EDN: RYQVVZ
14. Зеленский А.А., Илюхин И.В., Грибков А.А. Память-центристические модели систем управления движением промышленных роботов // Вестник Московского авиационного института. 2021. Т. 28. № 4. С. 245-256. <https://doi.org/10.34759/vst-2021-4-245-256>. EDN: AJRVJD
15. Liu X., Zhou Y., Weigend F., Sonawani S., Shuhei Ikemoto S., Amor H.B. Diff-Control: A Stateful Diffusion-based Policy for Imitation Learning // 2024 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). <https://doi.org/10.1109/IROS58592.2024.10801557>.
16. Zhang B., Luo C., Yu D., Li X., Lin H., Ye Y., Zhang B. MetaDiff: Meta-Learning with Conditional Diffusion for Few-Shot Learning // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2024. Vol. 38. P. 16687-16695. <https://doi.org/10.1609/aaai.v38i15.29608>. EDN: HMWVV
17. Keysers C., Gazzola V. Hebbian learning and predictive mirror neurons for actions, sensations and emotions // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2014. Vol. 369. Issue 1644. 20130175. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0175>
18. Lu S., Sengupta A. Deep unsupervised learning using spike-timing-dependent plasticity // Neuromorphic Computing and Engineering. 2024. Vol. 4. Num. 2. 024004. <https://doi.org/10.1088/2634-4386/ad3a95>. EDN: GADNCC
19. Mohamed A., Lee H., Borgholt L., Havtorn J.D., Edin J., Igel C. Self-Supervised Speech Representation Learning: A Review // IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing. 2022. Vol. 16. Issue 6. P. 1179–1210. <https://doi.org/10.1109/JSTSP.2022.3207050>. EDN: XOXOKN
20. Hosna A., Merry E., Gyalmo J., Alom X., Aung Z., Azim M.A. Transfer learning: a friendly introduction // Journal of Big Data. 2022. Vol. 9. 102. <https://doi.org/10.1186/s40537-022-00652-w>. EDN: AIMXEG
21. Зеленский А.А., Грибков А.А. Вычислительная сложность в реальном времени // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2025. Т. 13. № 3. <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.50.3.038>. EDN: HTXURG
22. Грибков А.А. Паллиативные системы с имитационной активностью: факторы устойчивости и сценарии управления // Философская мысль. 2025. № 4. С. 69-84. DOI: 10.25136/2409-8728.2025.4.74090 EDN: KQUNND URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=74090
23. Невельский П.Б., Фланчик В.Л. Избыточность и пропускная способность памяти // Проблемы бионики: республиканский межведомственный научно-технический сборник. 1970. № 2. С. 33-35.
24. Караванов А.А., Устинов И.Ю. Психофизиология и достоверность добросовестных свидетельских показаний // Территория науки. 2014. № 2. С. 170-176. EDN: TJDTHR
25. Осипов В.Ю. Пределы памяти рекуррентных нейронных сетей со стиранием устаревшей информации // Научный вестник НГТУ. 2014. Т. 56. № 3. С. 115-122. EDN: SNYWBL

Результаты процедуры рецензирования статьи

Рецензия выполнена специалистами [Национального Института Научного Рецензирования](#) по заказу ООО "НБ-Медиа".

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не

раскрывается.

Со списком рецензентов можно ознакомиться [здесь](#).

Предмет исследования статьи – феномен памяти, его структурный анализ, соответственно, методология исследования опирается на структурно-функциональный подход, так же статья отсылает к когнитивному направлению исследований, рассматривая не только память как часть когнитивных систем, но и анализируя процессы, связанные с функционирование памяти, в современных информационных системах.

Актуальность темы статьи определяется тем, что в современных условиях, когда вопросы искусственного интеллекта, когнитивных систем и нейронных сетей стали неотъемлемой частью повседневной жизни, анализ структуры и функций памяти выходит на новый исследовательский уровень, где техническое, биологическое, социальное представлены в системе крайне сложных взаимосвязей.

Научная новизна работы заключается в авторском формулировании «акторного представления когнитивных систем», которое позволит, по мнению авторов, преодолеть существующие ограничения искусственных когнитивных систем, что соответственно приведет к появлению новых, более эффективных способов обучения.

Несмотря на очевидные достоинства статьи – логичность повествования, системность, обоснованность выводов, ряд особенностей содержания статьи вызывает сомнение. Неочевидна связь с философскими науками (статья представлена к публикации в журнале «Философская мысль». В журнале представлены научные специальности по философским наукам, историческим наукам и скусствоведению). Понятия «память», «время», «система», «управление» не рассмотрены авторами в философском контексте. Этим понятиям даны определения в рамках психологических наук, технических наук, но философская парадигма в интерпретации этих понятий отсутствует. В списке литературы представлены работы классических психологов, работы по когнитивной психологии, работы в области управления системами, и нет ни одного философского текста. Более того, ключевое понятие «память» анализируется в статье исключительно с позиций психологии, нейрофизиологии, теории управления систем. Тогда как философский анализ памяти предполагает феноменологический, логический, лингвистический, дискурсивный анализ. Кроме того, выводы авторов об эффективном применении «акторного представления когнитивных систем» в обучающих целях не подтверждены эмпирически. Да и все остальные выводы и рассуждения в статье представлены исключительно в теоретическом, умозрительном ключе. Эмпирическая база в работе не представлена. Особенно недостаток эмпирики осознается в предложенной авторами классификации акторов. Все три типа акторов изложены абстрактно без отсылки к возможным (или «невозможным») искусственным когнитивным системам. Поэтому главный вопрос, который возникает после прочтения статьи – где эта схема может работать? Что именно функционирует в рамках изложенной модели. Если все предложенные рассуждения в статье – это только проект, работающий на усовершенствование нейронных сетей, искусственного интеллекта – то укажите критерии и показатели этого усовершенствования.

Стиль статьи сугубо научный, авторы демонстрируют высокий уровень владения понятийным аппаратом в области технических наук, информационных и когнитивных систем. Структура статьи логична, текст содержит необходимые разделы. Содержание статьи непротиворечиво, изложенные выводы согласуются с аналитической частью. Библиография соответствует содержанию статьи и оформлена согласно требованиям.

Апелляция к оппонентам в статье отсутствует, авторы излагают исключительно собственную точку зрения на вопросы функционирования искусственных когнитивных

систем.

Содержание статьи может вызвать интерес у специалистов в области ИИ теории управления системами. Однако для того, чтобы эта концепция получила распространение, необходимо выводы и аналитику сформулировать в рамках общенаучного и философского подходов.

Обращаю внимание на опечатку в первом предложении статьи. В авторском варианте: «Память – необходима составляющая информационных систем». Слово «необходима» нужно написать как «необходимая».

В целом статья соответствует требованиям, предъявляемым научным публикациям. Высказанные замечания носят дискуссионный и рекомендательный характер.